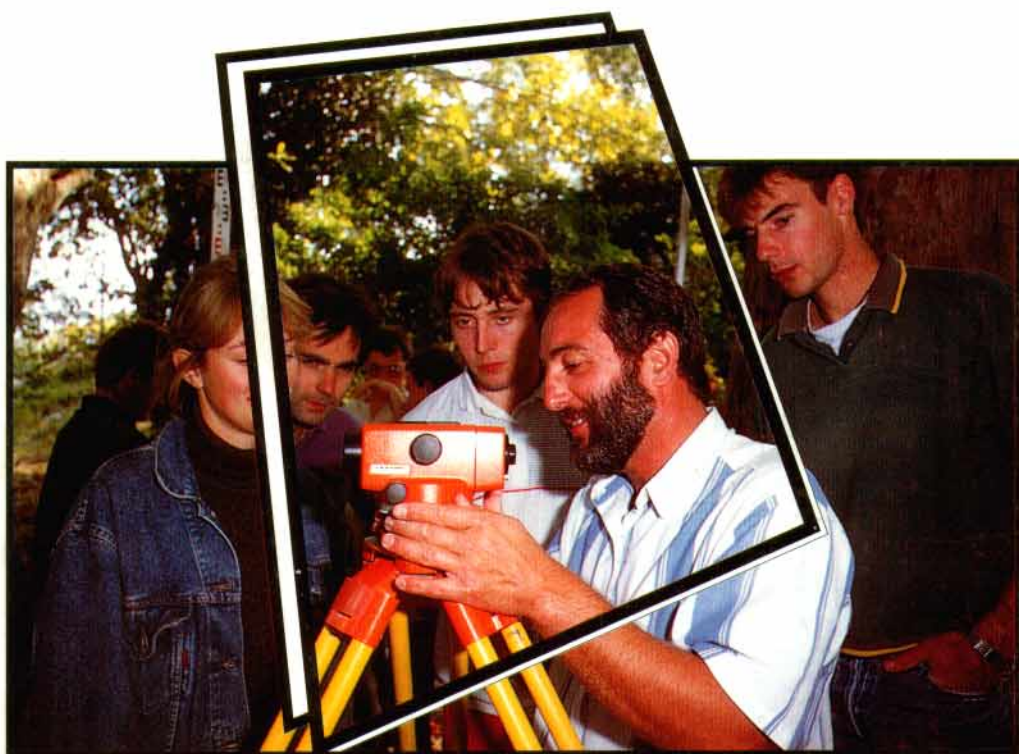


# LA FORMATION DES HYDROLOGUES

Textes réunis et préparés par  
**Claude BOCQUILLON** et **Gilbert JACCON**



Septièmes journées hydrologiques  
de Montpellier,  
ORSTOM / Université Montpellier II  
les 18 et 19 septembre 1991

100  
Septièmes journées hydrologiques de Montpellier,  
ORSTOM / Université Montpellier II  
les 18 et 19 septembre 1991

# LA FORMATION DES HYDROLOGUES

Textes réunis et préparés par  
**Claude BOCQUILLON** et **Gilbert JACCON**

---

**Éditions de l'ORSTOM**

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection **COLLOQUES** et **SÉMINAIRES**

PARIS 1993

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa<sup>1er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

## SOMMAIRE

<b>Allocutions d'ouverture</b> .....	7
--------------------------------------	---

### Première journée

#### QUELLE FORMATION POUR LA RECHERCHE ?

<b>Atelier 1 :</b>	<b>Formation nationale</b> .....	19
	Rapporteur : Professeur Gh. de Marsily	
<b>Atelier 2 :</b>	<b>Formation européenne</b> .....	29
	Rapporteur : Professeur Van der Becken	
<b>Atelier 3 :</b>	<b>Besoins des instituts de recherche</b> .....	39
	Rapporteur : M. Leclerc	
<b>Table ronde :</b>	<b>La formation pour la recherche</b> .....	49
	Président : Professeur C. Bocquillon	

### Deuxième journée

#### QUELLE FORMATION POUR L'HYDROLOGIE OPERATIONNELLE ?

<b>Atelier 4 :</b>	<b>Formation des ingénieurs</b> .....	61
	Rapporteur : Professeur M. Desbordes	
<b>Atelier 2 :</b>	<b>Formation des hydroniciens</b> .....	99
	Rapporteur : M. JP. Dupouyet	
<b>Atelier 3 :</b>	<b>Formation continue</b> .....	115
	Rapporteur : M. S. Pieyns	
<b>Table ronde :</b>	<b>La formation en hydrologie opérationnelle</b> .....	131
	Président : M. G. Jaccon	
<b>Allocution de clôture</b> .....		143
<b>Liste des participants</b> .....		147

## Avant propos

Organisées conjointement par la Commission Scientifique d'Hydrologie-Pédologie de l'ORSTOM, avec l'appui du Laboratoire d'Hydrologie du Centre ORSTOM de Montpellier d'une part et par le Laboratoire d'Hydrologie et de Modélisation de l'Université de Montpellier II d'autre part, les septièmes Journées Hydrologiques ont été consacrées à des ateliers et des tables rondes sur la "formation des hydrologues".

Ces journées se sont déroulées dans le grand Amphithéâtre de l'Université, les 18 et 19 septembre 1991.

La première journée a été consacrée à la formation des chercheurs hydrologues, sous la coordination de C. BOCQUILLON, Professeur et Directeur du Laboratoire d'Hydrologie et de Modélisation de l'UMII.

La seconde journée a été consacrée à la formation des ingénieurs et des techniciens hydrologues et la coordination en a été assurée par G. JACCON, Directeur de Recherches et Responsable du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM de Montpellier.

Les Actes ont été rédigés par les deux coordinateurs des journées, à partir des enregistrements intégraux effectués en direct durant les séances.



## Allocution du Professeur LAGARRIGUE

### Président de l'Université MONTPELLIER II

Messieurs les Présidents,  
Monsieur le Représentant du Ministère de la Recherche et de la Technologie,  
Monsieur le Directeur, Représentant de l'ORSTOM  
Mesdames et Messieurs, Chers Collègues,

C'est toujours avec joie qu'un Président d'Université accueille dans ses murs des colloques scientifiques. D'autant plus celui-ci car cette Université, purement scientifique, avec quand même quelques cours de gestion afin de donner une double compétence à nos étudiants, cette Université forte de 13000 étudiants, 2000 chercheurs, techniciens ou administratifs, 750 enseignants-chercheurs - place Montpellier II dans le rang des plus grandes universités scientifiques de France.

C'est une joie de vous accueillir pour plusieurs raisons et si vous me le permettez, je ferai très rapidement un peu d'histoire. Plusieurs dates sont significatives dans le secteur de l'eau. La première date est 1966, année où cette Université a eu le bonheur - et je dirai peut-être l'intuition - d'accueillir l'équipe d'hydrologie de l'EDF, dirigé par le Professeur CORMARY qui a été détaché chez nous durant de longues années. Tout naturellement en 1969, se créa la maîtrise de Sciences et Techniques de l'Eau qui était la préfiguration de ce qu'est devenue cette formation au sein de l'Ecole d'Ingénieurs Universitaires -l'ISIM- que nous abritons dans nos murs.

Je crois que dans toute université scientifique, à l'heure actuelle, il faut avoir un certain courage. La décision politique de former 80 % d'une classe d'âge au niveau baccalauréat, a eu de lourdes conséquences dans l'enseignement supérieur où nous sommes confrontés à une augmentation extraordinaire du nombre d'étudiants (cinq cents étudiants de plus chaque année dans les DEUG).

La question que chacun se pose dans l'Université est : *que faire de cette masse d'étudiants ?*

Car, il faut savoir, malheureusement, qu'il y a beaucoup d'échecs en cours de route. Et ce qu'on observait auparavant, c'est-à-dire une "casse" au niveau du premier cycle, se retrouve aujourd'hui au niveau des licences.

Je crois que la manifestation d'aujourd'hui, qui s'inscrit dans le cadre de l'ISIM, sur la recherche en hydrologie, doit nous faire réfléchir sur l'avenir de ces jeunes, sur l'emploi et sur les qualifications.

Et c'est pour cela que nous avons toujours défendu une idée très simple, qui est *qu'il ne peut y avoir d'enseignement supérieur réel sans une recherche forte*. Un étudiant ne trouvera des débouchés que s'il a été bien formé. Pour qu'il soit bien formé, il faut qu'il y ait de bons professeurs et de bons chercheurs.

C'est pour cette raison que, dans cette Université depuis un an et demi, nous avons restructuré toute la recherche. En parcourant le campus, vous verrez qu'il y a des chantiers partout, au désespoir de certains de nos collègues mais je crois que l'on ne bâtit pas seulement pour demain. On bâtit pour un avenir plus lointain, à long terme, et votre présence ici est un grand encouragement pour notre action.

Je voudrais, en conclusion ajouter un petit mot, très important à mes yeux. L'organisation de ces journées qui s'est faite conjointement avec l'ORSTOM, pour nous est un autre encouragement.

Sur mon bureau j'ai une projet de convention dans le secteur de l'hydrologie avec l'ORSTOM. Je peux vous dire, Mesdames et Messieurs, que dès à présent la Présidence de l'Université voit d'un bon oeil ce rapprochement.

Et je crois que profitant de l'engagement de l'ORSTOM à Montpellier, il serait coupable à nos yeux de ne pas faire un tel rapprochement et peut-être d'y voir la création d'une Unité Mixte. Nous avons des Unités Mixtes avec le CNRS avec l'INRA, avec l'IFREMER, pourquoi pas avec l'ORSTOM ?

Je vous remercie d'avoir choisi Montpellier, je vous remercie de votre présence, je sais que vos travaux seront fructueux. Pour le Président d'Université que je suis, c'est toujours un encouragement de rencontrer des gens qui, par leur réflexion, nous aident dans ce métier qui est difficile, le métier de transmettre un



savoir qui méritent notre particulière attention. Car je considère que lorsqu'un Président d'Université accepte une inscription dans son Université, c'est un contrat moral qu'il passe avec cet étudiant.

Bon travail.



## Allocution de Frédéric MONIOD

### Président de la Sous-Commission d'Hydrologie de l'ORSTOM Représentant le Directeur Général de l'ORSTOM

Je remercie le Président LAGARRIGUE des paroles de bienvenue qu'il a prononcées et je remercie l'Université de Montpellier II de l'accueil qu'elle nous offre dans son grand amphithéâtre où vont se dérouler aujourd'hui et demain nos septièmes journées hydrologiques. Elles sont placées sous le patronage des Ministères de la Coopération et du Développement, de l'Education Nationale, de l'Environnement, de la Recherche et de la Technologie, dont les représentants, que je salue ici, ont bien voulu nous honorer de leur présence.

7 èmes Journées ! Voilà sept ans en effet que la Commission Scientifique d'Hydrologie/Pédologie de l'ORSTOM a pris l'initiative de nous réunir à Montpellier entre hydrologues vers la fin de l'été pour resserrer nos liens et raviver nos échanges avant que nous rejoignons nos affectations respectives un peu partout dans le monde. Ces rencontres, ces échanges, sont l'occasion de débats qui s'amorcent et s'organisent autour d'un thème scientifique d'hydrologie qui sert de catalyseur et rarement de détonateur.

Cette année, c'est un sujet d'actualité qui nous rassemble : la *formation des hydrologues*. Un sujet sur lequel se penchent les plus grandes instances et les plus hautes autorités scientifiques de notre discipline, parce que les sciences de l'eau face aux problèmes majeurs des ressources et de l'environnement partout dans le monde, sont appelées aujourd'hui à prendre un grand essor. Aussi, quoi de plus naturel pour en débattre que de se tourner vers l'Université dont la formation, comme vous venez de le rappeler Monsieur le Président, est l'une des missions essentielles.

Quoi de plus commode aussi que de mettre à profit pour les besoins de la cause les liens étroits et les rapports nombreux qui se sont établis à Montpellier entre l'ORSTOM et l'Université depuis une dizaine d'années et qui pourraient prochainement se sceller dans la création d'une Unité Mixte d'Hydrologie.

Le Pr BOCQUILLON et le Laboratoire d'Hydrologie et de Modélisation de l'Université de Montpellier II, avec Gilbert JACCON et le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM, assument la charge d'organiser et d'animer nos Septièmes Journées d'Hydrologie : je les en remercie chaleureusement.



## Allocution de Pierre HUBERT

### Président de la Section Française de l'AISH (Association Internationale des Sciences Hydrologiques)

Pour ouvrir ces journées hydrologiques de Montpellier, je voudrais tenter de susciter le débat à venir par quelques réflexions préliminaires, et pour ce faire, vous rappeler que depuis quelques années, comme vous le savez et comme vous le ressentez peut-être, les hydrologues ont des états d'âme. Ils s'interrogent sur leur science, allant même jusqu'à se demander si cette science en est bien une ! Ils s'interrogent également sur eux-mêmes, sur leur propre formation d'hydrologue et sur la façon de transmettre leurs connaissances, donc sur la formation de nouvelles générations d'hydrologues.

Ces réflexions et ces interrogations sont surtout nées dans les pays anglo-saxons à la fin des années 80. Un certain nombre d'articles (ceux de Keith BEVEN en particulier) ont alimenté ce qui allait devenir une controverse relayée au plan international, sur un mode parfois provocateur mais toujours stimulant, par Vit KLEMES, président de l'AISH jusqu'au récent congrès de Vienne.

Parallèlement aux interrogations de nature scientifique - l'hydrologie est-elle une science ? - des interrogations pédagogiques ont été également formulées. Comment les hydrologues sont-ils formés à l'heure actuelle et comment, si besoin, améliorer cette formation ?

A l'initiative de l'AISH et de l'UNESCO, un groupe d'experts a été constitué, qui a publié sur la question un rapport qui a été largement diffusé, et auquel nous nous référerons certainement. Il ne sera pas inutile de replacer les conclusions de cette étude dans le contexte universitaire des pays dont sont originaires ses auteurs (Irlande pour J.E.NASH, Australie pour J.R.PHILIP, Etats-Unis pour P.S.EAGLESON, Pays-Bas pour W.H.VAN der MOLEN).

Mais revenons un instant sur l'état de l'art de la science hydrologique controversée, et faisons un peu d'histoire. Il est vrai qu'à la suite des observations, des hypothèses plus ou moins brillantes et des spéculations philosophiques des anciens, l'hydrologie semble avoir eu quelques difficultés à s'affirmer scientifiquement. Elle n'émerge véritablement qu'au XVIII<sup>ème</sup> siècle et il faut citer le nom de Pierre PERRAULT, qui réalisa le premier bilan hydrologique de la Seine amont, et qui fut le premier à montrer *quantitativement*, en s'appuyant sur des *mesures*, que le débit des rivières procédait des

précipitations. Autre nom, celui d'Edmond HALLEY, inventeur de la comète qui porte aujourd'hui son nom, qui se préoccupa de la mesure de l'évaporation.

Au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle, les hydrologues se sont un peu détournés des sujets fondamentaux pour s'attacher à résoudre empiriquement les nombreux problèmes hydrologiques liés à l'industrialisation et à l'urbanisation. C'est une hydrologie de l'ingénieur qui se développe alors pour alimenter, et assainir, les villes et les industries, pour assurer la protection contre les crues, puis à partir de la fin du siècle pour exploiter la "Houille blanche".

Ces préoccupations très opérationnelles ont manifestement influencé la pensée hydrologique, à juste titre mais peut-être excessivement. On peut regretter que ces seules préoccupations aient orienté la conception des réseaux de mesure, et que les aspects chimiques, biologiques et écologiques du cycle de l'eau n'aient pas reçu toute l'attention nécessaire, créant des séparations dont nous souffrons maintenant, au plan fondamental *et* au plan opérationnel.

Néanmoins la compréhension des phénomènes hydrologiques s'est approfondie au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle et il faut citer, dans le domaine de l'hydrogéologie, les travaux de DARCY qui établissait, au détour d'une étude sur "Les fontaines publiques de la ville de Dijon", la loi fondamentale de l'écoulement souterrain d'où découle peu ou prou toute l'hydrogéologie quantitative moderne. Notons ici la grande proximité entre des travaux très appliqués et des résultats fondamentaux qui devraient inspirer les ingénieurs et les chercheurs contemporains !

La création, en 1922, de l'Association Internationale des Sciences Hydrologiques, est une date importante car elle marque la prise de conscience, inscrite dans ses statuts même si elle est encore trop souvent absente des pratiques actuelles, de l'interdépendance, dans le cycle de l'eau, des multiples processus physiques, chimiques et biologiques qui s'y déroulent et qui le constituent.

Mais en fait, quelle est l'origine des états d'âme manifestés par les hydrologues ? Il faut sans doute voir dans cette crise le reflet, et le regret, de ne pas avoir résolu un certain nombre de problèmes. Il est vrai qu'à toutes les échelles, de la parcelle à la planète en passant par le bassin versant, demeurent des interrogations dues à une mauvaise, ou à tout le moins incomplète, compréhension des phénomènes hydrologiques. De plus, parfois, les hydrologues, ou les aménageurs et gestionnaires qu'ils conseillaient, ont été surpris ou dépassés. Ce fut le cas pour de grands projets d'aménagement, comme celui du

barrage d'Assouan sur le Nil, qui bien que fournissant l'eau et l'énergie qu'on attendait de lui, a collectionné des effets secondaires imprévus et pénalisants. C'est aussi le cas de la disparition de la mer d'Aral et, à l'échelle planétaire, la dérive des climats.

Bien sûr, ce n'est pas seulement la méconnaissance de certains phénomènes hydrologiques, ou de leurs liens, qui sont à l'origine de ces catastrophes avérées ou annoncées. Il y a surtout l'activité humaine. Mais le fait que l'on ne soit pas parfaitement en mesure, en particulier lorsqu'il s'agit de passer au stade de l'ingénierie, de maîtriser tous ces problèmes pose certainement question et c'est sans doute une des origines de la "crise" des hydrologues. Pour la surmonter il faut une recherche, et une formation, susceptibles d'assurer, au-delà d'une maîtrise sociale qui n'est pas du ressort de l'hydrologie, la maîtrise scientifique et technique des problèmes hydrologiques qui se posent au monde moderne.

Il est vrai que nos méthodes, nos concepts et nos résultats présentent des insuffisances et des lacunes. De nombreux "modèles" ne sont que de simples régressions. En regardant bien comment nous séparons les hydrogrammes, on s'aperçoit, et ce fut l'un des exemples "épinglés" par K. BEVEN, que nous ne savons pas vraiment comment l'eau se comporte dans un bassin versant, comment les précipitations se répartissent en ruissellement, infiltration et évapotranspiration, et que si nous sommes à peu près capables de reconstituer un hydrogramme à partir d'un hétérogramme, il ne nous est pas possible de déterminer la répartition des temps de séjour des molécules d'eau dans un bassin versant. La compréhension, puis la quantification, dans tous ses aspects du fonctionnement d'un bassin versant est pourtant, on le comprendra aisément, un objectif incontournable de l'hydrologue.

Nous avons également à notre disposition de nouvelles données qu'il nous faut apprendre à déchiffrer et à utiliser, qui s'ajoutent à celles laborieusement recueillies sur le terrain. Il s'agit bien sûr des données télédéteectées et en particulier de l'imagerie satellitaire qui nous confrontent à notre "ennemi héréditaire" : le changement d'échelle, et les outils informatiques, parmi lesquels les systèmes d'information géographiques, si ils doivent évidemment nous assister, ne pourront pas nous faire faire l'économie d'un effort conceptuel et méthodologique important.

Aujourd'hui, l'hydrologie s'affirme de plus en plus comme une géoscience. Cette affirmation demande à être précisée, mais elle signifie d'abord qu'il est nécessaire de distinguer l'hydrologie, géoscience, de la gestion des eaux, pratique sociale intimement liée au secteur socio-économique, ce qui renvoie à la

distinction de l'eau-fluide géophysique et de l'eau-ressource. Si l'hydrologie se pose des questions, la gestion des eaux doit nécessairement trouver des réponses. S'il convient de distinguer ces deux aspects, il est évident qu'ils sont intimement liés. On ne peut pas gérer les eaux sans avoir de solides connaissances hydrologiques et la distinction des points de vue vise à mieux les coordonner, ce qui devrait finalement nous permettre de mieux poser les questions pour mieux y répondre.

Nous allons au cours de ces journées aborder l'important problème de la formation des hydrologues. La première journée sera plutôt orientée vers la recherche, la seconde vers l'hydrologie opérationnelle. Je pense qu'un tour d'horizon approfondi sera possible, auquel chaque participant à ces journées pourra apporter sa contribution fondée sur son propre itinéraire universitaire et professionnel, et nous savons combien dans notre profession ces itinéraires peuvent être divers et parfois tortueux.

Il faudra au cours des différents ateliers et tables rondes faire un état des lieux en matière de formation. Est-ce que tout va mal ou est-ce que la situation est malgré tout satisfaisante ? Au delà d'une évaluation de la formation actuelle des hydrologues, des propositions d'amélioration devront être formulées. En cette matière il ne faudrait pas verser dans l'utopie, car si il est souhaitable que les futurs hydrologues connaissent bien les mathématiques, la physique, la chimie, la géologie, la biologie et ... l'hydrologie, il ne suffit pas d'écrire des programmes d'études. Il convient de faire preuve de pragmatisme, même si l'on souhaite réformer et pourquoi pas révolutionner la formation des hydrologues, et utiliser les structures existantes qui, dans un système de contraintes jamais immuables offrent malgré tout un certain espace de liberté, sans oublier de situer nos activités et nos objectifs dans le contexte socio-économique qui est le leur.



**PREMIERE JOURNEE**

**QUELLE FORMATION POUR LA RECHERCHE ?**



## CHAPITRE I

## LA FORMATION A LA RECHERCHE EN HYDROLOGIE

## ATELIER 1 : FORMATION NATIONALE

Animateur :       Professeur G. de MARSILY  
                      Responsable du DEA d'Hydrologie

**1 - EXPOSE INTRODUCTIF DE G. DE MARSILY**

La formation des chercheurs est assurée en France par un cycle d'études doctorales (ou 3ème Cycle). Cette formation pour la recherche se fait par la recherche, elle est sanctionnée par une thèse. Elle s'oppose aux formations professionnalisantes type Ecole d'Ingénieurs ou DESS. La première année de ce cycle est constituée d'une façon générale par le DEA, qui assure un filtrage et une préparation à l'entrée en thèse proprement dite.

**A - Quelques chiffres globaux (moyenne annuelle)**

30 000 étudiants en 1100 DEA (moyenne 27/DEA)  
19 000 diplômés DEA  
6 000 thèses (rendement : 0,2)

**B - Hydrologie Opérationnelle ou Hydrologie Scientifique**

La demande sociale forte et ancienne a marqué l'hydrologie et engendré une certaine emprise du monde des opérateurs sur les orientations.

Il est indispensable d'éviter la confusion entre :

- l'hydrologie opérationnelle dont l'objectif est de résoudre des problèmes
- l'hydrologie scientifique dont l'objectif est de comprendre des mécanismes et d'expliquer des processus.

## C - Besoins en chercheurs et en formation

Le Rapport UNESCO (The Education of Hydrologists de J.E. NASH, P.S. EAGLESON, J.R.PHILIP et W.H. Van der MOLEN, 1990) estime les besoins mondiaux en hydrologues scientifiques à une centaine par an, ce qui permet d'évaluer les besoins français de 6 à 10. Ce chiffre relativement faible correspond sensiblement à celui des recrutements des grands organismes de recherches : CNRS, ORSTOM, CEMAGREF.

Enfin il ne faut pas oublier la demande des pays en voie de développement particulièrement forte dans ce domaine.

Il est bien sûr, indispensable de répondre à toutes ces demandes.

## D - DEA du domaine de l'eau.

Le domaine couvert par l'hydrologie est très vaste. Les mécanismes de transfert et les processus d'évolution font intervenir trois sciences de base; Physique, Chimie, Biologie et de très nombreuses disciplines.

Les DEA, qui s'intéressent au domaine de l'eau sont nombreux (globalement une douzaine) et le dispositif est assez confus en raison de situations diverses. On trouve :

### 1)- Les DEA généraux

Ils concernent la géologie, la mécanique... et comportent une filière plus ou moins importante du domaine de l'eau.

Textonique, Géophysique, Géochimie et Hydrogéologie	Montpellier	une filière hydrogéologie
Sciences et techniques de l'environnement	Paris XII ENPC	une filière technique et gestion des eaux
Mécanique des milieux géophysiques	Grenoble	une filière technique et gestion des eaux
Physique et chimie de l'environnement	Toulouse INPT - UPS	une filière géofluide

## 2) Les DEA spécialisés

Ils concernent un domaine particulier (Toxicologie, Ecologie...) et contiennent un pourcentage très variable d'enseignements dans le domaine de l'eau.

		% Eau
Chimie et microbiologie des eaux	Poitiers, Metz, Pau	important
Ecologie des systèmes aquatiques continentaux	Toulouse III	important
Sciences et techniques de l'eau	Strasbourg I, ENITRIS	important
Toxicologie de l'environnement	Metz	moyen
Ecologie microbienne	Lyon	moyen
Géosciences de l'environnement	Aix Marseille III	moyen
Interfaces homme nature	Lyon III	moyen
Chimie et santé	Aix-Marseille I	limité

## 3) Le DEA National d'Hydrologie,

Il couvre toute la discipline avec un tronc commun et quatre options spécialisées : PARIS VI/EC. des MINES DE PARIS (Hydrologie et hydrogéologie quantitative), PARIS XI (Ressources en eau et paléohydrologie), MONTPELLIER I (Qualité, santé, analyse et traitement des eaux) et MONTPELLIER II/ENGREF (Gestion et valorisation de l'eau).

## E - Les formations des étudiants des DEA dans les sciences de l'eau

Il y a une grande difficulté à estimer l'origine des étudiants chercheurs destinés au domaine de l'eau, en raison de la diversité des profils des divers DEA et du manque de renseignements.

En référence, on peut considérer le DEA d'Hydrologie avec environ :

- 50 % en provenance d'un deuxième cycle Sciences de la Terre
- 20 % en provenance d'un deuxième cycle Sciences de l'environnement
- 15 % en provenance d'un deuxième cycle Chimie
- 10 % en provenance d'une Ecole d'Ingénieurs
- 5 % en provenance d'un deuxième cycle Biologie ou Pharmacie.

Les questions suivantes se posent et devront être débattues :

- ces profils sont ils adaptés ?
- comment adapter les enseignements de DEA à ces profils ?
- que proposer de plus pertinent ?

Certaines déficiences peuvent être constatées à partir des formations d'origine.

- pour les Sciences de la Terre : absence de biologie et de physique des écoulements; déficiences fréquentes en mathématiques et physique
- pour les Sciences de la Vie : absence de géologie et de physique des écoulements; déficiences fréquentes en mathématiques.

La domination des phénomènes physiques de l'hydrologie nécessite des connaissances en techniques quantitatives. Il est important d'attirer vers nos formations un plus grand nombre de DEUG A.

## F - Les enseignements des divers DEA

La place tenue par les enseignements d'hydrologie varie avec la nature même du DEA :

1) Pour les DEA généraux (Mécanique des milieux géophysiques, TGGH, Sciences de l'Environnement ) le champ disciplinaire est encore élargi. Le tronc commun comporte souvent des techniques quantitatives très générales, et il est complété par un enseignement très spécialisé dans un secteur étroit de l'hydrologie.

2) Pour les DEA spécialisés (Ecotoxicologie, Microbiologie...) un seul aspect du domaine de l'eau est traité en détail.

3) Le DEA National d'Hydrologie, créée en 1985 sous la pression du GET "Sciences de la Terre", regroupe des équipes qui ont en commun de s'intéresser exclusivement au domaine de l'eau :

- Hydrogéologie et Hydrologie de Surface
- Traitement des eaux, et qualité
- Utilisation Agricole

Ce DEA comporte un tronc commun qui couvre la totalité du domaine de l'hydrologie, suivi de filières spécialisées :

- Hydrologie superficielle et modélisation
- Traitement et qualité des eaux
- Ressources en eau et Paléohydrologie
- Hydrologie et Hydrogéologie quantitatives.
- à noter une déficience en biologie dans ce DEA.

Cette couverture est très large, avec en contrepartie une formation qui ne peut pas être pointue sur tous les sujets.

## **G - Conclusion :**

- Public trop large
- Objectif trop vaste (chercheurs /professionnels)
- Formations de deuxième cycle mal adaptées
- Pluridisciplinarité difficile à créer avec un cursus limité.

## **II - EXPOSE DE A. LAPLANCHE, représentant le GRUTTEE**

Le GRUTTEE (Groupement de Recherche Universitaire sur les Techniques de Traitement et d'Evaporation des Eaux), a pour objectifs :

- d'établir des liens de concertation entre les laboratoires
- de promouvoir la formation et l'information dans le domaine.

Les Laboratoires représentés dans le GRUTTEE ont des origines diverses : Biologie, Chimie, Génie des procédés, Toxicologie.

Ces laboratoires sont impliqués dans un certain nombre de DEA. Parmi ceux-ci, le DEA Chimie et Microbiologie des eaux joue un rôle particulier, puisque tous les enseignants du GRUTTEE font partie de ce DEA.

A. Laplanche souligne :

- le rapprochement de deux disciplines : Chimie d'une part, Biologie-Microbiologie d'autre part
- la double origine des étudiants : - MST (ingénieurs, chimie) et Maîtrise de biologie
- les objectifs du GRUTTEE qui sont de montrer les implications de la chimie et de la biologie dans le traitement des eaux.

### III - EXPOSE de B. AMBROISE (Université de Strasbourg)

#### L'Hydrologue - Géographe

L'hydrologie est aussi représentée au sein des Sciences de la Terre, par des géographes physiciens, qui s'intéressent aux processus hydrologiques. Leur formation est plus littéraire, ou plus scientifique suivant leur université d'origine.

L'hydrologie existe dans les cursus de base (deuxième cycle), ce qui explique qu'en géographie il n'existe pas de troisième cycle spécifique à l'hydrologie.

Les recherches poursuivies ont un aspect en général plus naturaliste, et moins quantitatif que dans les laboratoires vus précédemment.

On gagnerait beaucoup à faire travailler ensemble les géographes et les chercheurs des Sciences de la Terre.

Les DEA du domaine de l'eau à Strasbourg sont caractérisés par un émiettement entre trois DEA :

- Sciences et Techniques de l'Eau : priorité à l'hydraulique
- Géosciences : priorité à la géochimie
- Systèmes spatiaux et aménagements régionaux : priorité à la Géographie.

Une bonne spécialisation hydrologique pourrait être obtenue en prenant des éléments à chacun des trois.



#### **IV - EXPOSE de J.C. FONTES (Université PARIS XI à ORSAY)**

##### **Responsabilité en matière de développement dans les P.V.D.**

Les conférences générales des Nations Unies réaffirment régulièrement l'importance de l'eau en tant que facteur limitant le développement. Notre pays a des responsabilités particulières sur les problèmes de mise en valeur des ressources en eau.

Un très grand nombre de candidats étrangers se présentent chaque année à nos DEA (plusieurs centaines) d'où une sélection sous une pression extrêmement forte.

Une question se pose : comment examiner les candidatures ? l'ORSTOM pourrait, peut-être, grâce à ses implantations dans le monde, jouer un rôle dans la sélection des candidats.

#### **V - EXPOSE de Ph. BOIS (ENSHG à Grenoble)**

##### **Les formations d'hydrologues à l'ENSHG**

On distingue deux aspects de la formation :

- la formation en hydrologie opérationnelle qui est faite au cours d'une année spéciale de l'Ecole d'Ingénieurs;
- la formation par la recherche qui est faite au cours d'un DEA avec option spécialisée sur quelques sujets spécifiques.

##### **Besoins de formation par la recherche**

Il ne faut pas oublier que la formation par la recherche est demandée par le monde professionnel, et que cette demande doit être prise en compte; d'où un nombre de chercheurs à former supérieur au strict besoin des organismes nationaux de recherche.

Les demandes en provenance de l'étranger sont en moyenne de 100 dossiers par an, parmi lesquels dix sont retenus et trente dossiers "intéressants" sont rejetés.

## DISCUSSION GENERALE

### I - Intervention de C. THIRRIOT (ENSHEEIT Toulouse)

Les trois motivations de la recherche sont :

- le plaisir de la connaissance (bonheur du chercheur)
- l'aide aux satisfactions des besoins de la société
- la création d'emplois (pour les intellectuels)

La recherche en hydrologie permet de combler ces aspirations.

Le désordre en formation peut avoir des vertus d'autant que les étudiants font rarement le métier auquel on les a préparés.

### II - Intervention de P. HUBERT (Ecole des Mines de Paris)

Les membres du GRUTTEE sont ils hydrologues ?

Réponse de A. Laplanche :

Non, au sens strict; c'est à dire l'hydrologie dans le milieu physique; mais les problèmes de traitement des eaux interfèrent avec la gestion du milieu, ce qui entraîne une obligation de travailler ensemble.

### III - Intervention de S. PIEYNS (ORSTOM)

#### Recherche ou Ingénierie

- l'opposition recherche-ingénierie est elle un problème universitaire français ou ce problème est-il plus général ? N'est ce pas un faux problème ?.

Réponse de G.de Marsily :

Il s'agit d'un problème général car l'hydrologie est très pluridisciplinaire. Les écoles d'ingénieurs sont mieux adaptées à la pluridisciplinarité que les Universités, mais leur mentalité, le besoin et le goût d'agir peuvent être néfastes à une recherche sur la connaissance des mécanismes par exemple.

#### **IV - Intervention de C. THIRRIOT**

On pourrait soutenir aussi que les formations d'Ingénieurs préparent mieux à la recherche qu'à la profession d'ingénieurs, car la plupart de leurs enseignants sont aussi des chercheurs intégrés dans des équipes reconnues.

#### **V - Intervention de B. POUYAUD (ORSTOM)**

Les moyens nécessaires pour des recherches hydrologiques sont importants, et le financement ne peut être trouvé que dans le cadre de recherches finalisées, en particulier pour le développement.



## CHAPITRE II

## LA FORMATION A LA RECHERCHE EN HYDROLOGIE

## ATELIER 2 : FORMATION EUROPEENNE

Animateur :           Professeur A. VAN DER BECKEN  
                          Directeur du Laboratoire d'Hydrologie de l'Université Libre  
                          de Bruxelles  
                          Coordinateur des programmes hydrologiques européens  
                          ERAMUS et COMETT.

## I - EXPOSE GENERAL de A. VAN DER BECKEN

## A - La formation, outil de construction de l'Europe.

- la construction d'un futur commun européen passe par une synergie des cultures, qui dépasse le simple cadre de la technique. La culture peut être développée par des échanges et par la mobilité des étudiants.

- nécessité d'une formation multilingue.

- nécessité d'une éducation de qualité, qui nécessite des outils pédagogiques et des technologies spécialisées très coûteuses (par exemple multimédia).

## B - Les programmes d'éducation à l'échelle européenne.

La Communauté Européenne n'a pas compétence dans le domaine de l'éducation, (il n'existe pas de Direction Générale dans ce domaine) mais la communauté s'intéresse au problème au travers de la gestion des ressources humaines. Elle a mis en place une Task Force en Ressources Humaines et Education qui gèrent des contrats de programmes confiés à des bureaux :

ERASMUS, FORCE, COMETT, TEMPUS...

Par ailleurs, la D.G XII (Sciences et Recherche) a engagé un programme "SCIENCE" destiné à favoriser la mobilité des chercheurs.

### 1) Le programme ERASMUS :

Objectif et types d'actions (fiche jointe). Il s'agit d'un programme de développement multiculturel par la coopération inter-universitaire sous forme de mobilité de longue durée.

Les activités principales d'Erasmus sont organisées sous forme de PIC (Programmes inter-universitaires de Coopération). Il existe 1700 PIC, qui regroupent seulement des universitaires. Le bureau du PIC gère des crédits (faibles) destinés aux déplacements et séjours des enseignants. Les bourses pour étudiants (très modestes) sont gérées à l'échelon national.

Dans le domaine de l'Hydrologie, il existe un PIC "HYDROLOGY AND WATER MANAGEMENT", qui regroupe une trentaine d'équipes universitaires (Annexe). Les actions organisées dans le cadre de ce PIC concernent :

- la mobilité des étudiants : le bureau du PIC a proposé, pour l'année universitaire 1991/92, 613 mois de bourses réparties entre 88 étudiants. Nous ne pouvons espérer atteindre que 10 à 20% de ce chiffre, en raison du manque de bourses et du manque de candidats, vu la modicité du montant des bourses.

- la mobilité des enseignants : la durée minimale de déplacement était d'un mois. Devant la difficulté d'avoir des candidats, cette durée a été ramenée à une semaine.

Mise en place de cursus communs :

- unités capitalisables : reconnues par plusieurs organismes, elles ont été proposées, en particulier dans le cadre du DEA National d'Hydrologie Français.

- cours intensifs : deux cours intensifs ont été organisés sous l'égide du Professeur DE MARSILY et ont connu un grand succès. Il s'agit de :

- HYDROGEOLOGIE KARSTIQUE à Paris
- GEOSTATISTIQUE à Newcastle

Mais le financement de ces cours intensifs a été supprimé et reporté sur les actions de mobilité des enseignants.

## 2) Le programme COMETT

Programme de développement technologique en coopération "Entreprises / Universités", sous forme d'association soit régionale, soit sectorielle.

Dans le domaine de l'hydrologie, nous avons établi une AUEF (Association Université/Entreprise pour la Formation) sectorielle, appelée TECHWARE, Technologie pour les Ressources en Eau. Elle regroupe une centaine de partenaires d'horizon et de nationalités très diverses (y compris quelques pays de l'Est).

Les actions organisées dans le cadre de TECHWARE concernent :

- des stages d'étudiants, de jeunes diplômés ou d'autres personnels : 35 bourses de six mois ont été accordées l'année dernière dans tous les domaines de l'eau, évidemment dans un autre Etat que celui du stagiaire.

- l'organisation de cours de formation technologique : 15 cours de 23 sessions ont couvert divers domaines : hydrologie, eaux potables, réseaux de distribution....

- la réalisation d'un contrat dans le cadre de la DG XII en vue de l'identification des priorités de la recherche sur les ressources en eau dans les années à venir.

## 3) - Le programme TEMPUS

Le programme TEMPUS est une extension des programmes ERASMUS et COMETT en direction des pays de l'Est. Très peu de programmes COMETT. Deux projets ERASMUS dans le domaine de l'eau, coordonnés par l'Université de DELFT et regroupant 17 Universités :

- aménagement de bassins hydrologiques,
- environnement et sols agricoles.

## C - CONCLUSION

Il existe en Europe un fort potentiel en éducation, qui peut être mobilisé en particulier dans notre domaine multidisciplinaire. Mais il s'agit d'une oeuvre difficile demandant :

- une action très volontariste,
- une organisation très décentralisée.

Il s'agit d'un défi à relever.

## FICHE DE PRESENTATION DU PROGRAMME ERASMUS

Programme d'action communautaire  
en matière de mobilité des étudiants

### A - OBJECTIF

L'objectif principal d'ERASMUS est de promouvoir la mobilité des étudiants et la coopération dans le domaine de l'enseignement supérieur au sein de la Communauté.

### B - ACTIONS

#### Action 1

*Mise en place et fonctionnement d'un réseau universitaire européen.*

Création d'un réseau européen de coopération universitaire visant à stimuler, à l'échelle communautaire, les échanges d'étudiants et d'enseignants, le développement en commun de nouveaux programmes d'enseignement, les programmes intensifs, ainsi que les visites d'études et d'informations par le personnel enseignant ou administratif des universités.

#### Action 2

*Bourses de mobilité aux étudiants.*

Aide financière directe aux étudiants effectuant une période d'études déterminée dans un autre Etat membre, période qui est entièrement reconnue par l'université d'origine.

#### Action 3

*Reconnaissance académique des diplômes et des périodes d'études*

Mise en oeuvre du système européen d'unités capitalisables (crédits académiques) transférables dans toute la Communauté et fonctionnement du réseau communautaire de Centres nationaux d'information sur la reconnaissance académique.



#### Action 4

*Mesures complémentaires visant à promouvoir la mobilité des étudiants dans la Communauté*

Aides financières aux associations et aux consortiums d'universités pour des projets spécifiques, aides aux publications et aux études ayant trait à la mobilité, aux activités d'information et autres initiatives innovatrices; attribution de prix ERASMUS.

Ces mesures ont pour but de créer un support d'information sur ERASMUS et d'améliorer la connaissance mutuelle des systèmes universitaires dans la Communauté.

**FICHE DE PRESENTATION DU PROGRAMME COMETT**

Programme communautaire européen  
pour la coopération "université-entreprise"  
dans le domaine de la formation aux technologies.

**A - OBJECTIF**

Elaborer des programmes de formation transnationaux pour garantir le développement industriel et technologique d'une Europe unifiée.

**B - ACTIONS**Volet A

*Associations universités-entreprises pour la formation (AUEF)*

Développement et renforcement de partenariats universités-entreprises pour la formation et l'extension, à la fois régionale et sectorielle, du réseau européen pour promouvoir davantage la coopération transnationale.

Volet B

*Echanges transnationaux*

Placements d'étudiants dans des entreprises d'un autre Etat membre.

Placements de personnes qualifiées dans des entreprises d'un autre Etat membre dans le but d'entreprendre un projet industriel.

Echanges de personnel entre les universités et les entreprises.

Volet C

*Projets conjoints de formation continue, notamment aux technologies avancées, et projets pour la formation multi-média à distance.*

Cours de formation en technologie ayant une dimension européenne.

Conception, développement et expérimentation à l'échelle européenne de projets conjoints de formation aux technologies.

Dispositions multilatérales pour la formation aux technologies destinées à établir des systèmes de formation à distance.

Volet D

*Mesures complémentaires*

Activités supplémentaires, y compris des subventions pour des visites préparatoires.

## II - EXPOSE de A. MUSY (Ecole Polytechnique Fédérale de LAUSANNE)

### A - La formation doctorale en hydrologie en SUISSE

Le système de doctorat en Suisse se distingue du système français par l'inexistence d'un DEA. Deux filières de formation peuvent conduire à la réalisation d'un DOCTORAT qui dure 4 à 5 ans.

<i>Diplôme d'Ingénieur</i>	<i>Diplôme Universitaire</i>
- 1er cycle : 2 ans	- 1er cycle : 2 ans
- 2ème cycle : 2 ans	- 2ème cycle : 2 ans
- stage : 6 mois	- stage : 6 mois

### B - La formation post-universitaire en hydrologie

Depuis 1970, les Universités de NEUCHATEL et de LAUSANNE ont mis en place une formation post universitaire dans le domaine de l'Eau, avec une orientation hydrologique plus marquée à LAUSANNE.

Cet enseignement de 18 mois, comporte un tronc commun, suivi d'une spécialisation et de 6 mois de thématique de recherche spécifique. Quelques traits spécifiques de cet enseignement :

- caractère international de l'enseignement faisant appel à des enseignants étrangers.

- peu d'étudiants Suisses, peu d'Européens en général, un grand nombre d'étrangers (Afrique, Asie, Amérique du Sud).

### C - Proposition de formation post graduée Européenne.

Ce constat de la demande de formation spécialisée en hydrologie émanant de pays du Tiers Monde est général auprès des pays ayant des formations post graduée, (Pays Bas, Belgique, Royaume-Uni, Italie). Chaque établissement délivre un certificat qui lui est propre.

On pourrait mettre en place des schémas faisant intervenir plusieurs établissements européens et définissant au moyen de cursus modulaires un diplôme Européen d'Hydrologie Scientifique.

### III - EXPOSE de. B. DIENG, Représentant l'EIER de OUAGADOUGOU

L'enseignement de l'Hydrologie en Afrique est fait plus particulièrement, à OUAGADOUGOU, dans le cadre de la collaboration entre les 14 Etats africains qui gèrent l'EIER (Ecole Interétats de l'Equipement Rural), en collaboration avec le CIEH. (Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques).

L'objectif est de former des ingénieurs et des spécialistes de la gestion du développement du monde rural.

L'EIER a quatre filières :

- formation d'Ingénieur
- formation Post-Universitaire
- formation permanente et continue
- formation par la recherche pour la recherche et l'Ingénierie

Les objectifs spécifiques de cette dernière filière :

- améliorer le niveau scientifique des enseignants
- perfectionner les ingénieurs grâce à la recherche
- assurer le rayonnement et la promotion de l'établissement.

Sans être directement un organisme de recherche, un établissement comme l'EIER a besoin de développer une recherche. Pour atteindre cet objectif, nous devons nous appuyer sur des établissements africains, et surtout sur des structures existantes dans les pays du Nord, en particulier le DEA National d'Hydrologie et l'Ecole Polytechnique Fédérale de LAUSANNE.

Les thèmes de recherche en hydrologie à l'EIER sont très ciblés autour du milieu non saturé : (bilan hydrique, recharge de nappes, épuration) avec des thèmes annexes spéciaux : (répartition spatiale de la pluie, système d'alimentation en eau potable).

Ces thèmes conduisent à des travaux de thèses dans le cadre des collaborations vues précédemment

En conclusion, des établissements basés en Afrique, comme l'EIER, ont un besoin de collaboration avec des établissements de pays plus développés. La politique de ces établissements vis à vis de l'Afrique n'est pas clairement définie. Pour pouvoir définir notre stratégie, nous avons besoin d'une réponse claire à cette demande.

#### **IV - EXPOSE de J.P TRIBOULET, Représentant du Ministère de la Coopération et du CIEH**

L'appui du Ministère de la Coopération au développement des activités hydrologiques en Afrique est marqué en particulier par le CIEH - Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques - dont le rôle est d'être un trait d'union entre la Recherche et le Développement .

L'intervention du Comité a suscité de nombreuses recherches fondamentales : thèses d'Européens sur le milieu africain, thèses d'étudiants africains. L'objectif de formation est inscrit dans les missions du CIEH, et il assure des enseignements de 3ème cycle par exemple à l'Université de OUAGADOUGOU qui vient de créer un enseignement Sciences et Technique de l'Eau.

#### **V - EXPOSE de V. OANCEA (Roumanie)**

##### **La recherche hydrologique en Roumanie**

Il n'y a pas de formation à l'hydrologie, mais des parties d'hydrologie traitées dans divers établissements :

- Institut Polytechnique
- Institut de Génie Civil
- Institut de Génie Rural
- Faculté de Géographie - Géologie
- Faculté de Physique

Une année de 3<sup>ème</sup> cycle existe, semblable au DEA français (100 heures de cours; six mois de recherche). Les matières enseignées sont les matières classiques de l'hydrologie avec, depuis deux années, un enseignement d'écologie.

La préparation d'une thèse ne peut se faire qu'après trois ans de pratique au sein d'un Institut..

## VI - CONCLUSION GENERALE : G. DE MARSILY

Les enseignements supérieurs d'hydrologie dans l'ensemble des pays Européens montre des différences notables :

- en France, cet enseignement correspond plutôt à des prolongements d'études de géologie, ou de mécanique.

- à l'étranger, il s'agit plutôt :

- soit de Génie Civil (peu représenté en France) avec une perception de bétonneur
- soit de Génie Rural (Suisse, Pays Bas) avec une perception "utilisation agricole".

Une déficience importante, aussi bien en France qu'en Europe, concerne l'hydrobiologie. Une effort certain est à faire dans ce sens.

## CHAPITRE III

**LA FORMATION A LA RECHERCHE EN HYDROLOGIE****ATELIER 3 : BESOINS DES INSTITUTS DE RECHERCHE**

Animateur : L.A. LECLERC, CEMAGREF  
Chef du Département Ressources en Eau

**I - INTRODUCTION de L.A. LECLERC****Rappels du rapport DUBREUIL****1) Potentiel français en hydrologie**

⇒ 800 agents dans le domaine de l'hydrologie (public et privé) dont 380 chercheurs et Ingénieurs, soit en renouvellement 10 à 12 chercheurs et ingénieurs par an.

**2) Formations d'origine de ce potentiel :**

- en filière universitaire : dominante géologie et géographie
- en filière ingénieur : dominante hydraulique

La création d'EPST devrait renforcer la formation universitaire (besoin statutaire de docteurs)

**II - EXPOSE de B. MOUSSIE (Dir. Adj. du Département EAU - BRGM)****A - CONSTATS PREALABLES**

1) il n'existe en France de formation en hydrologie que théorique dans la plupart des cas, que ce soit dans les écoles supérieures d'hydraulique ou au niveau des maîtrises, DEA et DESS d'Hydrogéologie ou de Géologie de l'Ingénieur.

C'est là le reflet d'un état d'esprit très français qui privilégie le côté "conceptuel" aux aspects "pratiques et travaux", souvent par ailleurs moins bien considérés socialement.

2) la formation "Hydrologues opérationnels" (Ingénieurs et Techniciens) n'existe en fait que de façon interne, illustrée par l'ORSTOM qui possède une longue tradition de "savoir-faire" dans ce domaine.

A notre connaissance, c'est d'ailleurs le seul établissement à organiser et à dispenser un enseignement de cette nature auquel le BRGM a eu recours récemment.

3) ce métier a eu, semble-t-il, son maximum de développement dans les années qui ont suivi la dernière guerre mondiale, notamment grâce aux travaux entrepris dans les territoires d'Outre Mer sous tutelle française et en France grâce au programme de construction de barrages hydroélectriques (équipes EDF).

4) la tendance en France, depuis de nombreuses années, de séparer eaux de surface - eaux souterraines, n'a pas favorisé l'émergence d'un enseignement pratique dans le domaine de l'hydrogéologie.

5) il faut remarquer à ce sujet que chez les anglo-saxons, le terme hydrologie recouvre à la fois l'étude des eaux souterraines et celle des eaux de surface.

6) ces problèmes ont été évoqués récemment avec G. de MARSILY, responsable du DEA national d'Hydrologie, qui, comme on le voit, a choisi ce terme pour lui donner un sens plus large qu'Hydrogéologie.

Ensuite une évolution récente des mentalités qui s'est effectuée dans un sens positif, celui de la reconnaissance de l'unicité de la ressource en eau retrouvant ainsi le cycle de l'EAU.

Cette évolution s'est traduite jusque dans le texte de la nouvelle loi sur l'eau en cours d'examen.

## **B - LES BESOINS DU BRGM**

Si le BRGM éprouve peu de difficulté à recruter sur le marché du travail des ingénieurs hydrogéologues, hydrauliciens, hydrogéochimistes, il éprouve les plus grandes peines à trouver des hydrologues opérationnels.



Le BRGM souhaiterait pouvoir trouver sur le marché de l'emploi, plutôt que des hydrologues sensu-stricto, des ingénieurs et techniciens ayant une formation de base de l'hydrogéologie (généralement bien faite en France) complétée par des options comme il en existe déjà aujourd'hui mais auxquelles il faudrait en ajouter une nouvelle consacrée à la formation en hydrologie fondamentale et pratique (opérationnelle) regroupant hydroclimatologie et étude de la zone non saturée, ainsi qu'un module sur l'appareillage de mesure, l'acquisition et le traitement de la mesure.

### **III - EXPOSE de F. MONIOD, ORSTOM** **Président de la sous-commission Hydrologie**

#### **A - EVOLUTION DE LA CONCEPTION DE L'HYDROLOGIE**

Classiquement l'hydrologie est la science du cycle de l'eau, qui a longtemps été prise à l'ORSTOM dans le sens restrictif de l'étude des mécanismes de transformation des pluies en débits des cours d'eau, qui débouche sur la connaissance des régimes des cours d'eau en relation avec les régimes climatiques et la géographie.

Les besoins en eau qui s'étaient manifestés jusqu'à récemment en termes de quantité s'expriment aussi maintenant en termes de qualité, salubrité, de respect de l'environnement.

L'hydrologue doit actuellement avoir des vues sur l'ensemble des implications de sa recherche, ce qui implique une ouverture scientifique plus large.

#### **B - LA RECHERCHE HYDROLOGIQUE à l'ORSTOM**

La mission principale de l'ORSTOM est la recherche en coopération pour le développement. Pour assurer ses objectifs, l'hydrologie à l'ORSTOM couvre des domaines de l'hydrologie en nombre limité à quatre.

1) Hydrologie des grands bassins en vue de caractériser la connaissance et l'évolution physique, chimique et biologique des milieux aquatiques continentaux.

2) Hydrologie aux échelles moyennes, en vue d'identifier des mécanismes de production, de transfert et d'échange.

3) Hydrologie orientée vers la gestion : en particulier celle des grands systèmes complexes.

4) Etude de la phase atmosphérique du cycle de l'eau en particulier l'analyse des précipitations et de l'évapotranspiration.

## C - LE POTENTIEL HUMAIN EN HYDROLOGIE à l'ORSTOM

Les effectifs d'hydrologues à l'ORSTOM sont de 123 chercheurs, ingénieurs et techniciens répartis en :

- 61 chercheurs dont :

- 26 DR                                    age moyen = 53 ans

- 35 CR                                    age moyen = 38 ans

- 62 IT dont :

- 23 IR                                    age moyen = 47 ans

- 39 IE et Tech                        age moyen = 43 ans

Cet age moyen assez élevé a été partiellement compensé par une politique de recrutement récente.

## D - LA POLITIQUE DE RECRUTEMENT EN HYDROLOGIE

L'ORSTOM a recruté en hydrologie ces dernières années. De 1987 à 1991, soit sur 5 ans, 14 hydrologues ont été recrutés (10 chercheurs, 3 IR, 1 technicien), ce qui correspond à un taux de renouvellement annuel de 2,5 %.

Sur les trois années à venir, il est prévu 12 recrutements, soit 4 par an.

Les profils des postes recherchés correspondent :

- pour les chercheurs : soit à des formations à thématique naturaliste (environnementaliste) soit à des formations de physicien.

- pour les ingénieurs de recherche : des thématiques spécialisées : (télétection, MNT, SIG...)

- pour les ingénieurs d'études : des spécialistes d'appareillage pour les mesures, ou l'exploitation des données.

- pour les techniciens : bonne connaissance des capteurs, et de traitement du signal

Pour compléter le dispositif de recrutement classique, et favoriser l'ouverture vers l'extérieur, l'ORSTOM met à disposition des postes d'accueil :

- de seniors (locomotives)
- de juniors (catalyseurs)

## E - LES PROBLEMES SOULEVES PAR LE RECRUTEMENT

Deux problèmes semblent importants :

1) la diminution inquiétante du *nombre des candidats* lors des concours de recrutement :

- soit en raison du tarissement du vivier;
- soit en raison des profils publiés exagérément pointus.

Les prochains profils viseront à une plus large ouverture.

2) *l'age de recrutement* : autour de 30 ans, beaucoup plus tard que par le passé, en raison de l'obligation de thèse. L'ORSTOM doit s'impliquer dans la formation des thésards, leur fournir de bons sujets de thèse et de bons directeurs pour préparer leur intégration dans l'organisme.

## IV - EXPOSE de L.A. LECLERC, CEMAGREF

Le CEMAGREF est un établissement de recherche finalisée, qui veille à développer les connaissances nouvelles jusqu'au stade de leur application.

Depuis de nombreuses années, les équipes d'hydrologie "classique" ont voisiné, au sein du département "Ressources en Eau", avec des équipes d'hydrauliciens, d'hydrochimistes et d'hydrobiologistes aptes à répondre aux problèmes scientifiques et techniques posés par l'aménagement des eaux superficielles.

Pour donner quelques chiffres, on peut considérer qu'en dehors des aspects "traitements de l'eau" ou "aquaculture et pêche", ce sont 40 hydrologues, 15

hydrauliciens, 20 hydrochimistes et 40 hydrobiologistes qui contribuent au CEMAGREF à couvrir le domaine des recherches pour l'aménagement des eaux.

La proportion de chercheurs et ingénieurs est variable d'un groupe à l'autre : 40 hydrologues et hydrauliciens, 6 hydrochimistes et 25 hydrobiologistes. Dans la perspective qui nous réunit aujourd'hui, on notera surtout que les flux entrée/sortie dans ces groupes sont différents, les deux derniers ayant été au cours des 5 dernières années plus stables que le premier, celui des hydrologues et hydrauliciens.

Dans ce groupe, la période récente a même vu le renouvellement atteindre 10% par an, ce qui peut valoir une médaille de la mobilité mais n'est pas souhaitable du point de vue capitalisation des acquis !

En "régime normal", le CEMAGREF a besoin chaque année d'un à trois hydrologues. Il devrait recruter également, si le renouvellement était idéal, un hydrobiologiste.

### LES DOMAINES DE RECHERCHE au CEMAGREF :

\* Cycle hydrologique aux échelles moyennes, validée sur sites expérimentaux (BVRE,...)

- étude des relations entre cours d'eau et nappe alluviale.
- étude et modélisation des flux au niveau des bassins fluviaux français, influence de l'agriculture intensive, rôle des matières en suspension et du compartiment "sédiment".

\*Morphodynamique et hydraulique fluviale :

- écoulements turbulents : mesures et modélisation
- étude des phénomènes d'érosion torrentielle
- approche de l'inondabilité

\* Biologie des systèmes aquatiques :

- détermination de la capacité d'accueil d'un système pour différentes populations ou peuplements
- mise au point de méthodes d'évaluation des effets toxiques (y compris insidieux).
- mesure et étude de l'activité trophique (fertilité des eaux, dégradation de la matière organique.)

Les profils des chercheurs et ingénieurs sont comme on le voit, nécessairement variés. Quelques "contrastes ou "points de repère" ressortent cependant :

- nécessité d'une culture large dans les sciences de l'eau, y compris l'ingénierie, la métrologie.
- spécialisation (modélisateurs, hydrauliciens, hydrochimistes, hydrogéologues, hydrobiologistes, biochimistes, et même toxicologues...)

Au delà de ces deux éléments de base indispensables, je voudrais mettre en exergue quelques qualités ou capacités qui, sans être attendues de tous, doivent être suffisamment représentées au sein de la communauté hydrologique (du CEMAGREF !) pour assurer sa vitalité :

- capacité à mener les recherches jusqu'aux applications
- capacité à changer de spécialisation au cours de sa carrière
- capacité à mettre au point des méthodes de mesure et d'observation, bases de l'expérimentation
- capacité à être "chef de projet".

## **V - EXPOSE de J.C. FONTES (Membre de la Commission 12/ CNRS)**

Après un bilan de l'activité du CNRS, une augmentation des effectifs dans le domaine de l'hydrologie a été décidée (effet du colloque "TERRE"). Quatre recrutements ont été programmés. Ils portent sur :

- l'hydrologie des roches fracturées
- la géochimie (eaux sédiments)
- les bilans et les effets anthropiques (pluies acides)
- le bilan global (à l'échelle planétaire).

Deux de ces postes n'ont pas été pourvus par manque de candidats valables malgré une forte compétition.

Le recrutement au CNRS est le reflet de la valeur des équipes qui présentaient des candidats. La politique du CNRS est une politique très libérale, marquée par une orientation vers la science pure et dure, et l'influence des "Ecoles".

Dans le domaine de l'hydrologie, aucun pays européen ne peut tenir tous les domaines. Une concertation européenne paraît indispensable.

## VI - EXPOSE de A. VAN DER BECKEN

### A - La recherche hydrologique en Belgique

Elle rencontre de très grosses difficultés en raison :

- du fractionnement dû à la régionalisation.
- du faible recrutement
- de la durée trop courte des contrats de recherche (environ un an).

### B - La politique européenne.

La politique européenne se développe de manière très structurée :

- programme SAST : analyse stratégique en besoins de recherches.
- constitution de réseaux d'Instituts de recherche en vue de développer les complémentarités
- politique de grands laboratoires européens (par exemple en hydraulique)

## VII - EXPOSE DE J.P TRIBOULET, représentant le CIEH

### BESOINS DU CIEH EN RECHERCHE HYDROLOGIQUE

Le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH), dont le siège est à Ouagadougou, demeure une structure d'intervention relativement légère (15 à 18 ingénieurs) pour mettre en oeuvre un programme assez vaste (ressources en eau, eau et population, eau et agriculture) dans une zone géographique très étendue (14 états de l'Afrique de l'OUEST et du CENTRE). Sa capacité propre de recherches est donc limitée par ses effectifs. Son rôle consiste donc essentiellement à assurer une coordination dans la conduite d'études et de recherches avec des institutions partenaires (définition de programmes, recherche de financements, gestion de projets), à assurer la veille technologique, la diffusion de connaissances (y compris par la documentation écrite).

Le profil souhaité pour les chercheurs nécessite des connaissances de base assez étendues sur les techniques de pointe et leurs applications, une aptitude à animer des équipes, et une aptitude à la transmission des connaissances.

## VIII - EXPOSE de A. MUSY, EPF LAUSANNE

### BESOINS DE CHERCHEURS EN HYDROLOGIE EN SUISSE

En Suisse, il n'existe pas d'organismes de recherches à proprement parler; la recherche est indissociable de l'enseignement, et s'effectue au sein des instituts de formation comme ceux de Zurich, Lausanne ou Neuchâtel.

Le financement de la recherche est assurée par des ressources étatiques et privées dans des rapports d'environ 2/3 et 1/3.

Les axes de la recherche hydrologique suisse sont :

- 1) en recherche fondamentale : l'analyse des mécanismes à l'échelle du bassin versant, ruissellement, infiltration, évaporation.
- 2) en recherches finalisées : l'approche régionale en vue d'évaluer les potentialités
- 3) en recherches spécifiques : crues, avalanches, et recensement des étiages en vue d'assurer la salubrité des cours d'eau.
- 4) enfin un axe en grand développement est l'approche intégrée des problèmes de l'eau avec l'analyse du rôle de l'eau dans la société : qualité, impact, méthodologie de l'analyse d'impacts et effets sur l'environnement.

On observe un déficit flagrant de chercheurs hydrologues en particulier dans l'approche intégrée qui demande des compétences multiples. Le profil d'un chercheur idéal comporte :

- une base scientifique solide : mathématiques, physique, chimie, informatique.
- une formation spécialisée dans un domaine "génie civil et rural, biologie, chimie".
- une ouverture générale vers les problèmes environnementaux. (écologie, droit, langues).
- le chercheur doit s'impliquer dans l'enseignement : chercher c'est bien, trouver c'est mieux, mais transmettre est indispensable.

Les domaines privilégiés ont été les suivants :

- modélisation couplée : écoulements, réactions chimiques
- écoulement très lents : zone de stockage
- bilans sur bassins versants.

## DISCUSSION

### A - Intervention de G. de MARSILY (Université PARIS VI)

Les grands programmes jouent un rôle de plus en plus important dans le développement scientifique par exemple :

- programme PIREN-CNRS : Grands fleuves
- ECOTHAU
- HAPEX-MOBILHY

Ces programmes ont un rôle fédérateur en particulier dans le domaine de l'interdisciplinarité. Ils influent aussi sur les recrutements au travers en particulier des allocations de recherches.

### B - Intervention de B. POUYAUD (ORSTOM)

L'ORSTOM a poursuivi une politique vigoureuse de recrutement dans le domaine de l'hydrologie entre 1982 et 1987, 18 hydrologues ont été recrutés, dont 14 entre 1987 et 1991.



## CHAPITRE IV

## LA FORMATION POUR LA RECHERCHE

## TABLE RONDE

Président : Pr C. BOCQUILLON (UM II / LHM)  
Animateurs : Pr VAN DER BECKEN (Bruxelles)  
L.A.. LECLERC (Cemagref)  
Pr. G.de.MARSILY (Paris VI).

## I - EXPOSE INTRODUCTIF de C. BOCQUILLON

A la demande de l'UNESCO et sous l'égide de l'AIHS, un rapport sur l'EDUCATION DES HYDROLOGUES a été rédigé par nos éminents confrères, MM.NASH, EAGLESON, PHILIP et VAN DER MOLEN (rapport présenté et discuté lors de l'Assemblée générale de l'AIHS à Vienne fin août 1991).

La première partie définit, d'après les auteurs, la place de l'hydrologie dans l'environnement scientifique. Le rôle essentiel de l'eau dans l'environnement terrestre, qui conditionne l'évolution et le devenir de la planète, place l'hydrologie parmi les géosciences, à côté des sciences atmosphériques, océaniques et géologiques.

La prise de conscience depuis 1970 de l'importance des problèmes environnementaux a conduit à la reconnaissance d'un besoin de formation spécifique en hydrologie. Les auteurs du rapport définissent le contenu de l'enseignement souhaitable, à savoir l'hydrologie et le sous-sol, l'hydrologie et le sol, l'hydrologie et la géomorphologie, l'hydrologie et la biologie, l'hydrologie et les processus chimiques, l'hydrologie et la météorologie, l'hydrologie et le climat, soit sept fois "l'hydrologie et ...". Le schéma de l'hydrologie, vu au travers de ce rapport, peut se résumer en :

- sciences de base;
- relations avec des thèmes ("hydrologie et ...");
- actions : hydrologie opérationnelle.

Le congrès de Vienne a mis en évidence le *pragmatisme anglo-saxon* qui permet de s'affranchir de nos débats sur l'existence scientifique de l'hydrologie, et sur la distinction byzantine science fondamentale ou appliquée; de la même façon, nous devons essayer d'avancer vers des propositions concrètes et ne pas nous enfermer dans des discussions stériles.

Le débat pourrait être orienté sur les thèmes suivants ::

- où s'arrête l'hydrologie ?
- les prérequis de nos formations : les formations de base sont-elles adaptées à nos formations de 3<sup>ème</sup> cycle ?
- le contenu des formations doctorales : chaos ou dirigisme ? pointu ou élargi ? ingénieurs ou universitaires ?
- existe-t-il une solution européenne ?
- l'adéquation ressources-besoins

## II - LES CONTOURS de l'HYDROLOGIE

### A - Intervention de M. DESBORDES (UMII / ISIM)

Je voudrais donner un exemple du pragmatisme des Anglais, qui est bien supérieur au nôtre. J'avais écrit, il y a quelques années, un pamphlet sur l'hydrologue et l'ornithorynque. L'ornithorynque est un animal très particulier dans la classification puisqu'il occupe un seul tiroir. Lorsqu'on a porté pour la première fois au British Museum un ornithorynque, les savants du moment n'ont pas cru que cet animal pouvait exister. Ils pensaient qu'il avait été bricolé par un taxidermiste chinois et il a donc fallu qu'on leur apporte un ornithorynque vivant. Lorsqu'ils ont constaté que cet animal existait, ils ont créé un tiroir spécial dans lequel il est tout seul. L'hydrologie pour moi est effectivement une science et peu importe si on doit attendre un certain nombre d'années pour que s'ouvre un tiroir spécial pour elle. Elle est un peu atypique par rapport aux autres sciences, comme l'ornithorynque en matière de mammifères. L'hydrologie sera ce que nous en ferons.

### B - Intervention de M. ROCHE

Je trouve la question "l'hydrologie est-elle une science ?" (évoquée par P. HUBERT dans son allocution d'ouverture) originale en soi, mais je ne vois pas tellement à quoi elle sert et surtout pas qu'elle puisse vraiment être un sujet de réflexion très productif pour l'avenir, surtout pour la formation des hydrologues.

Il est, pour moi, évident que l'hydrologie est une science; une preuve est qu'il existe une Association Internationale des Sciences Hydrologiques.

### **C - Intervention de R. LAMBERT (Un. Toulouse / Dép. Géographie)**

Dans les propos que l'on vient d'entendre, il y a sujet à discussion et à rêverie. S'il y a bien une science avec un grand "S" qui regroupe toutes les sciences, il n'empêche qu'il y a plusieurs familles de sciences et qu'on ne peut pas mettre un signe d'égalité -ou d'identité- entre les méthodes pratiquées par la physique, les méthodes pratiquées par la biologie et les méthodes pratiquées par la sociologie.

Je suis frappé, c'est qu'on ne voit jamais apparaître en hydrologie le mot *société*. Or les problèmes hydrologiques qui se posent aujourd'hui aux hydrologues sont des problèmes qui se posent à la société, car c'est elle qui a perturbé complètement le cycle de l'eau. *L'hydrologie est la science du cycle de l'eau*. Si l'on accepte cette définition, les concepts de la physique ou de la chimie ne suffisent peut-être pas à l'hydrologue et il faut se tourner vers les autres sciences d'observation, voir quelles sont les méthodes qu'elles pratiquent et ce que nous, hydrologues pouvons en faire pour comprendre le cycle de l'eau!

### **D - Intervention de P. HUBERT (AISH)**

Dans l'étude du cycle de l'eau, l'imbrication "hydrologie/société" est très étroite, d'autant plus que l'anthropisation du milieu naturel va en s'accélégrant. Mais je pense que l'on a abusivement introduit des aspects sociaux dans l'hydrologie, sous prétexte qu'ils touchent à la gestion de l'eau.

La gestion d'un barrage n'est pas un problème hydrologique mais un problème économique : on cherche à optimiser tel ou tel critère de performance et le prix du kilowatt n'est absolument pas un problème hydrologique. Par contre le cycle de l'eau, l'écoulement de l'eau, le transport des matériaux ne se passent pas de la même façon dans un milieu transformé et dans un milieu naturel et c'est en cela qu'il faut beaucoup se préoccuper de la société.

### **E - Intervention de A. LAPLANCHE (GRUTTEE)**

Le traitement de l'eau occupe une place importante dans la partie terrestre du cycle de l'eau. Ce que l'on cherche au GRUTTEE, c'est à évaluer la quantité et la qualité de l'eau nécessaire à toutes les activités humaines, qu'elles soient agricoles, industrielles ou autres. Nous pensons que les traitements ont leur place sur un plan scientifique et nous avons, avec les hydrologues des démarches très proches au niveau de la physique, et de la chimie.

Je pense que tous les gens qui s'occupent d'eau en général ont intérêt à travailler ensemble et à montrer vis à vis de nos différents ministères, qui eux sont souvent coupés les uns des autres, qu'en définitive nous formons une grande famille.

### III - LES CANDIDATS AUX FORMATIONS

- est-ce qu'il nous paraît possible d'avoir des actions au niveau du second cycle, voire des premiers cycles ?
- est-ce que c'est un problème qui est essentiel pour l'hydrologie ?

#### A - Intervention de Ph. BOIS

Trop d'étudiants, sélectionnés sur dossier pour suivre un DEA, rencontrent, d'énormes difficultés. On dit toujours que les cours de DEA sont des cours de très haut niveau. Si on regarde ce qui se fait dans la réalité (pas seulement les programmes), on s'aperçoit que ce n'est pas du tout le cas. Pas seulement en hydrologie d'ailleurs, mais dans beaucoup de sciences géophysiques.

Prenons un exemple : pour faire de l'hydrologie, il faut nécessairement avoir quelques connaissances de statistiques; or cette discipline ne fait pas partie de la formation de base universitaire : il y a des écoles d'ingénieurs où il n'y a pas un seul cours de statistique. Alors que faisons nous au DEA? On essaie d'apporter quelques notions indispensables mais ce n'est pas suffisant. Mais il n'est pas certain du tout que l'on puisse agir sur les programmes des formations universitaires !

Au sujet des besoins, il ne faut pas s'arrêter à la seule demande des instituts de recherche français (10, 15 hydrologues par an ?); il faut en préparer beaucoup plus et le chiffre d'une centaine d'étudiants français inscrits dans l'ensemble des DEA n'est pas du tout excessif.

#### B - Intervention de G. DE MARSILY

Je partage tout à fait le point de vue de Ph. BOIS.

Le public des DEA est français mais aussi pour plus de 50% étranger, P.V.D et pays européens, puisque les échanges entre les pays d'Europe augmentent et

que nous devons progressivement adapter les 3<sup>ème</sup> cycles à des flux d'étudiants d'origines diverses et variées.

Je crois qu'il y a deux choses très importantes qui ont été dites :

- d'abord *l'hydrologie est une science d'observation* : il faut donc des individus qui soient formés à l'observation et, en ce sens, je crois que les formations des sciences de la terre y sont en général bien adaptées alors que les formations plus physiques développent moins cette aptitude à regarder la réalité par le biais de l'observation.
- en revanche nous avons dit également qu'il fallait aussi avoir un certain bagage dans les disciplines dures (mathématiques, chimie biologique).

Que pourrait-on imaginer pour assurer cette double formation de base ?

Je crois quand même que nous avons la chance d'avoir en France des étudiants qui se forment en deux ans, les deux années de DEUG, avec une formation de base en mathématiques et en physique/chimie correcte. Si nous pouvions former, au sein de l'Université, des étudiants de DEUG A, qui feraient pendant les deux ans de deuxième cycle, une licence/maîtrise des sciences de la terre "aménagée" c'est-à-dire orientée vers les problèmes qui intéressent l'hydrologie (on a parlé des statistiques), on verrait arriver dans les DEA d'hydrologie des gens beaucoup mieux préparés. Le troisième cycle serait composé d'un tronc commun relativement large et d'une spécialisation, soit vers l'hydrologie opérationnelle, soit dans des créneaux beaucoup plus spécialisés sur une partie de la discipline.

#### Réponse de C. BOCQUILLON

L'absence à notre réunion du représentant du Ministère de l'Education Nationale est regrettable. Ce Ministère a proposé récemment la création de Maîtrises de l'Environnement. Il existe peut-être une opportunité de création de second cycle répondant à nos souhaits.

#### **C - Intervention de A. LINNE**

Il existe à Toulouse, un DEA pluridisciplinaire qui s'intitule "Physique et Chimie de l'Environnement", dans le programme duquel on trouve environ 145 heures de cours théoriques, répartis en trois modules :

- un module "géofluides" dans lequel on aborde une analyse locale des échanges transfert aux interfaces océan/atmosphère et sol/atmosphère ;
- un deuxième module qui porte sur la chimie de l'environnement
- un troisième module qui traite des modèles de milieu avec une analyse beaucoup plus globale du fonctionnement des écosystèmes.

Le gros problème que l'on rencontre est au niveau du public de ce DEA puisqu'on recrute sur plusieurs formations : en particulier, on recrute des chimistes qui n'ont aucune formation en mécanique des fluides et en programmation et cela suppose de développer des cours de rattrapage qui ne sont pas toujours très performants.

#### **D - Intervention de S. PIEYNS**

J'ai personnellement rencontré "l'insuffisance en statistiques" (signalé par Ph.BOIS) avec des étudiants du DEA National d'Hydrologie. Il me semble un peu utopique de vouloir se lancer dans une réforme du deuxième cycle, voir du premier cycle, afin de préparer, pour le troisième cycle, quelques dizaines d'étudiants qui cadrent bien avec nos besoins. Ces étudiants sont sélectionnés parmi de nombreux candidats. Ne peut-on arriver dans les nombreux dossiers qui nous parviennent à sélectionner les étudiants capables d'obtenir leur DEA et de poursuivre honorablement en thèse ?

#### Réponse de C. BOCQUILLON

Je ne partage pas ce point de vue. Certes, on ne recrute que de bons candidats, (du moins je l'espère) mais qui arrivent de plusieurs origines. Le problème est qu'il peut y en avoir un avec une mention Bien à la maîtrise de géologie, qui ne connaîtra pas d'informatique, puis un autre qui va avoir une maîtrise de chimie et ne connaîtra pas un mot de géologie. La difficulté vient de l'hétérogénéité et non de la qualité.

#### **E - Dialogue**

*Question de G. PEDRO* : sur le nombre de candidats que vous avez en hydrologie, vous en prenez la quantité qui vous est imposée par le Ministère. Mais ceux que vous laissez, sont-ils bons ou non ?

#### Réponse de C. BOCQUILLON

Non...A ce niveau, il y a pénurie de bons candidats.

## F - Intervention de M. DESBORDES

Je pense que la formation "idéale" pour faire un DEA d'hydrologie correspond très bien à celle que nous donnons aux étudiants du département des Sciences de l'Eau de l'ISIM.

Le problème est que parmi les meilleurs étudiants de cette discipline, (qui font l'ingénierat en troisième année), une très faible quantité choisit le DEA. On doit s'interroger sur les raisons pour lesquelles un élève-ingénieur en troisième année, qui a la possibilité, en plus, de suivre simultanément (pour 20 % de la promotion), le DEA d'Hydrologie, et la troisième année d'ISIM ne le fait pas, pourquoi il préfère aller ailleurs.? Autrement dit il y a aussi un problème de finalité du DEA.

### Réponse de C. BOCQUILLON

Je pense très simplement que les étudiants qui sont venus dans une école d'ingénieurs, ont envie d'être "Ingénieurs". DE MARSILY l'a expliqué tout à l'heure : l'ingénieur a une envie d'action et le chercheur a une envie de recherche. Celui qui a envie de chercher va rarement dans une école d'ingénieurs. Ceux qui font une école d'ingénieurs ont envie de travailler dans un domaine appliqué.

## IV - LES FORMATIONS EUROPEENNES

### A - Intervention de A. VAN DER BECKEN

Dans le cadre des formations doctorales, il existe une troisième voie entre le chaos et le dirigisme : c'est le libre choix. Le libre choix est extrêmement important pour chaque chercheur et les doctorats sont le chemin du libre choix. C'est là où un chercheur, un scientifique, pour la première fois, peut être, vraiment libre.

En ce qui concerne l'issue européenne, je voudrais préciser à nouveau que les programmes ERASMUS et TEMPUS concernent les études doctorales. Tout étudiant enregistré comme tel, étudiant ou chercheur poursuivant des études qui mènent à un doctorat, peut participer à ces programmes. Je crois qu'il serait relativement facile (j'insiste sur le mot relativement), plus facile en tous cas que pour le deuxième cycle, d'établir un *diplôme européen*. Cela nous aiderait à définir, de manière claire et peut-être définitive, la place exacte de l'hydrologie au sein des Sciences en général.

Il faudrait définir quelles seraient les conditions nécessaires pour arriver à un diplôme européen au niveau doctoral.

J'ai dit précédemment qu'il y avait aussi une possibilité d'utiliser un programme qui s'appelle SCIENCE pour la mobilité des chercheurs, plutôt au niveau post-doctoral. Ce programme ne prévoit pas seulement le financement nécessaire pour la mobilité des étudiants, mais aussi des subsides pour l'équipement et les dépenses de recherche. Selon moi, il est extrêmement important que la communauté hydrologique adhère à ce programme.

### **B - Intervention de Ph. BOIS**

A la question, "l'Europe est elle une issue ?", ma réponse est "oui" et je n'en vois pas beaucoup d'autres. Dans le système français qui est très figé, que ce soit celui de l'université ou des écoles d'ingénieurs, le DEA dure une année. Nous avons tous constaté que les élèves se présentaient avec de grosses lacunes. Le temps consacré à l'enseignement dans un DEA étant limité à 200h, il est impossible de compléter ces lacunes de manière valable. Alors, je me demande si une solution ne serait pas, mais à l'échelle de l'Europe, de faire une formation qui aurait lieu tous les deux ans, dont une année d'enseignement avec différents modules qui pourraient se faire en différents endroits, liés à la recherche. Et je crois qu'on aurait aussi besoin de cela dans le domaine opérationnel (bien que cela existe déjà à Lausanne). Car le système français ne permettra pas une modification significative du DEA actuel. Je crois que la seule solution est à l'échelle de l'Europe.

### **C - Intervention de A. MUSY**

Je voudrais peut-être apporter un autre éclairage à ce que vient de dire le Pr. VAN DER BECKEN concernant le diplôme au niveau doctoral ou le diplôme européen. Personnellement je ne suis pas convaincu qu'à ce niveau là on doit s'uniformiser et avoir un diplôme de doctorat au niveau européen. Un doctorat est un enseignement spécialisé, plus une recherche. Alors autant laisser à l'institution, la responsabilité de la recherche axée par une certaine "spécialité". Par contre, je suis personnellement convaincu que l'on pourrait s'arranger au niveau européen à l'échelle intermédiaire, c'est-à-dire de type DEA français, de type maîtrise canadienne ou bien un certificat de spécialisation en Suisse. A ce niveau là je pense que là on a beaucoup à travailler ensemble, pour contrecarrer les barrières administratives internes de nos pays, quelles qu'elles soient. Je pense



qu'il y a un gros effort à faire dans cette direction et je crois que tout le monde serait gagnant.

Enfin un commentaire sur les propos de M. DESBORDES qui semblait regretter que les ingénieurs sortant de l'ISIM soient rarement attirés par le DEA National d'Hydrologie. Je pense que c'est très bien ainsi car je ne recommanderai jamais à mes étudiants qui me voient pendant trois ans de suite, de rester encore avec moi pendant deux ans en DEA. Je leur dis "allez à l'étranger" et moi je suis prêt à accepter des étrangers chez moi. Pour cela, il faut qu'il y ait une "carotte" et cette carotte c'est le diplôme universitaire européen. C'est dans ce sens que je veux oeuvrer et trouver des partenaires, français ou autres.

#### **D - Intervention de B. POUYAUD**

Je fais partie de ceux qui regrettent que l'on ait écarté les Instituts de recherche de la formation, bien que l'on continue de parler de "formation par la recherche". Je considère la disparition des élèves "ORSTOM" comme une régression globale du système. Même si il est agréable d'être conduit à se rapprocher des Laboratoires universitaires de Montpellier ou de Paris pour pouvoir continuer à participer à la formation des chercheurs, ce ne serait pas plus mal si un institut de recherche comme l'ORSTOM (ou comme le CNRS ou le CEMAGREF) pouvait être un membre de premier plan, et pas seulement un laboratoire associé à un DEA ou à une formation doctorale.

Si la France, en l'occurrence le Ministère de l'Education Nationale, continue à interdire aux grands instituts de recherche de participer officiellement aux formations doctorales et si, par contre, on trouve un système européen qui nous permet de le faire, je suis très favorable à cette idée.

#### **V - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS**

Le président de séance ouvre un débat de synthèse de cette journée, débat au cours duquel de nombreux intervenants prennent la parole, dont MM. AMBROISE, BLAVOUX, FONTES, GIODA, JACCON, THIRRIOT (en plus des intervenants déjà cités).

Les conclusions et recommandations à l'issue de ce débat peuvent être résumées ainsi :

#### a) contour de l'hydrologie ?

Un large consensus s'est dégagé pour réaffirmer que :

*"l'hydrologie est la Science du cycle des eaux continentales, sous tous ses aspects quantitatifs, qualitatifs, physiques, chimiques et biologiques, en accord avec la définition de l'AISH"*

Cette définition implique des connaissances pluridisciplinaires.

#### b) que faut-il enseigner ?

- nécessité d'un enseignement spécifique, bien ciblé au niveau du DEA, les connaissances de bases étant supposées acquises;
- urgente nécessité d'un Manuel d'Hydrologie en langue française

#### c) quelle est la bonne formation de base ?

- constat préalable : il existe une très forte hétérogénéité des connaissances de base entre les étudiants de troisième cycle, suivant le second cycle dont ils sont issus : il n'existe pas de formation antérieure au DEA qui permette d'acquérir le profil souhaitable : formation à l'observation par le biais des sciences de la nature, avec une compétence suffisante en mathématiques, physique, chimie et biologie.

- recommandation : nécessité de restructuration des cycles avant le troisième cycle.

#### d) harmonisation des différentes formations de troisième cycle

- nécessité de créer un RESEAU afin d'institutionnaliser le dialogue entre les responsables de formation.

#### e) le cadre européen

- les formations doctorales (enseignement spécialisé + recherche) doivent conserver leur spécificité mais il faut travailler à la mise en place d'une véritable formation européenne en hydrologie.

## **DEUXIEME JOURNEE**

**QUELLE FORMATION EN HYDROLOGIE OPERATIONNELLE ?**



## CHAPITRE V

## LA FORMATION EN HYDROLOGIE OPERATIONNELLE

## ATELIER 4 : FORMATION DES INGENIEURS

Animateur : Michel DESBORDES,  
Professeur de l'Université de Montpellier II  
Responsable du Département des Sciences et Technologies de l'Eau  
Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier (ISIM)

## 1 - EXPOSE INTRODUCTIF de M. DESBORDES

La formation des ingénieurs (diplôme délivré avec un niveau minimal de cinq années d'études après le baccalauréat par des établissements habilités et reconnus par la Commission du Titre).

## A- Quelle hydrologie opérationnelle ?

Dans les milieux scientifiques et techniques, la définition de l'hydrologie fait encore l'objet de discussions souvent animées (voir le débat lors de la table ronde de la première journée). Avant de donner un aperçu des formations en "hydrologie opérationnelle" dans les écoles françaises d'ingénieurs, il est nécessaire de définir le contenu de cette discipline.

Déjà, le terme d'Hydrologie peut prêter à confusion. Rappelons que dans la classification des disciplines scientifiques du Conseil Supérieur des Universités, l'Hydrologie a pu apparaître (1972) au titre de disciplines relevant de la Pharmacie... Elle était alors entendue comme science traitant des caractéristiques et propriétés des eaux et en particulier de leurs vertus thérapeutiques...

Au demeurant, un certain consensus semble s'être dégagé aujourd'hui par admettre que l'Hydrologie soit la science de "l'hydrosphère", ou partie liquide de la terre. Mais il y a là, encore, matière à ambiguïté : ne doit-on traiter que des eaux à la surface et dans les couches superficielles de notre planète (on parlait alors "d'hydrographie" il y a quelques dizaines d'années) ou bien doit-on y

adjoindre les eaux présentes dans l'atmosphère de cette dernière ? Dans ce dernier cas l'Hydrologie apparaît comme la science traitant du "cycle de l'eau". C'est d'ailleurs la définition majoritairement admise pour l'instant.

Dès lors l'étendue du champ des phénomènes à étudier ne peut être que de nature à rebuter tout scientifique ou technicien, forgé à l'école de la sectorialisation des sciences et des techniques. Qui trop embrasse mal étreint"... Aussi l'Hydrologie a-t-elle donnée naissance à une foule de sous-disciplines traitant d'une "composante" du cycle de l'eau : Météorologie, Hydrologie marine, Hydrographie continentale, Hydrogéologie, etc.

Plus encore, les querelles épistémologiques entre les adeptes des sciences "dures" et "molles" des "sciences exactes" et des "sciences naturelles", ont-elles contribué à démultiplier le nombre de sous-disciplines ; les uns parlant ainsi "d'hydraulique fluviale" ou "d'hydraulique souterraine", les autres de "potamologie" ou "d'hydrogéologie". Ces chuchotements de chapelle continueront, sans doute, longtemps d'animer les discussions de "labos" (au moins ne pourra-t-on point dire grâce à elles, "l'ennui naquit, un jour, de ... l'Université" !).

Le vaste champ des phénomènes à étudier s'étend d'ailleurs plus encore, dès l'instant que l'on s'intéresse non seulement aux processus physiques des composantes du cycle de l'eau, mais aussi aux processus chimiques et biologiques de ces composantes. Il semblerait, d'ailleurs que ces derniers processus soient désormais compris dans la définition internationale de l'Hydrologie. Ainsi, d'après une traduction du Professeur Claude BOCQUILLON (1989), reprise par Pierre DUBREUIL dans son "rapport d'évaluation du potentiel français en Hydrologie" (1990), les statuts de l'Association Internationale des Sciences Hydrologiques proposent-ils la définition suivante :

- "l'étude du cycle hydrologique dans sa partie relative aux terres émergées et aux eaux des continents, des processus physiques, chimiques et biologiques les concernant, de leur rapport avec le climat et avec les autres facteurs physiques et géographiques et des interrelations entre eaux de surface et eaux souterraines ;

- l'étude de la neige et de la glace dans tous leurs aspects physiques et géographiques ;

- l'étude de l'érosion et de la sédimentation ;

-- les recherches relatives à l'établissement de modèles physiques et mathématiques représentant les systèmes hydrologiques concernant eaux de surface et souterraines ;

-- l'examen des aspects hydrologiques de l'utilisation des ressources en eau, de leur management et des modifications affectant ces ressources sous l'influence de l'homme...

Dans son rapport, Pierre DUBREUIL rappelle, en outre, deux autres définitions plus intéressantes pour notre propos. Il parle ainsi "d'ingénierie hydrologique" entendu comme "l'emploi des connaissances hydrologiques en Génie Civil, lors de l'élaboration d'un projet d'aménagement ou de gestion des eaux" et rappelle également la définition de "l'Hydrologie Opérationnelle" donnée en 1971 par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) "activités relatives au développement des réseaux hydrologiques, à l'amélioration du système de collecte et de traitement des données, à la normalisation des instruments et des méthodes d'observation, à la fourniture de données hydrologiques à des fins de projet, et au développement des services de prévision hydrologique".

Il nous semble cependant que la définition de l'OMM est beaucoup trop étroite pour caractériser l'objet de notre propos. Elle fait essentiellement référence à la mesure des variables hydrologiques et non à l'usage de ces mesures. En d'autre temps on aurait parlé "d'Hydrométrie" (au sens large...). Il s'agit d'ailleurs d'un sujet particulièrement important tant il est vrai que l'Hydrologie, quels que soient les "concepts" que l'on puisse formuler à l'égard de son contenu, ne saurait être, et pour longtemps encore, autre chose qu'une science expérimentale au sens noble du terme. Au risque de déplaire, nous osons prétendre qu'un hydrologue doit d'abord savoir observer, avec beaucoup de persévérance et d'objectivité.

L'importance de "l'Hydrométrie" n'a d'ailleurs pas échappé aux organisateurs de ces Septièmes Journées Hydrologiques de Montpellier puisqu'un autre atelier "Formation des Hydroniciens" lui est consacré. L'Hydrométrie s'y cache, en effet, sous le nom "d'Hydronique", contraction probable "d'Hydrométrie électronique", illustrant l'escalade technologique des vingt dernières années en matière de collecte et d'archivage de la mesure (même si pour l'essentiel, les capteurs n'ont pas connu un tel niveau d'innovation...)

Finalement, nous proposons d'entendre par "Hydrologie Opérationnelle" l'Ingénierie Hydrologique c'est-à-dire :

*"l'emploi des connaissances hydrologiques, issues théoriquement de la recherche, dans les métiers et les techniques, sans les restreindre au seul Génie Civil, dont les réalisations ne se sont essentiellement appuyées jusqu'ici, que sur les connaissances relatives aux processus physiques des composantes du cycle de l'eau. En outre, l'Ingénierie Hydrologique suppose, à notre avis, un minimum de connaissances en Hydrométrie".*

Si "l'environnement" peut être défini selon le dictionnaire comme "l'ensemble des éléments naturels et artificiels qui constituent le cadre de vie d'un individu" il nous semble évident que l'Hydrologie Opérationnelle puisse être considérée comme une science de l'Environnement. Il n'est donc point étonnant qu'elle soit de plus en plus fréquemment enseignée dans les pays anglo-saxons, dans les Départements de "Génie ou de Sciences de l'Environnement" après l'avoir été surtout dans les Départements de Génie Civil voire de Géophysique.

Cette longue dissertation relative au contenu supposé de l'Hydrologie Opérationnelle n'avait d'autre but que de montrer qu'il pouvait encore exister des interrogations quant à ce contenu. "Ce qui se conçoit bien s'énonce clairement", nous ajouterons "et peut être enseigné". Dans ces conditions et avant même que de rapporter sur la formation à l'Hydrologie Opérationnelle dans les Ecoles françaises d'Ingénieurs nous pouvons aller déjà aux conclusions de ce rapport : il n'existe pas encore de véritable formation à cette discipline. Les débats de la table ronde correspondante permettront, peut être, de se faire une opinion sur la nécessité de création d'une telle formation et sur son contenu.

## **B - L'Hydrologie opérationnelle dans les écoles d'ingénieurs en France**

### **1). Catalogue sommaire**

Ce catalogue résulte d'une enquête effectuée auprès des différentes écoles d'ingénieurs françaises; des informations sont apportées sur des formations d'ingénieurs hors de France (EIER, AGRHYMET en Afrique, EPFL en Suisse) après un exposé général. Cette enquête est assez superficielle dans la mesure où elle repose simplement sur le contenu des grands chapitres du programme des cours mais elle donne une BONNE idée du volume horaire d'hydrologie dans les



17 écoles concernées dont le tableau 1 donne la liste. L'ordre de classement est à l'inverse du nombre d'heures consacrées à l'hydrologie.

TABLEAU 1

ECOLE	Nombre d'étudiants	Nombre d'heures d'hydrologie	Observations
ENSHMG		250	hydrologie physique
ISIM	40-10	150-210	TC+option+400h hydro., chimie, biologie
ENGREF		80-100	option "Maîtrise eau-développement"
ENSG	15-20	60-80	option "Aménagement des eaux"
ENTPE	10	80	aménagement
ENSEEIH	20	50-60	hydro. physique" +morphologie fluviale
ENPC		35-50	aménagement rural et urbain
ENSAM	15-20	50	bioclimatologie, agroclimatologie
ENITRTS	50-55	30	hydrologie physique
ENSPM		30	hydrogéologie - écologie
ENM		30	météorologie, précipitations
INSA	10-15	20	hydrologie urbaine
EUDIL	10	20	
EMSE	10	10-20	simulation des aménagements

*a) Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble ENSHMG*

L'expérience de l'ENSHMG sera présentée par notre collègue le Professeur BOIS aussi ne donnerons nous qu'une vue rapide des enseignements en Hydrologie à l'ENSHMG.

Ces derniers sont présents dès la seconde année au sein de deux filières de l'option Hydraulique.

Génie Hydraulique des ouvrages (GHO) Hydrologie des apports et des crues 30 h. Ecoulements souterrains 20 h.

Ressources en eau et aménagement (REA) : Météo et hydrométrie 20 h ; traitement des données hydrologiques 30 h ; hydrogéologie et transport solide 30h ; hydrologie de surface 30 h, écoulements souterrains 20 h.

Dans la filière REA, les enseignements sont également complétés en 3ème année par des cours spécialisés : prévision hydrologique 21 h ; nappes souterraines 20 h ; hydrologie de la zone non saturée 20 h ; modélisation stochastique 25 h ; hydrologie pour la gestion et la conception des aménagements 24 h ; modélisation conceptuelle en hydrologie 24 h. Ainsi les élèves-ingénieurs de l'option REA reçoivent-ils de l'ordre de 250 heures d'enseignement en hydrologie.

### *b) Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier - ISIM*

Le Département Sciences et Technologie de l'Eau de l'ISIM dispense une formation d'ingénieur généraliste dans le domaine, sans équivalence en France. En effet, l'enseignement s'appuie sur une approche transdisciplinaire couvrant l'essentiel des aspects physiques, chimiques et biologiques des systèmes hydriques naturels et industriels.

Les enseignements relevant plus particulièrement de l'hydrologie "classique" représentent (voir tableau 2) :

- de l'ordre de 150 heures en tronc commun (40 à 45 étudiants), dont hydrométrie (12h), hydrologie de surface (95h), hydrologie urbaine (20h), hydrogéologie (15h)
- 60h en option hydrologie de 3ème année (de l'ordre de 10 étudiants) : hydrologie stochastique et modélisation

Relevant du concept d'hydrologie opérationnelle s'ajoutent, en tronc commun, environ 400 heures durant les 3 années : hydrobiologie des eaux continentales, microbiologie des eaux, géologie et physico-chimie des eaux souterraines, chimie des solutions, pollutions et contrôle des systèmes hydriques, eau et santé, télédétection, etc.

Tableau 2

**ISIM - Département des Sciences et techniques de l'Eau**

**Admission** : DEUG A - DEUG B et DUT (environ 1/3 de chaque origine + quelques étudiants en provenance des classes préparatoires aux écoles (Maths Sup)

HYDROLOGIE "CLASSIQUE"		HYDROLOGIE. et DISCIPLINES "UTILES"	
<i>1ère année TC : 475h</i>		(40/45 étudiants)	
hydrologie et hydrométrie	40h	statistiques	75h
		programmation	65h
		chimie des solutions	160h
		écologie	25h
		pollution des eaux	20h
		microbiologie des eaux	20h
		géologie	70h
total :	40h	total :	435h
<i>2ème année TC : 455h</i>			
hydrologie (BV)	65h	programmation	30h
hydrogéologie	20h	hydrogéologie	50h
hydrologie urbaine	20h	contrôle des eaux	50h
		hydrobiologie	160h
		microbiologie des eaux	60h
total :	105h	total :	350h
<i>3ème année TC : 175h</i>		(8 à 15 étudiants)	
hydrologie stochastique	30h	écotoxicologie	35h
modèles hydrologiques	30h	géophys./géochem. eaux	30h
régime trans. surface libre	30h	télé-détection	20h
total :	90h	total :	85h

*c) Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts ENGREF (Paris Montpellier)*

En première année (séquence "parisienne"), en dehors des enseignements du tronc commun d'hydraulique dans lesquels on retrouve certains aspects de l'hydrologie opérationnelle (hydraulique souterraine et hydraulique Fluviale environ 15 h), l'hydrologie opérationnelle apparaît dans l'option "Hydrologie et Aménagement des rivières". L'hydrologie "classique" (de l'ordre de 17 h) est centrée essentiellement sur les méthodes d'estimation des crues et sur les apports des bassins versants ruraux. L'aménagement des rivières et l'hydroécologie traite en 20 heures environ de la globalité des problèmes physiques (dynamique fluviale et transports solides et biologiques rencontrés dans l'aménagement des cours d'eau.

En seconde année (année d'approfondissement) l'hydrologie opérationnelle est abordée au sein de l'option "Maîtrise de l'Eau et Développement" (Montpellier 10/15 étudiants). Les enseignements d'une durée de 4 à 5 semaines portent sur l'hydrométrie et les techniques d'analyse des données hydrologiques (30 h) et sur l'hydrologie quantitative classique (cycle de l'eau et modélisation) (50 h). Ils sont également complétés par 40 heures d'applications diverses (calcul d'une micro-centrale, visites de terrain, utilisation du logiciel Statgraphics).

*d) Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy ENSG*

L'ENSG est orientée vers les domaines essentiellement liés à l'exploration, l'exploitation, la valorisation et la gestion du sol et du sous-sol. Durant les deux premières années de tronc commun les élèves (50 à 60) reçoivent une formation scientifique et technique généraliste (que l'on serait tenté de dire "classique"). Durant cette période quelques dizaines d'heures d'enseignement sont consacrées aux Sciences de l'Eau : hydraulique 25 h; hydrogéologie et hydrologie 30 h; hydrodynamique souterraine 25 h.

L'originalité de la formation apparaît surtout dans une troisième année "à la carte". Les étudiants doivent en effet, choisir deux options (110 h) sur huit, complétées par trois modules (36 h) choisis parmi 12. Deux options, suivies par 15 à 20 étudiants, sont en relation avec l'hydrologie opérationnelle.

Il s'agit des options :

- aménagement des eaux : aménagement des eaux souterraines; traitements des données hydroclimatiques; réseaux d'eau et d'assainissement; chimie des eaux naturelles; traitement des effluents urbains et industriels; gestion des eaux.

- génie de l'environnement : comportement physico-chimique et biologique des milieux récepteurs; impacts anthropiques sur les milieux récepteurs; gestion et réhabilitation; risques naturels et industriels; réglementation.

D'après Monsieur DEMASSIEUX, Responsable de ces deux options, le maintien de l'option Génie de l'Environnement est en question, l'ampleur des sujets traités ne pouvant conduire, en une centaine d'heures, qu'à un enseignement de type informatif.

#### *e) Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat ENTPE (Lyon)*

En dehors de quelques enseignements réduits d'hydraulique et d'aménagement des eaux dispensés en première année, l'ENTPE propose, en 3ème année, une suite d'approfondissement "Environnement-Hydraulique" (de l'ordre de 10 étudiants) dans lequel apparaissent un certain nombre de modules relevant de l'hydrologie opérationnelle.

En tronc commun :

- hydrologie environ 40 h.
- l'eau dans la ville environ 5 à 10 h d'hydrologie
- gestion de l'environnement.

Au tronc commun sont adjointes deux filières optionnelles principales :

- assainissement (120 h) dans lequel une dizaine d'heures concernent l'hydrologie
- aménagement des ressources en eau : hydraulique fluviale, hydraulique souterraine, aménagement des cours d'eau et plans d'eau.

Au total, on peut estimer à 80 heures environ, l'enseignement d'hydrologie opérationnelle à l'ENTPE.

*f) Ecole Nationale Supérieure d'Electronique, d'Electrotechnique d'Hydraulique et d'Informatique de Toulouse ENSEEIHT*

Les enseignements en relation avec l'hydrologie opérationnelle ont principalement lieu en troisième année de l'option Sciences de l'eau (de l'ordre de 20 étudiants). Des cours d'hydrologie "classique" : hydrologie statistique (20 h) et modélisation hydrologique (20 h) sont également dispensés.

- hydrologie urbaine (6 h)
- transport solide et morphologie fluviale (30 h).

*g) Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ENPC (Paris)*

L'objectif des cours d'hydrologie est d'initier les élèves aux aspects opérationnels de la maîtrise du cycle de l'eau.

Deux enseignements sont développés : *hydrologie de surface* au sens classique (33 h) considérée comme un "domaine concret d'application de la statistique, de la théorie de la décision et de la recherche opérationnelle" (réseaux de mesures; modèles de simulation; simulation gestion et programmation des équipements, prévision et gestion; influence des aménagements) et *hydrologie urbaine* représentant aussi un volume de 33 h dont une dizaine relève plus particulièrement du concept d'hydrologie opérationnelle (pluies-ruisellement en milieu urbain, gestion des systèmes d'assainissement urbain; pollution des eaux pluviales).

*h) Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier ENSAM*

Comme l'ENGREF et l'ENITRS, l'ENSAM est placée sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture. Les enseignements relatifs à l'eau concernent essentiellement la bioclimatologie et le Génie Rural. Il n'existe pas d'enseignement d'hydrologie opérationnelle sensu stricto, mais un certain nombre de matières relèvent cependant de ce concept.

En 1ère année (100 étudiants), le tronc commun comprend :

- 20h sur la maîtrise de l'eau et du bioclimat : bioclimatologie, relations eau sol plantes, accidents climatiques
- 30h de génie rural : écoulement dans les sols, irrigation-drainage
- 90h d'agronomie, dont une vingtaine d'heures pour les besoins en eau des plantes, la conduite des irrigations, les sécheresses et la culture en climat aride.

***i) Ecole Nationale des Ingénieurs des Travaux Ruraux et des Techniques Sanitaires - ENITRTS (Strasbourg)***

L'enseignement réalisé en première année (50 à 55 étudiants) sur 30h concerne l'hydrologie quantitative classique. Les premiers cours insistent sur les aspects scientifiques des phénomènes mis en jeu dans le cycle de l'eau; puis sont abordés les aspects spécifiques de l'hydrologie appliquée ou opérationnelle. L'enseignement se termine par une sensibilisation aux aspects de gestion et une ouverture vers les problèmes d'actualité (dialectique ressources/risques).

***j) Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris ENSMP***

Pour l'essentiel, les enseignements relatifs à l'eau, apparaissent dans deux cours:

- hydrogéologie (25 h) : écoulements dans les milieux poreux, phénomènes de transport (polluants, chaleur, relations avec les eaux superficielles.
- écologie (225 h) : illustration à l'aide d'exemples des impacts d'aménagements hydrauliques ou de pollutions industrielles sur les systèmes aquatiques. Cet enseignement est complété par un stage de trois jours d'étude de divers écosystèmes aquatiques.

***k) Ecole Nationale de la Météorologie ENM Toulouse***

Les enseignements sont intégrés au sein d'une semaine "d'hydrologie avancée" (30h) et concernent essentiellement, compte tenu de la vocation de l'Ecole, l'analyse et le traitement des données pluviométriques.

En 2ème année, une unité d'approfondissement portait sur le thème "Ressources-Mobilisation-Utilisation de l'Eau", environ 100 heures pour 20 étudiants. Cette unité relevant typiquement de l'hydrologie opérationnelle (à plus de 50 %) a été supprimée mais pourrait être réactivée prochainement.

En 3ème année, existe une option "Génie Agronomique" (commune au DAA) (10/15 étudiants). Tronc commun de 140 heures dont 60 heures se rattachent aux sciences de l'eau et un peu moins à l'hydrologie : agrométéorologie et agroclimatologie, hydrologie des sols, fonctionnement des couverts végétaux, actions anthropiques... Une option de 120 h "Eau, Sol, Aménagement" dans

laquelle également 60 h environ sont relatives aux sciences de l'eau et une dizaine à l'hydrologie.

### *l) Institut National des Sciences Appliquées de Lyon INSA*

Le département "Génie Civil et l'Urbanisme" de l'INSA propose en dernière année une option "Aménagement" (choisie par environ 30 étudiants). Cette option compte en particulier un module "Infrastructures primaires" (choisi par 10 à 15 étudiants) de 50 heures qui traite d'hydrologie en milieu urbain (environ 20 heures) : pluie, ruissellement, simulation des systèmes d'assainissement.

### *m) Ecole Universitaire d'Ingénieurs de Lille - EUDIL*

Les enseignements relèvent du Département "Génie Civil" et concernent principalement l'hydrologie urbaine et la réalisation des ouvrages d'assainissement urbain. En seconde année, le volume horaire est de 60 heures (+visites techniques) avec 40 étudiants et de 40 heures en 3ème année (un module 6 à 8 étudiants). En réalité les éléments purement hydrologiques de ces enseignements restent modestes, l'essentiel étant consacré à la conception des ouvrages.

### *n) Ecole des Mines de Saint-Etienne - EMSE*

L'enseignement à l'EMSE vise à donner aux élèves-ingénieurs un panorama aussi complet que possible des divers problèmes techniques et socio-économiques rencontrés lors de l'élaboration de projets. Cette approche est, en particulier, mise en pratique par l'usage de "simulateurs pédagogiques" utilisant l'informatique et les bases des systèmes experts ("didacticiels").

Le cycle de l'eau sert ainsi de support à un tel enseignement dans l'option "Aménagement" en 3ème année (10 élèves). Les élèves-ingénieurs se familiarisent avec la complexité des projets d'Aménagement des eaux en manipulant le didacticiel MISE. Sur les quelques 120 heures d'enseignement quelques dizaine d'heures seulement se rapportent aux connaissances de base de l'hydrologie opérationnelle.



Enfin , pour mémoire, nous citerons *l'ECP - Ecole Centrale de Paris* - qui est l'une des plus prestigieuses écoles françaises d'ingénieurs "généralistes". Les formations délivrées y ont toujours été empreintes d'une certaine originalité. Ainsi l'enseignement de l'Hydrologie relève-t-il d'une option très particulière du Département de Chimie et de Gestion des Ressources Naturelles. Cette option porte le nom "d'Ecole Nationale du Génie Rural et des Eaux et Forêts". Les étudiants, en fin de seconde année de Centrale, peuvent ainsi choisir de faire deux années à l'ENGREF. A l'issue de leur quatre années d'étude, les étudiants sont titulaires des diplômes de l'ECP et de l'ENGREF.

### C-. Bilan

Du catalogue sommaire précédent, il ressort que la formation à l'hydrologie opérationnelle dans les écoles françaises d'ingénieurs reste, à quelques exceptions près, relativement limitée.

A l'exception de deux écoles un peu spécialisées comme l'ENSHMG et l'ISIM qui délivrent plus de 200 heures d'enseignement d'hydrologie classique, avec pour la seconde de l'ordre de 400 heures supplémentaires sur des matières relevant du concept de l'hydrologie opérationnelle au sens de l'AIHS, toutes les autres écoles font de l'hydrologie opérationnelle à dose homéopathique. Ceci montre bien que, cela a déjà été souligné dans la table ronde consacrée à la recherche en hydrologie, la spécialisation en hydrologie se fait le plus souvent après la sortie de l'école.

On remarque en étudiant les programmes de ces écoles, une très grande diversité dans la manière dont l'hydrologie est enseignée : certaines écoles procèdent d'une approche relativement classique avec cours magistraux et enseignements pratiques (ce sont celles qui consacrent le plus d'heures à cette matière), d'autres, généralement celles relevant de l'administration sont beaucoup plus tournées vers des problèmes concrets et travaillent essentiellement sur l'utilisation de progiciels ou d'outils que les ingénieurs auront à utiliser dans leurs travaux. L'exemple de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne qui utilise un didacticiel spécifique pour l'apprentissage de l'hydrologie est tout à fait intéressant.

Le bilan est relativement pauvre. On peut estimer que chaque année une centaine d'ingénieurs reçoivent une formation d'hydrologie qui dépasse une

trentaine d'heures, formation insérée dans la majeure partie des cas pour donner des ingénieurs directement "opérationnels en hydrologie" à leur sortie de l'école.

## **2 - EXPOSE du Professeur HIRATA ICHIKAWA**

Département du Génie Civil de l'université de Tokyo  
(traduction résumée de l'exposé effectué en langue anglaise)

### **A- L'hydrologie au JAPON**

1.1 Définition de l'AIHS généralement admise : l'hydrologie intègre tous les aspects du cycle terrestre de l'eau.

1.2 Mais historiquement l'hydrologie a été très fortement marquée par l'agriculture qui est concentrée sur la culture du riz d'où une hydrologie opérationnelle développée par "spécialités" : hydrologie agricole, hydrologie forestière, hydrologie urbaine (figure 1).

1.3 Depuis environ deux ans, création de l'Association d'Hydrologie et de Ressources en Eau pour rapprocher les différents spécialistes, jusqu'alors très indépendants.

### **B- La Formation en Hydrologie au JAPON**

2.1 Essentiellement axée sur celle des ingénieurs civils. Les Universités comprennent plusieurs départements, parmi lesquels existe toujours une division de l'eau qui regroupe les secteurs de l'hydrologie et de l'hydraulique (avec quelquefois les aspects Gestion de la Ressource, traitement des eaux usées,...).

2.2 Chaque division comprend une équipe d'enseignants de 5 à 6 personnes placée sous la direction d'un Professeur. Cette équipe encadre :

- de 5 à 10 étudiants de premier cycle
- de 5 à 10 étudiants de second cycle (niveau équivalent au DE) dont la durée est de deux ans
- de 1 à 3 thésards (durée de la thèse trois ans)

L'effectif total d'une Division de l'Eau est de 25 à 30 personnes, étudiants compris.

## C- Débouchés

Le marché semble assez saturé actuellement et tous les étudiants formés dans les divisions de l'eau ne trouvent pas d'emploi en hydrologie que ce soit dans les institutions gouvernementales centrales ou régionales ou dans les bureaux d'études spécialisés.

### 3 - EXPOSE de B. DIENG

Professeur à l'EIER de Ouagadougou

#### A- Présentation de l'Ecole

L'Ecole InterEtats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural (EIER) est un établissement d'enseignement supérieur à vocation régionale. Elle a été créée en 1968 par une décision commune de 13 Etats d'Afrique francophones de l'Ouest et du Centre (Bénin, Burkina-Faso, Cameroun, Centrafrique, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal, Tchad, Togo). Un quatorzième état (Guinée) est venu s'ajouter à ce premier groupe.

L'objectif principal de l'EIER est de former des ingénieurs aptes à promouvoir, à mettre en oeuvre et à gérer les infrastructures nécessaires à la mise en valeur et à l'équipement du monde rural.

Pour parvenir à cet objectif, l'EIER a progressivement mis au point 4 filières de formation :

- la formation initiale d'ingénieurs ( 3 ans), commencée depuis 1968 qui a déjà diplômé 410 ingénieurs.
- la formation post-universitaire (1 an) a commencé en 1981 et a formé près de 250 ingénieurs spécialisés dans les domaines suivants : génie sanitaire, hydraulique agricole, mobilisation des ressources en eau et en énergie pour le développement rural.
- la formation continue sous forme de stage de 4 à 8 semaines : elle a commencé depuis 1974 avec quelques sessions organisés isolément et est devenue permanente depuis 1984. La formation continue est organisée conjointement avec le Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH).

- la formation à et par la recherche et l'ingénierie : les activités de recherche et d'ingénierie ont toujours existé à l'EIER mais à partir de 1987 elles sont devenues plus structurées et plus formelles.

Pour bien assurer et gérer ces différentes activités de formation, de recherche et d'ingénierie, l'EIER est organisée en 6 départements : mathématique et informatique, génie civil, génie sanitaire, mobilisation des ressources en eau, hydraulique agricole, aménagement et économie,

Elle fait également appel à la collaboration d'Universités et Instituts expérimentés; c'est ainsi qu'elle reçoit le concours de professeurs des Universités de Ouagadougou et de Niamey, des ingénieurs du Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques CIEH, de l'ENGREF, de l'ENITRITS et du CEMAGREF, de l'Ecole des Mines de Paris, de l'EPFL (Lausanne) et d'instituts français de recherche comme l'INRA et l'ORSTOM.

## **B- La Formation Initiale :**

Elle constitue la première et la principale activité de l'EIER (43 % du budget).

### **1) Conditions de recrutement :**

Le recrutement se fait essentiellement par concours et exceptionnellement sur titres.

Un concours direct, qui s'adresse aux étudiants (âgés de 26 au plus) ayant obtenu le diplôme d'études universitaires générales (DEUG 2) en mathématiques et physique ou physique et chimie, est organisé chaque année dans chacun des 14 états membres.

Parallèlement est aussi organisé un concours professionnel à l'intention des techniciens supérieurs ayant déjà au moins deux années d'expérience professionnelle dans le domaine de l'équipement rural. Le nombre de candidats recrutés par concours professionnel est limité au plus à 15 % de l'effectif de chaque promotion. L'admission directe des candidats titulaires d'un DEUG A en première année, ou d'une maîtrise avec mention en seconde année, n'est possible que dans la limite des places disponibles après le recrutement par concours.

### **2) Organisation des études :**

Les études se déroulent en trois années.

- en première année : la formation scientifique et technique est consolidée et complétée
- en deuxième année est dispensée une formation sur les techniques de l'équipement rural
- en troisième année la formation permet de développer l'aptitude des élèves à la mise en oeuvre des techniques de l'équipement rural par l'intermédiaire de nombreux projets.

Un mémoire de fin d'étude (travail personnel de chaque élève) permet à l'élève ingénieur de se placer dans un environnement pré-professionnel, de développer l'initiative personnelle et de réaliser le travail de réflexion et de synthèse.

La pédagogie de l'EIER est pratique et active. Elle s'appuie fortement sur des travaux dirigés et pratiques, des sorties de terrains ou voyage d'étude et des projets. En plus sont organisés un stage ouvrier en fin de première année et un stage pré-professionnel à la fin de la deuxième année. Le volume total horaire des enseignements dispensés est d'environ 2 950 heures soit près de 980 heures par an.

### **C - La formation Post Universitaire :**

Elle répond aux besoins en ingénieurs plus spécialisés.

Les formations post-universitaires de spécialisation sont ouvertes aux titulaires d'un diplôme d'ingénieur reconnu équivalent à la maîtrise des sciences par le CAMES, ou aux titulaires de la maîtrise des sciences. Cette année de formation est sanctionnée par le diplôme de formation post-universitaire de spécialisation, diplôme reconnu équivalent au DESS par le CAMES.

Ces formations sont aussi accessibles aux ingénieurs niveau BAC + 4 ans et aux titulaires du diplôme d'agronomie générale. Ces derniers recevront en cas de succès un certificat de spécialisation.

Les spécialisations suivantes sont assurées :

- **Génie Sanitaire** : formation réalisée conjointement par l'EIER, l'OMS, et l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse).
- **Hydraulique Agricole** : formation également organisée conjointement avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Elle comporte aussi des possibilités d'approfondissement (recherche et doctorat EPFL).

- *Mobilisation des Ressources en Eau*
- *Energie pour le Développement Rural*

Une spécialisation en informatique appliquée aux sciences de l'eau doit débiter dès la rentrée scolaire 1991-1992.

#### **D - Perspectives :**

Riche de l'expérience de 20 années de formation d'ingénieurs, l'EIER est consciente des mutations qu'elle doit entreprendre pour accompagner l'évolution actuelle du secteur de l'équipement rural en Afrique de l'Ouest et Centrale. Cette évolution est indispensable si l'école veut continuer à répondre à la mission qui lui a été confiée par ses Etat membres, il y a 20 ans.

Les programmes d'ajustement structurel, le désengagement des Etats des actions directes de développement rural réduisent d'année en année le débouché traditionnel des ingénieurs de l'Equipement Rural, c'est à dire l'administration. Cette évolution, bien que sensible, ne peut encore être chiffrée. Concrètement elle se traduit par une diminution du nombre des étudiants formés par l'EIER (réduction des quotas de chaque pays) et par la multiplication des Etats ne garantissant plus l'emploi à la sortie de l'Ecole.

A contrario, des débouchés nouveaux se dessinent. Le profil de l'ingénieur de l'équipement rural correspond en effet à un besoin réel de tous les organismes acteurs du développement rural et en particulier :

- des collectivités territoriales : la multiplication des tâches qui leur sont attribuées, le souci qu'ont les bailleurs de fonds de leur confier un rôle de plus en plus important, en font un partenaire privilégié du développement pour la décennie 1990.
- des entreprises privées, qu'elles soient de travaux ou de services (bureaux d'études), nationales ou internationales.
- des organisations non gouvernementales.
- des organisations internationales

Répondre aux besoins de ces organismes est un devoir pour l'EIER. Adapter la formation EIER aux nouveau besoins des pays africains constitue le défi des années à venir. La mobilisation du corps enseignant autour de cette idée conduit à redéfinir le projet pédagogique de l'Ecole, dont les premières lignes directrices peuvent ainsi être résumées :

- il est urgent d'adapter l'enseignement pour ouvrir les débouchés vers le secteur privé et en dehors de l'administration;
- il faut mieux connaître le marché de l'emploi et se faire connaître des futurs employeurs;
- il sera nécessaire de faciliter l'installation de jeunes ingénieurs à leur propre compte.

#### 4 - EXPOSE de I. JARRAR

Professeur d'hydrologie au Centre AGRHYMET à Niamey

##### *La Formation en Hydrologie au Centre AGRHYMET*

#### A- Présentation du programme AGRHYMET

Le programme de renforcement des Services Hydrologiques et Agrométéorologiques (AGRHYMET) des pays sahéliens a pour origine une résolution adoptée en septembre 1973 à Ouagadougou par le Conseil des Ministres des Etats membres du Comité Permanent Inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS). Cette résolution demandait que soit créé un Centre régional Agro-Hydro-Météorologique destiné d'une part à dispenser une formation professionnelle en agrométéorologie et en hydrologie et d'autre part à encourager les applications de la météorologie agricole et de l'hydrologie à une utilisation plus rationnelle des ressources en eau dans les pays intéressés.

#### 1) Objectifs du Programme AGRHYMET

- objectifs de développement
  - Le programme a pour but de contribuer à :
    - la sécurité alimentaire des Etats;
    - l'autosuffisance alimentaire de la région par l'application de l'information agrométéorologique et hydrologique.
- objectifs immédiats
  - développer et mettre en oeuvre des techniques d'observation et de recueil de données météorologiques, agrométéorologiques et hydrologiques nécessaires pour le suivi du temps, des cultures, des pâturages et des eaux de surface; analyser et stocker ces données dans une banque de données et mettre à la disposition des utilisateurs ces données à leur demande.

- contribuer à la mise en oeuvre des Systèmes d'Alerte Précoce (SAP) au niveau national, régional et global par la fourniture d'informations et de prévisions météorologiques, agrométéorologiques et hydrologiques.

- participer aux efforts nationaux et régionaux pour augmenter la production agricole par le développement, l'évaluation et l'amélioration des méthodologies qui intègrent les informations agrométéorologiques et hydrologiques aux systèmes de production existants.

- poursuivre le renforcement des services nationaux concernés (en compétences, en matériels et en méthodes de travail) et du Centre AGRHYMET en vue d'une prise en charge progressive de la gestion par les responsables sahéliens.

## 2) Résultats partiels et perspectives d'AGRHYMET

Pendant la période 1975-1986 (première et deuxième phase du Programme AGRHYMET), certains éléments des structures nécessaires au système d'acquisition de données ont été mis en place. Les services nationaux ont été renforcés aussi bien en moyens matériels et humains que du point de vue institutionnel.

Les séries chronologiques de données ont été rassemblées et saisies sur un support informatique qui facilite la gestion et l'analyse des données. Les procédures pour le suivi des cultures ont été mises à l'épreuve et les bulletins nationaux et régionaux ont été diffusés lors de la saison agricole.

Durant la phase en cours (1987-1991), une plus grande importance a été accordée aux applications agrométéorologiques et hydrologiques : amélioration et extension des réseaux pour le suivi des cultures, renforcement des groupes de travail pluridisciplinaires, formulation et diffusion des avis agronomiques à partir des données agrométéorologiques jusqu'au niveau paysan sous une forme pratique.

La prochaine phase du Programme (phase IV 1992-1997), en cours de formulation et de préparation, s'appuiera sur :

- la poursuite de l'activité de formation en vue de satisfaire les besoins des Etats en personnels qualifiés;
- une meilleure évaluation de la production agricole par la contribution de la télédétection (suivi en temps réel des champs pluviométriques) et du renforcement des réseaux d'observations agricoles et phytosanitaires.



Le programme AGRHYMET s'est beaucoup appuyé sur les projets nationaux pour la réalisation des objectifs définis plus haut et a coopéré étroitement avec les projets régionaux tels que celui relatif au système de prévisions hydrologiques sur le bassin du fleuve Niger (HYDRONIGER) ainsi qu'avec les agences de bassins des autres fleuves et lacs des pays du Sahel (Sénégal, Gambie, Tchad).

## **B - ORGANISATION et ACTIVITES de FORMATION**

### **1) Organisation du Centre AGRHYMET**

Le Gouvernement de la République du Niger a donné un terrain de plus de 71 hectares, sur la rive droite du fleuve Niger, face à l'Université de Niamey, pour l'implantation du Centre AGRHYMET.

Le Centre dispose de plusieurs bâtiments abritant respectivement la cité des étudiants, l'administration et les service techniques. Il existe également des dépendances à l'intérieur du domaine dont deux bâtiments "satellites" destinés aux travaux pratiques des étudiants. Depuis 1986, de nouveaux bâtiments ont été construits pour abriter respectivement le Projet CILLSS/FED de surveillance des ressources naturelles renouvelables au Sahel et le Département de la Formation en Protection des Végétaux (DFPV).

Le Centre AGRHYMET est doté d'un équipement important et varié qui comprend des ordinateurs, des bancs d'étalonnage, des ateliers spécialisés en 'électronique, hydrologie et agronomie ainsi que des outils mécaniques et des machines agricoles diverses. Un centre de documentation, un service de reprographie et une salle audiovisuelle complètent la liste des moyens disponibles.

### **2) Activités de formation**

La formation de techniciens sahéliens a été une des premières actions entreprises à Niamey par les experts du Programme AGRHYMET. Cette activité prioritaire s'est maintenue au fil des années et a permis depuis 1975 de former :

- 7 promotions de Techniciens Supérieurs (TS) en hydrologie (1 en cours).
- 7 promotions de TS en agrométéorologie.
- 4 promotions de TS en instruments d'hydrométéorologie.
- 2 promotions d'Ingénieurs (IT) en hydrologie.
- 5 promotions de IT en agrométéorologie (1 en cours).

Dans l'ensemble, pour un effectif inscrit de 327 étudiants (dont 21 sont en cours de formation), 263 diplômés ont été décernés (dont 107 IT hydrologues - voir tableaux 3 et 4). Les Sahéliens représentent plus de 80 % de l'effectif total, les autres provenant de pays africains non membres du CILSS, intéressés de plus en plus par la formation au Centre AGRHYMET.

**Tableau 3**

**Bilan de la formation des Techniciens Supérieurs (TS) à AGRHYMET  
Période 1975-1991**

Année promotion ⇄	75/77	77/79	78/80	80/82	82/84	86/88	90/92	Totaux par pays
<b>Pays d'origine ↴</b>								
BURKINA FASO	2/1	4	2	2	2	4		16/1
CAP VERT		2/1				3/2		5/3
GAMBIE				1	1/1			2/1
GUINEE-BISSAU								0/0
MALI								0/0
MAURITANIE	2	2		2/1		3/3		9/4
NIGER	2		2	2	7		2	15/0
SENEGAL	2	2/1	4/1	6		4	2	20/2
TCHAD	3	2	3/1	1	2	4	2	17/1
<b>Total Sahéliens</b>	<b>11/1</b>	<b>12/2</b>	<b>11/2</b>	<b>14/1</b>	<b>12/1</b>	<b>18/5</b>	<b>6/0</b>	<b>84/12</b>
BENIN					2			2/0
BURUNDI	1							1/0
CAMEROUN					1	2		3/0
CENTRAFRIQUE					2			2/0
CONGO								0/0
COTE D'IVOIRE					1		2	3/0
GUINEE					1		1	2/0
SAO TOME								0/0
TOGO								0/0
ZAIRE								0/0
<b>Total non Sahel</b>	<b>1/0</b>				<b>7/0</b>	<b>2/0</b>	<b>3/0</b>	<b>13/0</b>
Total inscription	12	12	11	14	19	20	9	97
<b>Total diplômés</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>85</b>

Note : /1 indique le nombre d'étudiants éliminés ou qui se sont désistés

Le Centre organise aussi des cours de perfectionnement ou de spécialisation destinés aux personnels en activité dans les Services Nationaux impliqués dans le programme AGRHYMET. Le Centre coordonne également la formation de sahéliens en informatique aux USA.

Tableau 4

**Bilan évolutif de la formation des Techniciens Supérieurs en instrumentation (TS I) et des Ingénieurs hydrologues(IH) à AGRHYMET  
Période 1975-1991**

Année promotion ⇄	79/81	81/83	84/86	84/87	88/90	88/91	Totaux par pays
Pays d'origine ⇄	TS I	TS I	TS I	IH	TS I	IH	
BURKINA FASO	3/1	1	2		1	4	11/1
CAP VERT	1	2	1/1	1	1	1/1	7/2
GAMBIE			1		2		3/0
GUINEE-BISSAU							0/0
MALI	2/1	1/1	1/1	2	1		7/3
MAURITANIE	2	2	2	1			7/0
NIGER	2	3	1/1		2	2/1	10/2
SENEGAL	2	1	2	2	2	3	12/0
TCHAD	1	2	3	2	2/1	2	12/1
<i>Total Sahéliens</i>	<i>13/2</i>	<i>12/1</i>	<i>13/3</i>	<i>8/0</i>	<i>11/1</i>	<i>12/2</i>	<i>69/9</i>
BENIN					1		1/0
BURUNDI		1					1/0
CAMEROUN							0/0
CENTRAFRIQUE				2	1	2/1	5/1
CONGO							0/0
COTE D'IVOIRE		2					2/0
GUINEE		2/1					2/1
SAO TOME							0/0
TOGO							0/0
ZAIRE							0/0
<i>Total non Sahel</i>		<i>5/1</i>		<i>2/0</i>	<i>2/0</i>	<i>2/1</i>	<i>11/2</i>
Total inscription	13	17	13	10	13	14	80
<b>Total diplômés</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>69</b>

Note :/1 indique le nombre d'étudiants éliminés ou qui se sont désistés

Les enquêtes réalisées en 1982 et en 1985 ont révélé que près de 80 % des diplômés travaillent dans les Services Nationaux appuyés par le Programme AGRHYMET, Services où ils occupent souvent des postes de responsabilité élevée.

### 3) La Formation en Hydrologie

Le Centre forme des techniciens supérieurs et des ingénieurs en hydrologie. Il organise également des cours de perfectionnement en hydrologie (étude des petits barrages, instrumentation, informatique appliquée à l'hydrologie, techniques nouvelles en limnimétrie).

• formation des Techniciens Supérieurs

Les TS ont constitué le type de personnel dont le besoin était le plus urgent durant les premières années. C'est pourquoi leur instruction a été commencée dès 1975 avec le concours très actif de l'ORSTOM.

Le recrutement est fait soit sur titre pour les titulaires du bac C ou D, soit sur concours interne de niveau bac D pour les non-bacheliers.

Le programme d'enseignement, élaboré en conformité avec les directives de l'OMM, comporte près de 2100 heures de cours théoriques, de travaux dirigés et de travaux pratiques regroupés en 6 trimestres sur deux années (voir tableau 5). En outre, des stages pratiques de deux mois par an sont organisés dans les Services Hydrologiques des pays d'origine sous la supervision des instructeurs du Centre AGRHYMET.

L'expérience de la formation des deux dernières promotions permet de constater que les heures d'enseignement sont assurées pour :

- 45 % par des instructeurs permanents, experts du CILSS et de l'OMM, pour les sciences de l'eau et pour la coordination et l'animation des activités de formation
- 35 % par d'autres experts du Centre et par des professeurs vacataires provenant de l'Université de Niamey et du milieu professionnel, pour les matières de base et les sciences de la terre
- 15 % par des experts de l'ORSTOM pour des sujets spécialisés
- 5 % par les instructeurs de l'EAMAC pour une partie des sciences de la météorologie.

La première année est consacrée à l'acquisition de connaissances fondamentales. Le passage en deuxième année requiert une moyenne générale de 12/20. La deuxième année est réservée plus spécialement à l'enseignement de l'hydrologie. Le diplôme est délivré à l'issue des examens de fin d'études aux candidats qui ont obtenu une moyenne générale de 12/20 ou plus, calculée sur toute la période de formation.

TABLEAU 5

**Matières enseignées dans le cadre de la formation  
de Techniciens Supérieurs en Hydrologie (24 mois)**

	<u>Matière de base</u>	<u>Coef.</u>	<u>Nb hrs</u>
1.	Mathématique .....	3	130
2.	Physique .....	2	80
3.	Electricité .....	1	30
4.	Statistique .....	2	80
5.	Dessin technique .....	1	50
6.	Mécanique auto .....	1	30
7.	Topographie .....	2	80
8.	Informatique .....	1	50
9.	Anglais .....	1	50
10.	Mécanique générale .....	1	30
11.	Natation .....	1	20
 <u>Sciences de la terre</u>			
12.	Géographie .....	2	20
13.	Géologie .....	1	20
14.	Agropédologie .....	2	15
 <u>Météorologie</u>			
15.	Météorologie générale .....	1	50
16.	Climatologie .....	1	20
17.	Observations météorologiques.....	1	20
18.	Instruments météorologiques .....	1	50
19.	Satellites .....	1	20
 <u>Sciences de l'eau</u>			
20.	Hydraulique .....	4	60
21.	Aménagements .....	2	20
22.	Hydrogéologie .....	2	20
23.	Pluviométrie .....	4	230
24.	Hydrométrie .....	8	660
25.	Hydrologie .....	6	220
26.	Etude de bassin versant .....	2	20
27.	Régimes hydrologiques .....	2	20
28.	Organisation des services hydrologiques .....	2	20
		<b>Total.....</b>	<b>58</b>
			<b>2115</b>

## \* formation des ingénieurs

Les besoins immédiats en techniciens supérieurs des Services Nationaux étant en cours d'être satisfaits, les instances du Programme AGRHYMET ont reconnu dès 1979 l'utilité de former des ingénieurs hydrologues. En effet, il a été constaté que les chefs de services hydrologiques, généralement Ingénieurs de la classe I, plus absorbés par des tâches administratives, manquaient de collaborateurs de niveau intermédiaire entre celui de l'Ingénieur de conception et celui de Technicien Supérieur. Les candidats à la formation d'Ingénieurs sont recrutés :

- sur titre pour les titulaires du DEUS ou du DEUG (faculté des sciences mathématiques, physique ou physique-chimie) ou DUT ou d'un diplôme équivalent
- sur concours interne à l'intention des techniciens supérieurs (niveau III) ayant accompli trois ans de service effectif.

Le programme d'études a été élaboré en tenant compte également des directives de l'OMM (OMM 1969-1970). Ainsi 1775 heures d'enseignement sont dispensées dans les matières figurant au tableau 6. Outre les cours et travaux classiques, sont organisées des conférences et des visites d'aménagements hydrauliques. Enfin, 4 mois de stage pratique et un mémoire de fin d'études sont requis. D'une durée de 28 mois, les études sont sanctionnées par le diplôme d'Ingénieur en Hydrologie, pour les candidats ayant obtenu une moyenne générale au moins égale à 12/20.

Pour réaliser le curriculum décrit ci-dessus, le Centre AGRHYMET dispose du personnel enseignant suivant :

- les deux ou trois instructeurs permanents, chargés des tâches de coordination et assurant une large part de l'instruction des sciences de l'eau soit plus de 55 % du nombre d'heures d'enseignement
- les autres experts du Centre et les professeurs vacataires, effectuant l'instruction des matières de base pour 20 % du nombre d'heures
- les consultants, experts de l'ORSTOM et de l'EPFL, traitant les sujets spécialisés des sciences de l'eau, pour 25 % du volume horaire.

TABLEAU -6

**Matières enseignées dans le cadre de la formation  
d'Ingénieurs en Hydrologie (28 mois)**

<u>Matière de base</u>	<u>Coef.</u>	<u>Nb hrs</u>
1. Mathématique .....	3	40
2. Physique .....	2	30
3. Electronique .....	1	20
4. Statistique .....	2	60
5. Dessin technique .....	1	30
6. Géométrie descriptive .....	1	15
7. Topographie .....	2	60
8. Informatique .....	1	90
9. Anglais .....	1	30
10. Pratiques techniques .....	1	70
11. Science de la terre .....	2	30
12. Natation .....	1	20
 <u>Météorologie</u>		
13. Météorologie générale et synoptique.....	2	30
14. Instruments météorologiques .....	2	50
15. Télédétection .....	2	30
 <u>Sciences de l'eau</u>		
16. Hydrologie générale .....	6	80
17. Hydraulique générale .....	4	100
18. Hydraulique agricole .....	2	80
19. Hydrométrie .....	8	300
20. Traitement et publication. des données hydro .....	6	110
21. Calculs et analyses hydrologiques .....	6	180
22. Prévision hydrologique .....	2	30
23. Etudes hydro. pour aménagements hydrauliques ..	2	50
24. Législation et gestion des ressources en eau.....	2	70
25. Organisation des serv hydro et de planification. ...	2	20
26. Hydrogéologie .....	2	50
27. Hydrochimie et qualité des eaux.....	3	50
28. Préparation de la thèse .....	-	50
<b>Total .....</b>	<b>69</b>	<b>1775</b>

NB : + 4 mois de stage pratique dans les pays d'origine.  
+ 4 mois pour la rédaction et la soutenance des mémoires de fin d'études

En première année, durant les deux premiers semestres, il est procédé à l'enseignement des matières de base et de la météorologie et à l'introduction ou à l'approfondissement de notions en sciences de l'eau. L'année scolaire se termine par deux mois de stage pratique suivis par les instructeurs dans les pays d'origine. Ce stage est mis à profit pour explorer et préparer les sujets de mémoire proposés conjointement par le Centre et les Services Nationaux. Le passage en deuxième année est conditionné par l'obtention d'une moyenne générale de 12/20 ou plus.

Pendant les deux semestres de deuxième année, l'enseignement spécialisé de l'Hydrologie et des autres sciences de l'eau devient systématique. Des consultants extérieurs sont sollicités pour développer des sujets spécialisés. Le stage pratique de deux mois est mis à profit pour collecter les dernières données nécessaires au mémoire de fin d'études. Les instructeurs du Centre se rendent dans les pays pour encadrer et orienter les recherches des étudiants. Les quatre derniers mois de formation sont réservés exclusivement à la rédaction et à la soutenance du mémoire de fin d'études. Les sujets de ces mémoires couvrent des thèmes aussi variés que les monographies hydrologiques de bassins versants, la gestion d'ouvrages hydroagricoles, les études pluviométriques ou la rationalisation de réseaux hydrologiques.

• cours de perfectionnement

Outre les deux formations de base en hydrologie, le Centre AGRHYMET organise des cours de perfectionnement à l'intention des agents des services nationaux des pays membres du CILSS.

Les 4 cours organisés entre avril 1988 et novembre 1990 portent sur :

- instrumentation;
- hydrologie appliquée aux petits barrages;
- utilisation des micro-ordinateurs en hydrologie : banques de données;
- technologies nouvelles en hydrologie.

#### 4) Perspectives

La Direction de la Formation a mené en 1990 une enquête auprès des pays membres du CILSS pour l'estimation de leurs besoins futurs en hydrologues, ingénieurs et techniciens supérieurs. La conclusion a été, qu'au cours de la prochaine phase du Programme (1992-1997), une promotion d'ingénieurs et deux promotions de techniciens seront au moins nécessaires. La première se tiendra



d'octobre 1992 à février 1995 et les deux autres auront lieu, respectivement d'octobre 1994 à septembre 1996 et d'octobre 1996 à septembre 1998.

De plus, les sciences et les techniques progressant rapidement et apportant sans cesse des connaissances nouvelles et des équipements de plus en plus sophistiqués, des cours de perfectionnement et des sessions de recyclage en hydrologie seront donc indispensables pour la mise à jour des connaissances des cadres sahéliens.

Il est à envisager, au cours de la 4ème phase du Programme AGRHYMET, des formations spécifiques sur des thèmes précis mettant davantage l'accent sur l'aspect pratique et opérationnel. Ce type de formation s'adressera en particulier aux pays africains francophones non membres du CILSS.

## 5) Conclusion

En guise de conclusion, nous rappelons le bilan de la formation en hydrologie au Centre AGRHYMET depuis 1975 : 7 promotions de Techniciens (dont une est en cours), avec 85 diplômés et deux promotions d'Ingénieurs avec 22 diplômés. *84% des étudiants diplômés sont sahéliens.*

Il nous a été possible, lors de missions de suivi de stages pratiques dans les pays ou à l'occasion de l'organisation au Centre AGRHYMET de cours de perfectionnement, de voir les diplômés en hydrologie du Centre à l'oeuvre au bureau ou sur le terrain. Nous avons pu constater que la formation qu'ils ont reçue au cours de leur séjour à Niamey leur permet de bien assumer leurs tâches professionnelles.

## 5 - EXPOSE de Ph. BOIS

Directeur de la Section d'Hydraulique à l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble (ENSHMG)

En introduction, Ph. BOIS souligne :

- que l'ENSHMG se place en première position parmi les écoles françaises d'ingénieurs par le nombre d'heures consacrées à l'enseignement des matières relevant de l'hydrologie (voir exposé général de M. DESBORDES).

- que depuis toujours (professeur PARDE) l'hydrologie est considérée à l'ENSHMG comme une discipline fondamentale de l'hydraulique.

- que tous les ingénieurs diplômés avec une spécialisation en génie civil ou urbain, en production d'énergie, en aménagement/gestion de la ressource en eau doivent avoir des connaissances solides en hydrologie : même si ce terme apparaît très peu dans les programmes, les matières qui la concernent sont donc très présentes au cours de tout le cycle de formation.

## A - Organisation de l'enseignement

L'école, comprend deux sections :

- génie mécanique (ne concerne pas l'hydrologie)
- hydraulique divisée en trois filières :
  - . mécanique des fluides
  - . génie hydraulique
  - . ressources en eau et aménagement

Ces filières partagent un nombre important de cours (tronc commun) (cf tableau 7) au cours des trois années de formation. Le choix de la filière a lieu en fin de première année (environ 12 élèves par filière)

La filière *Ressources en Eau et Aménagement* (cf tableau 8) comprend des cours fondamentaux (beaucoup de mécanique des fluides, d'hydraulique fondamentale,...) et des cours spécialisés. Le programme est très classique.

## B - Particularités de la formation

### 1) au niveau du recrutement :

- à l'entrée en première année, une ouverture vers l'admission des étudiants sortant des IUT (en contrepartie diminution du nombre des étudiants issus des classes préparatoires)

- à l'entrée directe en deuxième année, une nette augmentation du nombre des maîtres en sciences mécaniques donc existence de passerelles entre écoles d'ingénieurs et cycles universitaires

### 2) au niveau des programmes :

- en première année : présence de matières d'observation (un peu de géologie et voyages d'études "terrain") et d'une activité "ENTREPRENDRE", mise en place en 1988/89 dans le but de mettre les élèves-ingénieurs en situation proche

de leur futur métier et de créer une rupture avec les classes préparatoires. Les élèves par groupe de 2 ou 3 disposent d'une soixantaine d'heures au cours de l'année pour mener à bien sous le contrôle d'un professeur un mini-projet pratique concret (petit logiciel, mesure fine du vent et son influence sur la mesure de la pluie, étude d'un problème écologique sur la Loire, ...). Cette activité donne lieu à la rédaction d'un rapport et d'une soutenance publique en fin d'année.

- en deuxième année, stage en entreprise de deux mois (plus de 50 % des stages de la filière Ressources en Eau et Aménagement ont l'hydrologie pour thème).

- en troisième année, l'accueil d'ingénieurs diplômés d'autres écoles qui viennent faire une spécialisation à Grenoble. L'ENSHMG accueille un certain nombre d'étudiants de l'ISIM, par exemple.

Ph. BOIS souligne, au passage, qu'il est très regrettable que cette possibilité ne soit pas offerte par les autres écoles.

Dans le domaine purement pédagogique un effort est fait pour limiter les cours en amphithéâtre et développer au maximum l'esprit pratique et d'initiative des étudiants. Par exemple, en modélisation les élèves travaillent effectivement sur des modèles et en statistiques sur des problèmes concrets. Cette manière de faire n'est d'ailleurs pas toujours très bien comprise des étudiants, qui ont souvent des difficultés pour passer des classes préparatoires aux concours, à la réalité pratique du métier d'ingénieur.

Le principal reproche qui peut être fait à cette formation est qu'elle reste encore très orientée vers la mécanique. L'hydrologie est abordée sous l'aspect purement quantitatif même si une tendance vers la chimie et la biologie se développe nettement, en particulier par le biais de conférences ou stages de quelques journées, organisés au sein de l'école par des consultants extérieurs, spécialiste de ces problèmes.

Tableau 7

**TRONC COMMUN DES ENSEIGNEMENTS DE LA SECTION  
"HYDRAULIQUE" DE L'ENSHMG**

<b>1ère ANNEE</b>	<b>Fondamental</b> <b>Technologique</b> <b>Informatique</b> <b>Général : Langues</b> <b>E.P.S</b> <b>Conférence, Visites</b> <b>d'Entreprises</b> <b>Sciences Economiques</b> <b>et Sociales</b> <b>Une activité : "ENTREPRENDRE"</b>
+	
<b>2ème ANNEE</b>	<b>Mécanique des Fluides</b> <b>Mécanique des Solides</b> <b>Bureau d'étude</b> <b>Méthodes numériques</b> <b>Echanges thermiques</b>
+	
<b>3ème ANNEE</b>	<b>Machines et Circuits Hydrauliques</b> <b>Recherche Opérationnelle</b> <b>Régulation Servomécanismes et</b> <b>Applications</b>

Tableau 8

**FILIERE RESSOURCES EN EAU et AMENAGEMENT  
A L'ENSHMG**

**Analyse, utilisation, gestion de l'eau  
en milieu rural et urbain**

- Production énergétique et agricole
- Hydraulique des réseaux urbains
- Pollution
- Traitement des eaux
- Risques naturels

**2ème ANNEE**

Hydrologie, Hydrométéorologie  
 Hydrogéologie, Ecoulements souterrains  
 Constructions civiles  
 Etudes hydrauliques  
 Atelier d'études hydrauliques  
 Entraînement des matériaux  
 Stage de 2 mois en entreprise

**3ème ANNEE**

**MODELISATION, GESTION, PLANIFICATION,  
OPTIMISATION DES SYSTEMES**

**MODELISATION**

Ecoulements à surface libre  
 Nappes souterraines zone non saturée  
 Réseaux urbains

**OPTIMISATION DES SYSTEMES**

Hydrologie statistique  
 Géostatistique  
 Gestion d'ouvrages

**PLANIFICATION ET GESTION**

Etudes économiques  
 Qualité et traitement des eaux

**PROJET de FIN d'ETUDES**

L'autre point difficile à gérer est celui des stages de terrain, car cela coûte très cher. Le Ministère souhaiterait que les stages pratiques se déroulent au sein de l'école dans des laboratoires mais en hydrométrie cela est impossible et l'ENSHMG s'efforce de conserver un T.P. d'hydrométrie sur le terrain, dans des conditions réelles.

Au niveaux des débouchés, aucun problème d'emploi n'est constaté mais il est très rare qu'un profil de poste soit celui d'un hydrologue pur : la plupart du temps l'hydrologie est faite au sein d'études hydrauliques.

En conclusion, l'hydrologie au sein de l'ENSHMG est très étroitement liée à l'hydraulique et malgré des efforts constants vers la diversité (prise en compte des aspects chimique et biologique) et vers la pratique (opérationnel), les élèves à la sortie ne sont pas totalement opérationnels : un complément de formation pratique est indispensable.

## 6 - EXPOSES COMPLEMENTAIRES

### A- C. THIRRIOT (ENSEEIH de Toulouse)

Le Professeur Thirriot :

- souligne la préoccupation permanente de l'ENSEEIH de maintenir un contact aussi étroit que possible avec la réalité (l'école dispose de matériel hydrométrique et d'un bateau et fait appel au maximum aux services techniques régionaux, en particulier au Service Hydrologique Centralisateur de la Garonne, dirigé par J.P. DUPOUYET);

- estime qu'il est très difficile de classer les écoles suivant les horaires d'enseignement de l'hydrologie : tout le problème consiste à définir exactement ce qui relève de l'hydrologie, par exemple les cours sur le traitement du signal et les approches statistiques. Pris sous cet angle, les enseignements "d'hydrologie" varient à l'ENSEEIH de 50 à 500 heures!

### B- J. DELAHAYE (ENITRTS)

L'ENITRTS est un établissement d'enseignement relevant du Ministère de l'Agriculture, destiné à former en priorité des agents relevant de ce Ministère, donc des fonctionnaires. On constate que depuis plusieurs années le nombre d'étudiants civils croît régulièrement.

La scolarité est de deux ans avec un volume horaire annuel de 400 heures (dont 30 heures de cours d'hydrologie physique). On relève beaucoup de points communs avec les écoles de Grenoble et Toulouse, en particulier l'effort qui est fait vers la pratique pour rendre plus rapidement "opérationnels" les ingénieurs (élaboration de projets, stage de 10 à 12 mois en 3ème année).

### **C.-A. MUSY (EPFL)**

La formation des ingénieurs en Suisse est faite exclusivement dans les deux Ecoles Polytechniques Fédérales de Zurich et Lausanne, dans les départements du Génie Civil et du Génie Rural pour ce qui concerne les hydrologues.

Le département de Génie Civil forment les étudiants aux techniques d'ingénierie liées à l'eau : structures hydrauliques, aménagement des cours d'eau, protection contre les crues...

Le plan d'études du Département du Génie Rural a été revu pour l'ouvrir vers les Sciences de l'Environnement, avec une solution mixte où, en quatre années d'études, les étudiants reçoivent à parts égales une formation en sciences de base et une formation en sciences appliquées concernant les milieux naturels, les biotechnologies environnementales...

Il n'existe aucun problème au niveau des débouchés car le déficit en ingénieurs en Suisse est très important.

## **7 - DEBAT GENERAL sur le thème : "La Formation des Ingénieurs"**

### **A- Concernant l'ISIM**

*Question de C. TRUCHOT* (Ministère de l'Environnement)

Quel est le nombre d'étudiants formés par le Département "Eau" de l'ISIM et quels sont les débouchés ?

Réponse de M. DESBORDES :

Une quarantaine. Pour les débouchés, les profils d'ingénieurs formés concernent le génie des procédés (traitement des eaux...) pour 40 % environ l'hydraulique (+ hydrologie, aménagement) pour 30 % et le reste, l'hydrobiologie et l'hydrogéologie.

Le spectre des métiers est donc relativement vaste et ces dernières années, on peut considérer que la répartition se faisait à parts égales entre les secteurs public et privé. Aujourd'hui la proportion serait plutôt de 25 % pour le secteur public. Les activités concernent le secteur Ingénierie/Bureau d'études (60%), la production (15%) et un nombre non négligeable dans le domaine de la recherche.

On constate donc aujourd'hui une situation favorable dans le domaine des débouchés mais qui est équilibrée avec des promotions de 40 élèves et qui ne pourrait être maintenue si l'on accroissait artificiellement les effectifs jusqu'à 80 (suivant la demande du Ministère de l'Education Nationale).

## **B- Concernant l'EIER**

*Question de M. DESBORDES* : qu'en est-il de la formation post-universitaire ?

Réponse de B. DIENG :

Il s'agit d'une formation d'une année s'adressant à des ingénieurs ayant une expérience d'au moins deux ans, cette formation est aujourd'hui de plus en plus souvent donnée directement à la sortie de l'école pour permettre aux ingénieurs de trouver un emploi.

*Question de G. JACCON* : quels sont les débouchés ?

Réponse de B. DIENG :

Ce n'est pas un problème, du moins jusqu'à aujourd'hui puisque la formation concerne essentiellement des fonctionnaires. Il est certain que le secteur public est de moins en moins "demandeur" et que la situation évolue mais je ne dispose pas d'éléments chiffrés précis.

## **C- Concernant AGRHYMET**

*Question de G. JACCON* : l'enchaînement des formations "Technicien / Ingénieur" est-il possible ? quels sont les débouchés ?

Réponse d' I. JARRAR :

Oui, mais avec une interruption de trois ans obligatoire au cours de laquelle les étudiants (en général fonctionnaires) retournent travailler dans leur service d'origine.



Le problème ne se pose pas en termes de débouchés puisque les étudiants, déjà employés, viennent à AGRHYMET pour acquérir une qualification technique.

**Question de Ph. BOIS :** le programme des cours a-t-il évolué depuis trois ans, en particulier la très forte priorité donnée à l'hydrométrie et la coupure totale entre surface et souterrain ?

Réponse d'I JARRAR :

Oui, le programme d'enseignement s'est diversifié, même si certaines matières fondamentales ne sont abordées que sous la forme de conférences de sensibilisation ou de séminaires de courte durée, faits par des consultants de l'EPFL et de l'ORSTOM.

#### **D- Divers**

S. PIEYNS : signale l'existence des "camps-terrain" d'une durée d'une semaine, organisés et financés par l'ORSTOM, pour les étudiants du DEA National d'Hydrologie (trois camps = trois semaines chaque année); cette formation pratique est sans aucun doute très courte, voire trop sommaire, mais c'est le seul contact avec le terrain pour ces étudiants et elle est donc d'une grande importance pour eux.



## CHAPITRE VI

## LA FORMATION EN HYDROLOGIE OPERATIONNELLE

## ATELIER 5 : FORMATION DES HYDRONICIENS

Animateur : Jean-Pierre DUPOUYET  
Chef du Service Hydrologique Centralisateur  
de la Garonne

## 1 - EXPOSE INTRODUCTIF DE J.P. DUPOUYET

Si la formation des ingénieurs de permet dresser une liste précise des établissements et un bilan complet des formations existantes et des promotions annuelles, il est beaucoup plus difficile de faire la même chose dans le domaine des hydrotechniciens, où la simple identification des filières est problématique.

## A - Un peu d'histoire...

Ce court rappel historique, qui s'appuie sur quelques transparents reproduits dans les figures suivantes, remonte au début du siècle et, par le biais de l'hydrométrie, illustre l'évolution technologique durant ces dernières décennies, ainsi que les liens existants entre le technicien de terrain et l'ingénieur..

## 1) en 1920

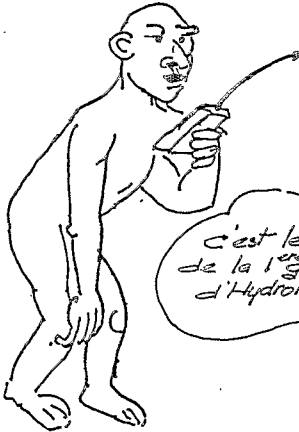
L'hydronicien de l'époque était un observateur, ou plus précisément un "hydrob...servateur"; sa tâche essentielle était de lire une échelle limnimétrique (avec des jumelles lorsqu'il était bien équipé) et de consigner ses observations sur des fiches hebdomadaires ou mensuelles. Il devait exécuter sa tâche suivant des règles très strictes pour que les données soient exploitables.

*"Que dire des relevés de cet observateur très consciencieux, que j'ai rencontré au BENGLEDESH, qui déplaçait avec lui un élément d'échelle et le plaçait à l'endroit le plus favorable, selon lui, suivant le niveau de l'eau ?"*

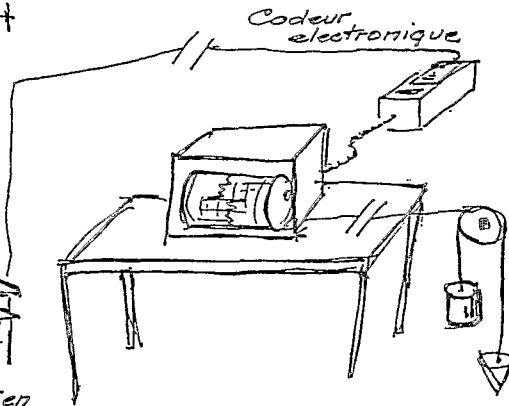
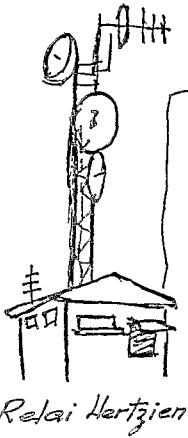
1920-1980

L'HYDROB... SERVATEUR, horloger-  
mécanicien devient électronicien et  
radio-électricien...

C'est le 1.<sup>er</sup> Homo-SAPIENS  
HYDRONICIEH



C'est le règne  
de la 1.<sup>ère</sup> génération  
d'Hydronicien



### 2) dans les années 30...

Un progrès considérable survient avec l'apparition des premiers enregistreurs graphiques. L'utilisation de ces appareils nécessitait une formation assez spéciale : l'hydrob...servateur était nécessairement mécanicien et surtout horloger...

Aucune évolution notable n'est enregistrée dans les décennies 40 et 50.

### 3) à partir de 1960...

En 1960, les limnigraphes à tambour ou à table déroulante équipent de très nombreuses stations dans le monde entier.

Devant la nécessité d'acquérir les données en temps réel, pour la sauvegarde des personnes et des biens, l'hydrométrie a considérablement évolué durant cette période sous l'impulsion de pionniers et grâce au rapide développement des moyens technologiques, électroniques et informatiques.

La formation des hydrotechniciens a suivi cette évolution des technologies. On est passé d'une formation élémentaire de simple installateur/lecteur d'échelle à celle d'un *hydronicien*, technicien en hydrologie polyvalent, mécanicien et horloger, topographe et chimiste, radio-électricien et informaticien.

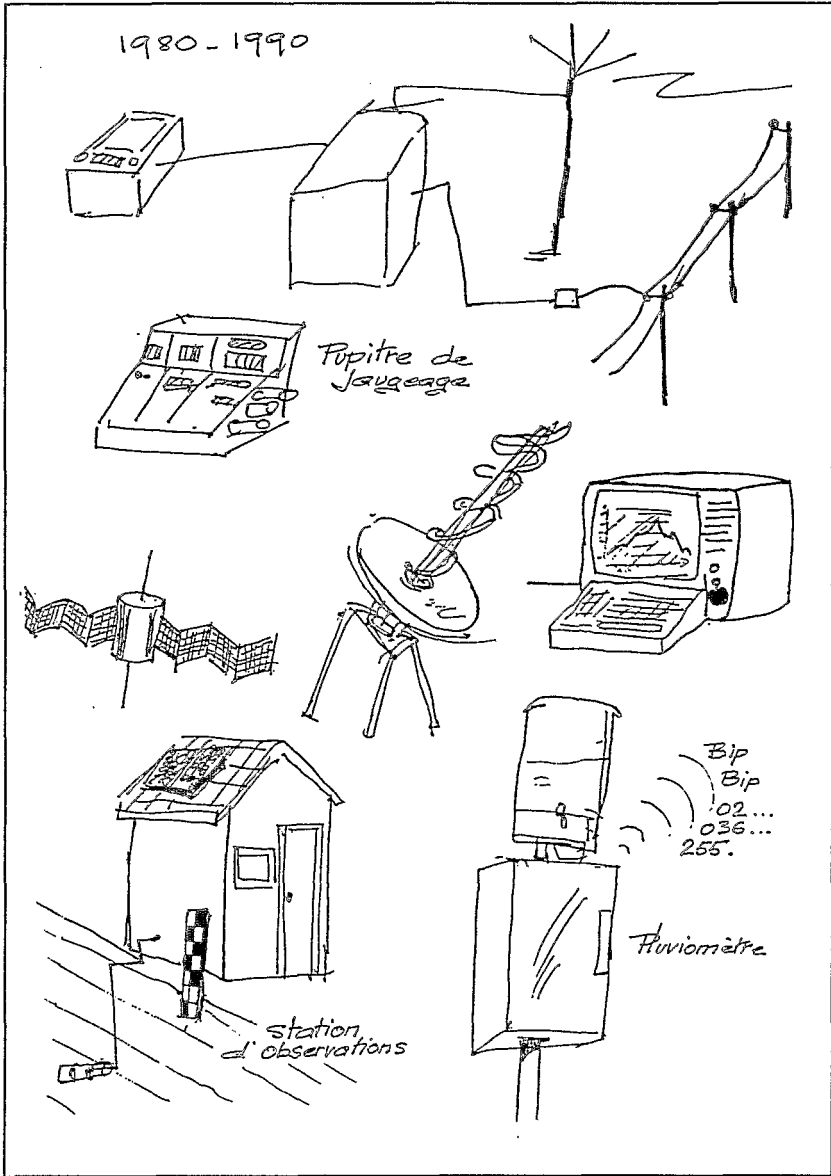
Cet homme est le maillon incontournable entre le terrain et l'ingénieur hydrologue, qui doit disposer de données fiables et livrées sur un support informatique.

*Notre problème est qu'il n'existe aucune formation qui réponde à cette description.*

## II - EXPOSE de J. VIDAL (Serv. Hydr. Centr. de la Garonne)

### Quelle formation doit recevoir l'hydronicien ?

Le technicien hydrologue de notre époque doit avoir une bonne pratique des différentes techniques décrites par J.P. DUPOUYET (métrologie, mécanique, topographie,...) mais aussi avoir reçu une formation théorique de base, sans laquelle il ne saurait remplir correctement les missions qui lui sont confiées. Il doit, en particulier :



- recevoir une formation de base en hydraulique et en hydrologie;
- posséder de solides connaissances dans le traitement, voire l'analyse, des données et en informatique de base.

### *Pourquoi l'hydraulique et l'hydrologie ?*

Quand on pose un capteur de pression dans une rivière ou une sonde de mesure d'un paramètre physico-chimique, il ne faut pas le faire n'importe où et n'importe comment : une étude des lieux est nécessaire et elle doit prendre en compte la nature du lit, le régime d'écoulement, la sensibilité du profil,... Ces aspects sont très importants car ce sont ceux où il existe le plus de carences. Il est aujourd'hui plus facile de recruter des électroniciens que des techniciens ayant une bonne formation (autre que purement théorique et superficielle) dans le domaine de l'hydrologie de terrain.

### *Pourquoi l'analyse des données ?*

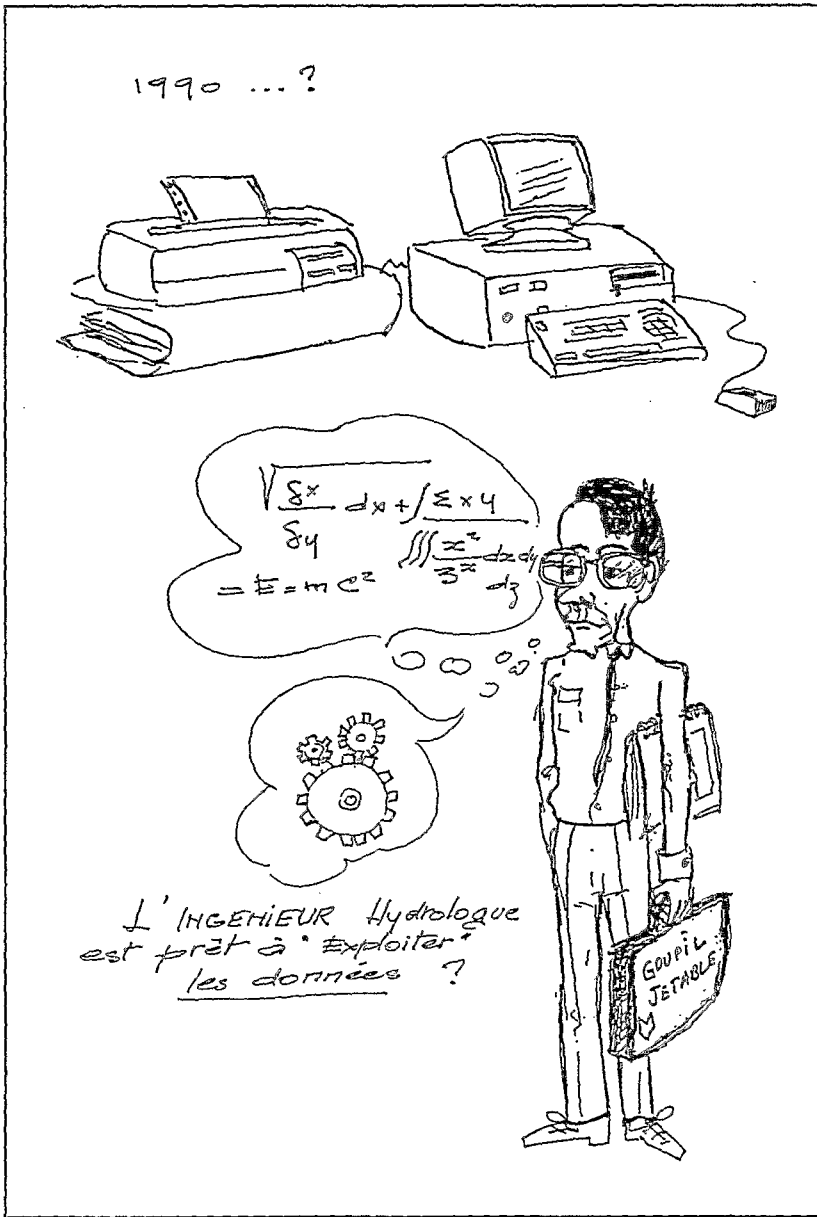
Les techniques modernes d'acquisition des données fournissent une masse d'informations brutes, souvent redondantes donc inutiles, quelquefois déformées donc nuisibles. Il faut traiter ces données qui encombrant les disques durs de nos ordinateurs pour les condenser, les critiquer, les valider, les homogénéiser. Il y a donc tout un travail d'analyse qui n'est pas simple et qui nécessite un bon esprit critique, même si de nombreux outils informatiques existent.

Les aspects informatiques sont aussi très importants car incontournables. C'est un domaine où il sévit tout un vocabulaire spécifique et rebutant, qui est un frein pour le non-initié. L'hydraulicien d'aujourd'hui doit être à l'aise dans le domaine de l'informatique et collaborer avec l'ingénieur à l'adaptation et au développement de nouveaux outils.

### **en conclusion...**

Les compétences de l'hydraulicien doivent aller du capteur à la base de données. On peut s'interroger pour savoir si un seul individu peut assumer un tel ensemble de compétences et si il ne faut pas définir deux profils d'hydrauliciens, avec un bon "recouvrement" :

- le premier à compétence orientée vers l'instrumentation et la mesure de terrain;
- le second formé plus spécialement aux tâches de bureau.





### III - COMPLEMENTS DE JP. DUPOUYET

Beaucoup de questions viennent d'être posées.

Le profil de l'hydraulicien "idéal" vient d'être défini et nous avons constaté qu'aucune formation de type BTS ou IUT ne répondait à notre attente.

Dans les Services de l'Etat, notamment au Ministère de l'Environnement, la formation des techniciens chargés de la gestion des réseaux nationaux (qui sont aujourd'hui automatisés à 90%) était faite par le biais du *compagnonnage*. Un système de formation devrait prochainement être mis en place, projet qui sera présenté par C. TRUCHOT, chef du Service de l'Eau du Ministère de l'Environnement (voir chapitre VIII - Table ronde).

### IV - EXPOSE DE D. FABRI (CNR)

#### Les besoins en hydrauliciens : cas de la CNR

La Division d'Hydrologie de la Compagnie de Navigation du Rhône gère un réseau de 150 limnigraphes et de 60 stations de jaugeages, dont une quinzaine sont équipées de transporteurs aériens (téléphériques) à motorisation fixe ou portable. Ce réseau couvre une superficie de plus de 90 000 km<sup>2</sup>.

Les tâches liées à la gestion de ce réseau sont très classiques, sous la réserve toutefois que les aménagements hydrauliques sont nombreux et que les écoulements se font sous des régimes le plus souvent transitoires, surtout sur le cours principal du fleuve. De plus la rapidité de la propagation des crues impose une grande disponibilité des équipes techniques, qui peuvent être appelées à intervenir jour et nuit, fins de semaine comprises.

Les difficultés rencontrées dans l'application des techniques hydrométriques conventionnelles a conduit la CNR à s'orienter vers un suivi en continu des débits par l'utilisation des ultrasons. Un tel système vient d'être mis en service à LYON avec des résultats tout à fait satisfaisants (même si le coût des équipements et de l'installation est assez élevé).

Cette rapide description des activités de la CNR dans le domaine de l'hydrologie opérationnelle illustre la diversité de la tâche de l'hydrologue de terrain - de l'hydraulicien - qui doit être très polyvalent et très disponible.

Or ce profil n'existe pas sur le marché du travail et le recrutement d'un hydrologue de terrain est toujours une opération difficile. La solution admise est de retenir des techniciens ayant une bonne formation générale et de les former "sur le tas" souvent durant plusieurs années, même si la CNR n'a aucune vocation pédagogique.

En conclusion D. FABBRI confirme d'une part son accord avec la description du profil de l'hydronicien, polyvalent et disponible, faite par J.P. DUPOUYET et J. VIDAL et d'autre part déplore l'absence d'une telle formation : les besoins existent.

## **V - EXPOSE DE B. THEBE (ORSTOM)**

### **Les stages de formation en hydrologie à l'ORSTOM.**

La formation fait partie des missions fondamentales de l'ORSTOM et a toujours été considérée prioritaire dans le domaine de l'hydrologie : formation des jeunes chercheurs durant les années d'élèves, formation des techniciens par le biais du compagnonnage, formation des partenaires par le biais de stages.

Depuis la création du Laboratoire d'Hydrologie à Montpellier, le secteur de la formation dans le domaine de l'hydrologie opérationnelle s'est structuré avec la mises en place de cycles spécifiques : le Diplôme Universitaire (DU) de 1985 à 1990 et les stages programmés depuis cette date.

### **1 - Le Diplôme d'Hydrologie appliquée au développement**

Cette formation s'adresse à des praticiens de l'hydrologie, niveau BAC+2 et n'a pas pour vocation de former des hydroniciens, dont on peut admettre que la formation spécifique doit commencer immédiatement après le bac. Elle s'adresse plus particulièrement aux étudiants diplômés du 1er cycle d'AGRHYMET (voir chapitre V - Atelier 4).

Cette formation a été créée conjointement par le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM (LH) et le Laboratoire d'Hydrologie et de Modélisation (LHM) de l'UM2, l'administration du cours étant faite par le CREUFOP (Centre Régional d'Enseignement Universitaire et de Formation Professionnelle).

Deux sessions de 8 mois ont été organisées en 1984/85 et 1985/86, soit 650 heures de cours/TP/TD assurés pour 1/3 par le LHM et pour 2/3 par l'ORSTOM; 16 étudiants ont suivi ces deux sessions.

En 1987/1988; a été lancée une formation optionnelle de deux années : sans changement pour la première année, le programme proposait une formation plus avancée pour les meilleurs éléments (cours et stage de 6 mois avec soutenance d'un mémoire). Sur douze étudiants qui ont suivi le cycle court, quatre ont poursuivi en seconde année et ont soutenu leur mémoire.

Cette formation a été arrêtée en 1990 pour trois raisons :

- charge d'enseignement excessive pour un nombre d'étudiants restreint;
- impossibilité d'obtenir une reconnaissance du diplôme dans les pays partenaires (d'où la diminution des candidatures...);
- double emploi avec le cycle de formation des ingénieurs d'AGRHYMET, ce qui est en contradiction avec les objectifs poursuivis.

## **2- Le Stage d'Hydrologie Opérationnelle**

Ce stage n'a pas pour objectif de remplacer le D.U. d'Hydrologie appliquée au développement mais d'offrir à des praticiens de l'hydrologie (techniciens expérimentés ou récemment diplômés, ingénieurs débutants) une possibilité d'actualiser leurs connaissances, plus particulièrement dans les domaines de l'acquisition des données et de leur traitement.

Sa durée totale est de 8 semaines. Il comprend 210 heures d'enseignement, répartis en 7 modules de 30 heures; une demi-journée par semaine est réservée pour des conférences plus spécialisées sur des sujets pré-définis (transports solides, qualité de l'eau, ...) ou "à la carte" suivant le choix des participants. Près de 50% des enseignements sont pratiques (voir fiche-programme à la page suivante) et le nombre des participants est limité à 16.

Le coût du stage (30KF) comprend l'hébergement et les frais d'assurance des participants, qui sont tous boursiers (bourses nationales, OMM, FAC, ORSTOM,...). Au cours des 3 sessions organisées en 1990/1991, 35 stagiaires de 19 pays différents ont suivi cette formation.

**FICHE-PROGRAMME DU STAGE DE L'ORSTOM**

**TITRE** : STAGE DE FORMATION SUR LES TECHNOLOGIES NOUVELLES EN HYDROLOGIE DE SURFACE - Acquisition et Exploitation des données.

**DUREE TOTALE** : 8 semaines

**LIEU** : Centre ORSTOM de MONTPELLIER

**PROGRAMME** :

- Modules 1 et 2* : Appareillages et techniques de mesures utilisés en pluviométrie et limnimétrie électroniques et en bathymétrie.
- Module 3* : Télétransmission des données (réseaux radio, réseaux téléphoniques, réseaux satellitaires Argos et Météosat).
- Module 4* : Gestion des banques de données hydropluviométriques. Présentation et pratique des logiciels ORSTOM (HYDROM pour les données hydrométriques et PLUVIOM pour les données pluviométriques).
- Module 5* : Etudes de cas réels de traitement informatisé des données. Initiation à la critique et à l'homogénéisation des données.
- Module 6* : Hydrologie du bassin versant expérimental. Approche de la relation pluie-débit par la méthode du mini-simulateur de pluie; présentation de dispositifs de mesure de l'érosion.
- Module 7* : Voyage d'études avec visite d'aménagements hydro-agricoles (CNABRL ou Coteaux de Gascogne), aménagements hydrauliques (CNR), bassins versants expérimentaux du CEMAGREF dans les Alpes de Haute Provence et traitement des eaux (station d'épuration de Mèze).

### 3- Projets et conclusions

Outre l'organisation de ce stage à un rythme annuel, le Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM s'est fixé comme objectif d'organiser en 1992 ou 1993 :

- un stage de 2 à 3 semaines, en langue anglaise, portant sur les technologies modernes d'acquisition et de traitement des données;
- un stage de 2 semaines, en langue française, portant sur les traitements statistiques et les outils logiciels de modélisation hydrologique.

Ces projets illustrent bien l'importance donnée par l'ORSTOM à la formation dans le domaine de l'hydrologie opérationnelle et le souci de cet organisme, pour lequel l'enseignement n'est pas la vocation première, de pallier à l'absence de cours spécifiques.

## VI - EXPOSE de D. BILLARD (Société HYDROLOGIC)

### Formation et développement technologique : point de vue d'un constructeur

La Société HYDROLOGIC (Grenoble) a repris les activités du département "mesures" des Sociétés NEYRPIC/NEYRTEC en 1986, dans l'objectif de relancer les études de nouveaux matériels dans le domaine des mesures en hydrologie. HYDROLOGIC a décidé de conserver le principe du "bulle à bulle" qui avait fait la renommée de NEYRPIC (Telimnip), tout en s'attachant à moderniser ces matériels pour mieux répondre à la demande des utilisateurs.

Les adaptations ont porté sur le développement de capteurs dits "intelligents", sur la mémorisation des données sur site, sur la mise au point de systèmes à mémoire avec interrogation à distance par téléphone, sur le remplacement des bouteilles d'air comprimé par des compresseurs de faible encombrement. Cette évolution technologique s'est faite avec le souci de rendre possible l'adaptation des matériels déjà en service.

Afin d'orienter les utilisateurs dans le choix des matériels et de permettre une meilleure utilisation optimisée de ces nouveaux équipements, la Société HYDROLOGIC propose depuis quelques mois des stages de formation de 3 à 5 jours, pour 8 personnes au maximum, soit dans ses propres locaux, soit dans la

société concernée. Actuellement ces stages sont fait "à la carte" et à la demande (formation des personnels de la CNR, intervention de 6 h dans le stage de l'ORSTOM,...).

## VII - EXPOSE de I. JARRAR (AGRHYMET)

### Compléments sur la formation de techniciens à AGRHYMET

La présentation des activités d'AGRHYMET en matière de formation des techniciens supérieurs en hydrologie a été faite lors de l'Atelier précédent (chapitre V).

I. JARRAR rappelle que le programme AGRHYMET s'est accompagné d'un large développement des réseaux hydrométriques, d'où l'urgente nécessité de former des opérateurs de terrain rapidement opérationnels. L'examen attentif du programme du cours montre que l'accent est mis en priorité sur l'opérationnel : 660h d'hydrométrie, 230 heures de pluviométrie,... au cours desquelles toutes les étapes qui conduisent de l'acquisition de l'information in situ et à son traitement informatique, sont largement mises en pratique. Le module d'informatique de 50 heures ne comprend aucune initiation à la programmation mais au contraire cherche à donner aux étudiants une bonne connaissance des logiciels existants, qu'ils auront à utiliser dans leurs Services respectifs.

Cette formation répond bien aux besoins des pays du CILSS, si l'on en juge par les enquêtes faites auprès des Etats. Le technicien supérieur en hydrologie formé à AGRHYMET est en mesure d'effectuer correctement toutes les tâches qui lui sont demandées.

## DEBAT GENERAL sur le thème "La formation des hydroniciens"

### 1) *Intervention de C. BOCQUILLON*

Deux observations :

a- dans les exposés précédents, la mesure des paramètres de qualité de l'eau ne semble pas avoir été prise en compte.

b- les stages de formation décrits par B. THEBE concernent surtout le recyclage des hydroniciens et donc la formation permanente. La formation de base a été relativement peu abordée (sauf AGRHYMET) et il faudrait pouvoir imaginer ce qu'elle devrait être. Des essais ont été faits au travers d'un DU (voir l'exposé de B. THEBE) ou d'un DEUST de l'Environnement. Ces formations n'ont pas été - ou ne sont pas - des réussites. Pourquoi ? Parce que l'on ne connaît pas les besoins dans ce domaine. Il ne faut pas confondre les résultats d'une enquête auprès de différents services avec le nombre de postes qui seront effectivement ouverts, nombre qui donne les vrais besoins de formation.

Réponse de JP. DUPOUYET :

a) la mesure des paramètres de qualité demande une formation de base équivalente et une formation spécifique adaptée au capteur (voir exposé de D. BILLARD);

b) le problème des besoins est effectivement LE problème de fond qui n'a pas de réponse. Il semble néanmoins - avis personnel - que les problèmes de l'eau prennent chaque jour plus d'importance et il est certain que le métier d'hydronicien ou de technicien de l'environnement ne soit pas menacé.

### 2) *Intervention de S. PIEYNS*

Estime que le domaine de compétence de l'hydronicien doit être élargi à tout le domaine de l'eau dans l'environnement. Il s'agit d'un métier contraignant qu'il faut valoriser au maximum, non seulement en prévoyant un plan de carrière et des salaires corrects, mais aussi en assurant une polyvalence dans le domaine de la mesure, appuyée sur de solides connaissances de base. Cette compétence devrait conduire à faciliter la création d'emplois. Elle doit être obtenue par une formation de tronc commun, complétée par des stages spécifiques et des recyclages en formation continue.

### 3) *Intervention de B. AMBROISE*

Intervention en tant que responsable de la gestion de bassins expérimentaux. Partage totalement l'avis qui vient d'être exprimé quant à la polyvalence de

l'hydraulicien et insiste sur les besoins "énormes" qui existent dans ce domaine, la formation "sur le tas" étant insuffisante pour y répondre.

Réponse de JP. DUPOUYET :

Il se dégage un accord entre les intervenants pour considérer que l'hydraulicien doit être un technicien de la mesure dans le domaine de l'hydrologie, ce terme étant pris dans son sens le plus large.

*4) Intervention de B. POUYAUD*

B. POUYAUD n'est pas d'accord sur le principe d'une distinction entre hydrauliciens de terrain et hydrauliciens de bureau. Il est essentiel que les hommes de terrain traitent eux-mêmes les données qu'ils ont collectées - ou participent de très près au traitement : c'est la meilleure façon de détecter et de corriger les erreurs de mesure.

Par ailleurs, il ne faut pas sous-estimer l'importance du compagnonnage, qui d'ailleurs fonctionne dans les deux sens : de nombreux jeunes chercheurs de l'ORSTOM ont beaucoup appris avec les techniciens sur le terrain et il est inquiétant de savoir qu'aujourd'hui beaucoup de jeunes chercheurs en hydrologie n'ont jamais fait un seul jaugeage.

*5) Intervention de M. ROCHE*

M. ROCHE pense que le métier d'hydraulicien suppose une bonne formation de base qui s'acquiert dans les lycées techniques (y compris des notions pratiques en électronique et en informatique) et que le "reste" est une question d'adaptation aux matériels et aux nouvelles technologies : cette formation est faite au cours de stages spécifiques de courte durée (souvent chez les fabricants, comme HYDROLOGIC) et relève de la formation continue. Parler de formation de base ne semble pas la meilleure façon de progresser.

*6) Intervention de Ph. BOIS*

Il est certain qu'aujourd'hui le recrutement d'hydrauliciens est très difficile et que beaucoup d'employeurs sont amenés à prévoir une formation complémentaire souvent improvisée. On peut, sur ce point, regretter que l'Etat qui est le plus gros employeur d'agents techniques n'ait pas maintenu un niveau d'hydrologie important dans ses écoles comme les T.P.

Il manque de toute évidence en France une formation de DUT ou IUT en "hydraulique/hydrologie/qualité de l'eau" mais il faut être bien conscients que



pour monter un projet d'enseignement, il faut commencer impérativement par évaluer les débouchés. Il faut au moins deux ans pour monter un projet qui porte sur un minimum de 12 étudiants, trois ans pour sortir des diplômés et une prospective d'une bonne dizaine d'années. Il ne faut pas se faire d'illusions : en France, il n'existe pas - à notre avis - un marché de 120 hydroniciens à l'échelle de dix ans.

### **7) Intervention de JP. TRIBOULET**

JP. TRIBOULET rappelle qu'il existe à l'OMM, de manière institutionnelle, une fonction de technicien supérieur (niveau 3) et dans les documents afférents à la formation professionnelle de ces agents, pour les domaines de la météorologie et de l'hydrologie, une formation très étendue aux Sciences de l'Eau, y compris à la qualité et à l'observation des eaux souterraines.

Il n'est d'ailleurs pas étonnant qu'AGRHYMET, très fortement liée à l'OMM, propose des formations très complètes (comme cela a été présenté). I. JARRAR est d'ailleurs passé assez rapidement sur une formation de techniciens spécialisés en instrumentation, formation faite à la demande des Services météorologiques qui se sont mis à l'électronique et à la transmission radio BLU avant les hydrologues et formation qui a bénéficié à de nombreux techniciens africains, hydroniciens inclus.

### **Conclusion de JP. DUPOUYET**

JP. DUPOUYET se félicite que l'hydronicien soulève autant d'intérêt et qu'une large majorité ait tenu à souligner son importance et l'impérieuse nécessité d'une formation très élargie à tous les aspects de l'hydrologie opérationnelle. Il souhaite que la table ronde puisse aboutir à des recommandations dans ce sens.



## CHAPITRE VII

## LA FORMATION EN HYDROLOGIE OPERATIONNELLE

## ATELIER 6 : FORMATION CONTINUE

Animateur : Serge PIEYNS  
Chef de la Mission Technique FORMATION  
à l'ORSTOM

## 1 - EXPOSE INTRODUCTIF DE S. PIEYNS

Dans la phase de préparation de cet atelier, une enquête a été menée auprès des responsables du secteur de la formation continue au sein de nombreux organismes publics et privés à travers toute la France. L'objectif de cette enquête était de pouvoir présenter un état de l'existant dans le domaine de l'hydrologie. Mais il s'est avéré que ce projet était trop ambitieux car le sujet est beaucoup trop complexe : en dehors de la formation "sur le tas", largement citée lors de l'atelier précédent et qui est un type de formation continue "privée", aucun modèle n'a pu être défini. Les représentants de l'OMM et du CEFIGRE présenteront leurs activités dans ce secteur.

**A - Une définition**

*Il est clair que toute espèce qui n'évolue pas est menacée de disparition.* Dans le cas d'une activité professionnelle, l'évolution est le fait d'une formation continue, permanente, qui doit porter aussi bien sur les connaissances générales de base, que sur les nouveautés technologiques.

La formation continue, au sens large, englobe toutes les activités de mise à niveau et de recyclage des individus.

**B - Des objectifs**

Les objectifs de la formation continue sont diversifiés.

On peut citer :

- *l'adaptation à un premier emploi* : avec la possibilité d'élargir les profils de recrutement. Dans les organismes de recherche, les postes sont quelquefois définis avec une précision extrême pour des emplois évolutifs; il en résulte un nombre de candidatures trop limité et le choix d'un candidat qui ne présente pas toujours les meilleures qualités. Le recrutement d'un chercheur plus complet peut s'avérer plus judicieux, si une formation complémentaire - aux frais de l'institut - en fait le spécialiste recherché.

- *l'amélioration de la qualité professionnelle (ou au moins son maintien)* :

- soit pour s'adapter à de nouvelles techniques;
- soit pour exercer de nouvelles fonctions, ce qui est fréquent en raison des perpétuelles mutations d'emploi;
- soit pour accompagner l'évolution de l'environnement culturel, technique et social, le monde de la recherche ne devant pas s'isoler.

- *la préparation aux concours internes et examens professionnels* : cet objectif concerne davantage les établissements à caractère public dans lesquels il est nécessaire de passer des examens pour changer de catégorie.

## C - Les conditions de la réussite

Pour réussir, une action de formation continue doit :

- *mettre en cohérence les besoins de l'établissement et ceux de l'individu* :

- les besoins de l'établissement sont définis par sa démarche (scientifique, commerciale,... suivant sa nature) ET par la politique de l'emploi qu'il mène; ceci suppose évidemment une certaine prospective.
- les "besoins" de l'individu en matière de formation dépendent essentiellement de la dynamique de celui-ci, de son désir de progresser pour atteindre un objectif (niveau d'activité, de responsabilité, promotion, affectation,...) qu'il s'est fixé; ceci dépend beaucoup de son intégration dans une équipe et de l'évaluation de son activité (dans le sens "orientation de sa carrière").

- *s'appuyer sur un plan de formation* : une politique de formation continue s'appuie sur un programme de stages, de sessions de recyclage, d'ateliers... Ces actions ponctuelles doivent être structurées dans le cadre d'un programme

général, issu d'une phase d'évaluation du "terrain". C'est une opération complexe, absolument nécessaire mais que l'on ne sait pas toujours très bien faire.

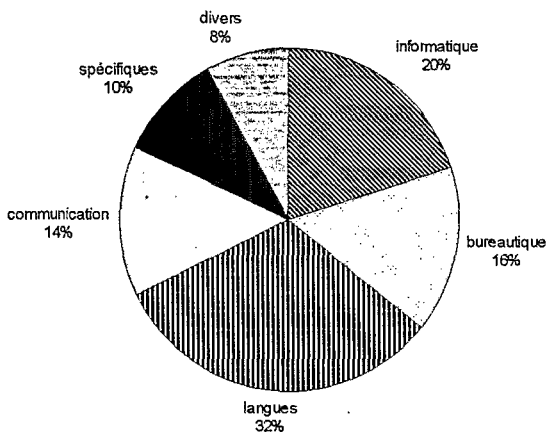
## D - Quelques chiffres sur l'ORSTOM

Exemple de l'année 1991.

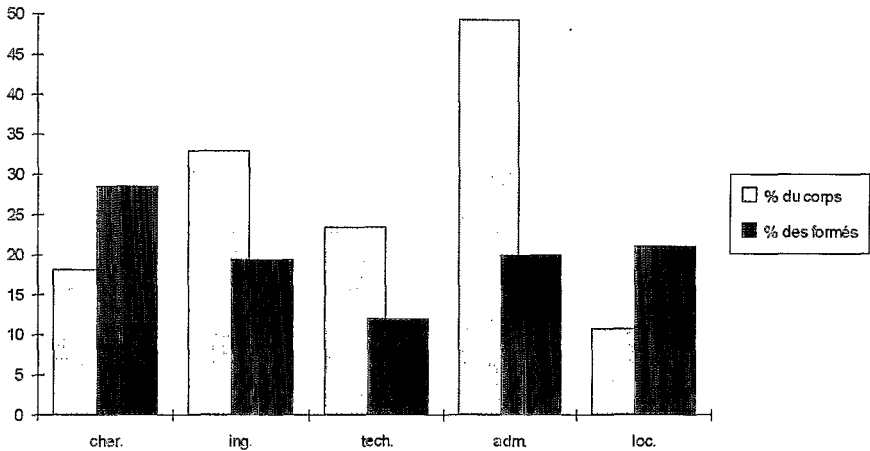
Le budget consacré par l'ORSTOM aux actions de formation professionnelle continue, pour l'ensemble de l'Institut, a été de 3,35 MF. Ce budget a permis de financer une centaine d'actions de formation qui ont bénéficié à 522 agents, dans le cadre de 828 stages (une dizaine de stagiaires par action de formation et jusqu'à 4 stages dans l'année pour un même individu).

Les graphiques font apparaître quelques points qui méritent d'être soulignés :

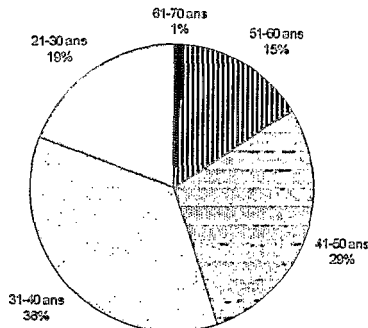
- en dehors des thèmes d'actualité, comme l'informatique (initiation à des langages et/ou logiciels scientifiques) et la bureautique (traitements de texte, tableurs), on remarque le fort pourcentage des langues (plus de 30% des actions de formation, expliqué par la vocation internationale de l'ORSTOM et l'échéance européenne) ainsi qu'un effort important dans le domaine des techniques d'information et de communication; les formations spécifiques dans le domaine scientifique ne représentent que 10% du total.



• l'idée, communément admise à l'ORSTOM, que la formation continue intéresse peu les chercheurs (ceux-ci se "formant" au quotidien par leurs travaux) mérite d'être un peu corrigée : plus de 18% des chercheurs (ce qui représente 1/3 du corps, soit plus de 800 personnes) bénéficient d'une action de formation; on remarque la forte présence des administratifs, la bonne participation des ingénieurs et le manque de réceptivité des agents locaux (recrutés sur place).

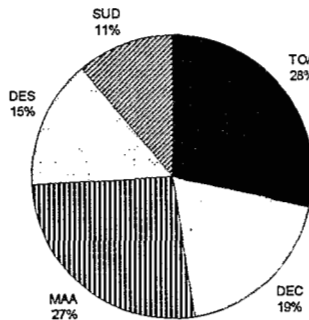
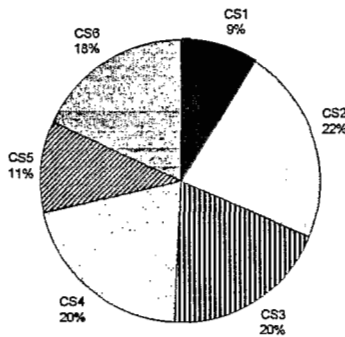


• la répartition par classes d'âge, qui montre que la formation est effectivement continue dans la carrière du personnel : encore 15% des Orstomiens de plus de 51 ans y participent, la classe d'âge 31-40 ans étant la plus concernée.



L'âge moyen est de 42 ans pour les chercheurs et les ingénieurs, de 37 pour les techniciens, de 34 pour les administratifs et de 27 ans pour le personnel local.

- dans le domaine plus particulier de l'hydrologie, on observe une participation active qui se situe dans les premiers rangs, que l'évaluation soit faite par Commission Scientifique (la CS2 est celle des hydrologues et des pédologues) ou par Département (le DEC regroupe presque la totalité des hydrologues de l'ORSTOM, en plus de certains pédologues et hydrobiologistes).



En conclusion, les points de discussion suivants pourraient être proposés pour la table ronde :

- 1- évaluation des besoins et de l'offre et adéquation entre les deux;
- 2- valorisation du potentiel français et européen pour répondre à la demande des P.V.D.;

3- coordination nationale et européenne dans ce domaine, car la formation continue coûte très cher;

4- la formation continue n'est-elle pas un moyen de favoriser la pluridisciplinarité au niveau des équipes et de ne pas trop alourdir les formations de tronc commun ainsi que les études diplômantes ?

## 2 - EXPOSE DU DR. MILLER (OMM - Département d'Hydrologie)

### Les besoins de formation en hydrologie à travers le monde

En 1977, la Conférence Mondiale des Nations Unies sur l'Eau s'est tenue à Mar del Plata en Argentine. La première résolution prise à l'issue de cette conférence faisait état de la nécessité d'organiser, et de renforcer lorsqu'ils existent, des programmes de formation pour les météorologues, les hydrologues et les hydrogéologues.

En 1990, le Secrétaire Général des Nations Unies a demandé conjointement à l'OMM et à l'UNESCO de faire le bilan des actions entreprises dans ce domaine depuis la conférence de Mar del Plata. Des consultants ont été recrutés et un rapport a été établi, qui met en évidence :

- que les problèmes liés à la disponibilité de personnels qualifiés dans les différents secteurs de l'eau subsistent dans de très nombreux pays, particulièrement en Afrique et dans le Pacifique;
- que des efforts très importants ont été faits par les institutions internationales, régionales et même nationales compétentes pour la formation de techniciens et d'ingénieurs.

Il a été relevé des problèmes liés au manque de professeurs qualifiés, même pour la formation générale de base. On a remarqué aussi que si il était relativement facile de former des techniciens de terrain, il est beaucoup plus difficile de leur donner une formation de "managers".

Mais le véritable problème qui se pose dans ces pays est celui de la rétention du personnel qualifié après sa formation : il est apparu avec une grande netteté que la plupart des efforts de formation étaient réduits à zéro par le départ des personnes formées vers le secteur privé.



La principale recommandation du récent rapport est faite aux agences nationales en vue de l'amélioration des conditions d'emploi; c'est en effet la seule manière de lutter contre les départs et d'éviter un *gaspillage* total des investissements en matière de formation.

Il apparaît clairement que dans la situation actuelle, il est difficile de parler de formation continue qui doit (suivant le rapport) "suivre l'individu au cours de sa carrière". Encore faut-il que cette carrière existe.

### 3 - EXPOSE DE Nouredine BOUTAIEB (CEFIGRE)

Créé en 1976, à la veille de la conférence de Mar del Plata et confirmé par l'ONU pour répondre aux besoins de formation dans le domaine de l'eau, le CEFIGRE - Centre de Formation Internationale à la Gestion des Ressources en Eau (voir présentation page suivante) - occupe un créneau assez particulier. Sa mission principale est de compléter les formations reçues par les ingénieurs lors de leurs cursus universitaires, soit par un recyclage (formation continue), soit par des cours ciblés sur des secteurs plus pratiques, sur les tâches quotidiennes des responsables et des gestionnaires des systèmes d'eau.

Le CEFIGRE est l'une des branches de l'OIE (Office International de l'Eau) qui vient d'être créé, l'autre composante étant la Fondation de l'Eau de Limoges dont la tâche est la formation des techniciens des métiers de l'eau (sens large).

Le CEFIGRE utilise les compétences nationales et un réseau de 300 experts/consultants pour l'organisation :

- de 20 à 25 sessions de formation au niveau international;
- de séminaires/ateliers de courte durée qui permettent de réunir des responsables sur des thèmes majeurs de la gestion de l'eau, comme la lutte contre la pollution industrielle, la politique financière, l'aménagement du territoire, les stratégies de gestion à long terme,... (thèmes récents);
- de stages spécifiques à la demande de certains pays ou de certaines organisations régionales (riverains du Zambèze, impact sur l'environnement des projets d'irrigation, études d'impacts en région méditerranéenne pour la Banque Mondiale...).

Les tableaux suivants donne un aperçu des activités du CEFIGRE, en particulier la liste complète des stages organisés au cours de l'année 1991.

## PRESENTATION DU CEFIGRE

DENOMINATION	CENTRE DE FORMATION INTERNATIONALE A LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU
CREATION	En 1976, sur une initiative conjointe du programme des Nations Unies pour l'Environnement et du Ministère Français de l'Environnement
STRUCTURE JURIDIQUE	Association régie par la loi de 1901 à but non lucratif
PRESIDENT	Monsieur Ivan CHERET
DIRECTEUR GENERAL	Monsieur Denis ROBERT
ADRESSE	CEFIGRE Sofia Antipolis - BP 113 06561 VALBONNE Cedex 1 France Tel : 92945800 Tx : 461 311 F Fax : 93654402
VOCATION ET MISSIONS	Le CEFIGRE est un instrument de développement des ressources humaines mis au service des pays pour leur permettre d'assurer une gestion rationnelle de leur patrimoine d'eau. Sa mission spécifique est multiple, elle est à la fois : <ul style="list-style-type: none"> <li>• d'être opérateur de formation</li> <li>• de promouvoir et de développer la formation</li> <li>• de stimuler les échanges d'expériences</li> <li>• de disséminer les approches novatrices</li> </ul>
MECANISMES ET PARTENAIRES	Pour assurer sa mission, le CEFIGRE dispose d'un certain nombre de mécanismes originaux : le Conseil Scientifique International et un vaste réseau d'experts
INTERVENTIONS	Pour répondre au mieux aux besoins et s'adapter au contexte local, l'action du CEFIGRE revêt des formes très variées : sessions de formation nationales et internationales, mise en place de structures de formation, gestion et animation de réseaux, conseils

## ACTIVITES DU CEFIGRE

### SESSIONS INTERNATIONALES DE FORMATION

- 178 cours (en moyenne : 22 par an)
- 2892 participants

### SEMINAIRES ET ATELIERS (sur des thèmes spécifiques)

- lutte contre la pollution industrielle (Abidjan-1985)
- gestion de l'eau (Beijing-1985, Brésil-1983)
- lutte contre la pollution (Chine-1987)
- politiques financières (Marrakech-1988)
- aménagement du terroir villageois (Burkina-1989)
- réutilisation des eaux usées (Sophia Antipolis-1989)
- stratégies de gestion des ressources en eau à long terme (Alger-1990)
- gestion des eaux usées (Chao Phraya river) (Bangkok-1990)
- ateliers sur le fonctionnement des centres de formation (ESCAP-1989)

### COURS DE FORMATION NATIONAUX OU REGIONAUX (pour répondre à des besoins spécifiques)

- gestion du fleuve Zambèze (PNUE)
- gestion des stations d'épuration (PAP/CAR-1988 et 1990)
- impact sur l'environnement des projets d'irrigation (Comité du fleuve Mekong-1990)

### APPUI / MISE EN PLACE DE CENTRES DE FORMATION

Missions d'évaluation : PNUD, BIT, PNUE, DANIDA, FINNIDA, UNDTCD  
Formation de formateurs : BENIN, BURKINA, GUINEE, MALI, TUNISIE  
Appui à la mise en place de centres de formation

### ACTIVITES DE CONSULTING

- stratégies pour l'eau et l'assainissement à Madagascar et aux Comores (pour la Banque Mondiale)
- évaluation de projet de la DANIDA en Afrique de l'Ouest
- étude de l'assainissement en Afrique (UADE / GTZ / Coopération)

**PROGRAMME 1991 DU CEFIGRE**

CODE	TITRE/TITLE	DATES	LIEU/CITY
<b>I EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT</b>			
1.1	<i>Management of Urban Services : Water and Sanitation</i>	6-21 April	Bangkok
1.2	Informatique scientifique et de gestion pour les entreprises du secteur eau	1-19 juin	Sophia Antipolis
1.3	Exploitation des usines et réseaux d'alimentation en eau potable	15 juin-24 juillet	Limoges La Souterraine
1.4	Utilisation de l'informatique, de la télégestion et des automates programmables	15 juin-24 juillet	Limoges La Souterraine
1.5	<i>Opération of Sewerage Systems and Domestic Sewage Treatment Plants</i>	3 August - 11 September	Limoges La Souterraine
1.6	Mise en oeuvre des technologies appropriées pour l'alimentation en eau potable et l'assainissement dans les pays en développement	3 août - 11 septembre	Limoges La Souterraine
1.7	Assainissement urbain : techniques et expériences innovantes	7-25 septembre	Lomé
1.8	Gestion des services urbains d'eau et d'assainissement	5-23 octobre	Ouagadougou
1.9	<i>Management of Water Supply and Sanitation Services in Rural Growth Centers</i>	30 November - 18 December	Nairobi
<b>II IRRIGATION</b>			
2.1	Management des périmètres irrigués (I) : management stratégique et gestion des ressources humaines et financières	2 - 27 mars	Montpellier / Nîmes
2.2	Management des périmètres irrigués (II) : exploitation et maintenance des infrastructures	30mars-24avril	Montpellier / Nîmes
2.3	Management des périmètres irrigués (III) : conduite des irrigations, participation des irrigants à la gestion, conseil et vulgarisation	27 avril-22mai	Montpellier / Nîmes
<b>III ENVIRONNEMENT ET RESSOURCES</b>			
3.1	<i>Wastewater Reuse</i>	19-30 January	Cairo
3.2	<i>River Water Quality Management</i>	23 March-10 April	Nairobi or Harare
3.3	<i>Environmental Impact Assessment</i>	1-19 June	Bangkok
3.4	Lutte contre les pollutions d'origine industrielle	15 juin-24 juillet	Limoges
3.5	<i>River Basin Management</i>	2-20November	Bangkok
3.5	Economies d'eau	7-18 décembre	Sophia Antipolis
<b>IV ASPECTS INSTITUTIONNELS</b>			
4.1	Financement et recouvrement des coûts des services d'approvisionnement en eau et d'assainissement	3-14 février	Cotonou
4.2	Gestion communautaire des systèmes d'alimentation en eau potable et d'assainissement en milieu rural	30 mars-17 avril	Afrique
4.3	<i>Community Management of Water Supply and Sanitation Schemes</i>	1-19 June	Harare
4.4	Formation des formateurs aux métiers de l'eau et de l'assainissement	3 août-11 septembre	Limoges La Souterraine
4.5	<i>Financing and Cost Recovery of Water Supply and Sanitation Services</i>	7-18 September	Harare
4.6	Centres de formation professionnelle du secteur eau	2-20 novembre	Ouagadougou
4.7	<i>Human Resources Development Planning</i>	30 November - 18 December	Nairobi

## DEBAT GENERAL sur le thème " La formation continue "

### A - Intervention de JP. TRIBOULET (CIEH)

JP.TRIBOULET trouve excessif le mot "gaspillage", utilisé par le Dr. MILLER, au sujet des fréquents transferts des hydrologues du secteur public vers le secteur privé. Il cite en exemple le cas d'un pays en développement où trois anciens chefs de service du secteur "hydraulique/hydrologie" se sont lancés dans la pratique de l'ingénierie dans le même domaine et obtiennent de remarquables résultats, en partie grâce à leur expérience passée.

#### Réponse du Dr. MILLER :

Le mot "gaspillage" est peut-être un peu trop fort mais le but de la formation continue dont nous parlons aujourd'hui est d'abord de former des cadres du secteur public, qui dans beaucoup de pays est très déficitaire en responsables de haut niveau.

### B - Intervention de F. MONIOD (ORSTOM)

Demande d'un complément d'information sur la formation des techniciens, considérée par N. BOUTAIEB comme plus facile et plus courante que celle des ingénieurs, thèse qui semble en contradiction avec les deux ateliers antérieurs.

#### Réponse de N.BOUTAIEB :

La situation est effectivement inversée entre la formation de base et la formation continue; de nombreuses sociétés disposent de structures permanentes pour le recyclage de leurs techniciens (hydrométristes, puisatiers, fontainiers,...) alors que les structures équivalentes pour les ingénieurs sont très rares - N.BOUTAIEB n'en connaît pas - et c'est le rôle d'organismes comme le CEFIGRE de proposer cette formation. Le problème est de connaître quels sont les besoins réels et de trouver les financements nécessaires pour organiser les stages et assurer la prise en charge des stagiaires (bourses).

### C - Intervention de B. DIENG (EIER)

La formation continue est largement pratiquée à l'EIER où elle a bénéficié à plus de 500 stagiaires. C'est pour l'EIER un moyen de collaboration facile à mettre en oeuvre qui permet de se mettre en contact avec des milieux socio-professionnels différents, ouverts sur des cas concrets.

C'est ainsi que l'EIER a opté pour une formation continue orientée vers l'extérieur : environ 80% des stages sont organisés hors de l'école, qui intervient seulement pour l'organisation et la coordination pratique du stage.

Enfin, une réserve à propos de la collaboration nord-sud dans le domaine de la formation continue. Il faut faire très attention aux conflits (double emploi par exemple) et au gaspillage (cas d'une secrétaire amenée à faire un stage sur un logiciel de traitement de texte...en Europe !).

#### **D - Intervention de I. JARRAR (AGRHYMET)**

En matière de formation continue, le centre AGRHYMET organise 2 à 3 stages par an d'une durée de 3 semaines et qui réunissent une vingtaine de stagiaires; ces stages traitent de sujets d'actualité comme l'instrumentation, l'hydrologie appliquée aux petits bassins,... Il est prévu d'organiser aussi des stages de plus longue durée (6 mois); un essai est fait actuellement, avec l'appui financier de l'OMM, dans le domaine de l'agrométéorologie.

I.JARRAR signale les difficultés rencontrées pour toucher les personnes effectivement ciblées : trop souvent, ce sont les mêmes individus qui bénéficient de plusieurs stages et dans des domaines où ils ne sont pas compétents.

#### **E - Intervention de J. DELAHAYE (ENITRTS)**

La formation continue à l'ENITRTS s'adresse en premier lieu à tous les ingénieurs et techniciens du Ministère de l'Agriculture et plus généralement aux IT du secteur privé ou parapublic.

Cette formation est très importante et comprend en moyenne chaque année :

- 50 à 60 sessions de formation d'une semaine en général;
- 1000 stagiaires et 300 conférenciers.

Un point très important est celui des besoins qui sont évalués :

- par l'évaluation systématique faite à l'issue de chaque stage;
- par une enquête annuelle auprès de tous les anciens élèves;
- lors de la réunion annuelle d'une Commission de la Formation Continue (qui comprend des représentants des ministères concernés, des enseignants mais aussi des "employeurs").

## F - Intervention de A. MUSY (EPFL)

Sur le problème de l'articulation nord-sud dans le domaine de la formation continue, comme dans celui de la formation opérationnelle, et plus particulièrement sur leur localisation géographique : ces formations devraient se faire dans des pays à *zone climatique homogène*. Il n'est pas justifié de déplacer des gens pour parler de problèmes concrets qui n'ont rien de commun avec les cas qui peuvent être montrés en Europe.

### Réponse de S. PIEYNS :

1- la notion "d'articulation nord-sud" est effectivement fondamentale mais pour articuler il faut d'abord connaître les besoins et pour cela il faut avoir des relais sur le terrain, de véritables réseaux internationaux;

2- pour la localisation des stages, l'idée de régionalisation est très importante mais le thème du stage est prépondérant : il peut être plus facile - et moins coûteux - de déplacer des stagiaires que des matériels ou des équipements...

## G - Intervention de G. JACCON (ORSTOM)

- au sujet de la localisation des stages : le stage ORSTOM sur les technologies nouvelles (présenté par B. THEBE dans l'atelier précédent) d'une durée de huit semaines pourrait difficilement être "exporté" dans la mesure où il repose sur une véritable intégration des stagiaires au sein du Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM; les animateurs sont des chercheurs ou ingénieurs ORSTOM, basés à Montpellier et en nombre équivalent à celui des stagiaires.

- au sujet du "gaspillage", il existe aussi dans une insuffisante discrimination au niveau de la sélection des agents formés; comme cela a été signalé par B. DIENG, il arrive fréquemment que des agents subalternes soient dirigés vers des stages qui ne correspondent pas du tout à leur formation de base et dont ils ne tirent évidemment aucun profit; au contraire...

### Réponses du Dr. MILLER :

- la sélection des stagiaires est un problème très difficile et non résolu de manière satisfaisante à ce jour;

- l'organisation de stages de formation dans les PVD est nécessaire mais cela exige, au préalable, le développement des possibilités de ces pays par une aide internationale importante; si pour les africains francophones, il existe à

OUAGADOUGOU (EIER) et à NIAMEY (Centre AGRHYMET) des structures opérationnelles, ce n'est pas le cas pour les anglophones; aussi l'OMM, avec le soutien technique d'instituts européens (BRUXELLES, DELFT, PERUGIA, NEWCASTLE) et la participation financière de l'Allemagne et de l'UNESCO, vient de lancer un cours d'hydrométéorologie "post-grade" d'une durée de 9 mois au Centre régional de formation en météorologie de NAIROBI; l'OMM espère beaucoup que cette expérience sera concluante et qu'il sera possible d'y créer un centre de formation permanent.

#### H - Intervention de M. DESBORDES (ORSTOM)

Cite une expérience d'enseignement "à distance" dans le domaine de l'hydrologie en milieu urbain, à laquelle il participe actuellement avec des collègues danois et irlandais. Cette solution pourrait être très efficace, pour la formation continue des ingénieurs et pour l'apprentissage de progiciels par exemple.

##### Réponse de S. PIEYNS :

Ce point aborde les outils de la formation qui ont une très grande importance. Ces techniques d'enseignement à distance par des moyens télématiques modernes sont peu utilisées en France actuellement mais devraient se développer rapidement comme le montre l'expérience citée et comme cela existe aux USA depuis plus de 10 ans. Les moyens mis en oeuvre sont assez onéreux et leur emploi nécessitera l'organisation de réseaux internationaux. Il s'agit là, indiscutablement d'un outil de grand avenir.

### CONCLUSIONS

N. BOUTAIEB soulignent à nouveau quelques points qui lui paraissent essentiels :

- en premier lieu, que la formation continue ne peut, en aucun cas, être dissociée de la gestion des ressources humaines : on gère les hommes, et dans cette gestion, la formation intervient au même titre que la motivation ou le suivi des plans de carrière.



- pour mettre en place un système de formation continue performant, il faut établir des plans de formation et pour cela il faut connaître les besoins : si cela est relativement facile pour les techniciens, même dans les PVD, évaluer la demande en ingénieurs pour les années à venir est une tâche infiniment plus complexe, voir impossible dans les PVD en raison de la rareté des cadres supérieurs capables de le faire; on procède donc à l'envers, c'est à dire établir des programmes de formation et faire des appels d'offres pour rechercher les candidats.

- il n'est pas normal que de très nombreuses personnes formées n'occupent pas les emplois correspondants aux compétences acquises; soit parce qu'elles s'orientent vers d'autres secteurs ou d'autres structures internationales (et ne reviennent que rarement à leur structure d'origine), soit parce que la formation ne s'accompagne pas d'une promotion statutaire.

- enfin, il faudrait qu'une prise de conscience ait lieu quant à la nécessité de former de manière continue les cadres et responsables; on estime trop souvent que ceci est un luxe inutile et il est extrêmement difficile de trouver les ressources financières indispensables.

S. PIEYNS conclut en rappelant qu'effectivement tout dépend de la bonne définition des besoins, basée :

- pour l'employeur, sur sa politique scientifique (cas des EPST) ou autre et de sa politique de gestion de ses ressources humaines;
- pour l'individu, sur la prise de conscience qu'il a de l'importance de la formation continue pour sa promotion personnelle.



## CHAPITRE VIII

### LA FORMATION EN HYDROLOGIE OPERATIONNELLE

#### TABLE RONDE

Président : G.JACCON (ORSTOM)  
Animateurs : Pr M.DESBORDES (LHM/USTL)  
JP DUPOUYET (SHC Garonne)  
S.PIEYNS (ORSTOM)

#### I - EXPOSE PRELIMINAIRE DE C. TRUCHOT (MEN)

C.Truchot qui occupe la fonction de Chef du Service de l'Eau du Ministère de l'Environnement, fait un exposé préliminaire aux travaux de la Table Ronde sur la politique suivie par son Ministère pour la formation des Hydrologues.

Les points principaux développés sont les suivants :

##### A - Avenir de l'hydrométrie

Plusieurs indices montrent que la situation n'est pas aussi mauvaise qu'on le pense et que la profession de techniciens en hydrologie (au sens large, qualité de l'eau superficielle et souterraine comprise) a un avenir certain.

Ces indices favorables sont :

- l'accroissement de la réglementation communautaire européenne en matière de qualité de l'eau; la Commission européenne exerce une forte pression sur les états membres, et sur la France en particulier, pour que les directives concernant les contrôles de qualité soient appliquées;

- la médiatisation actuelle sur les problèmes de l'eau (accentuée par 3 années consécutives de sécheresse) entraîne une plus grande sensibilisation de l'opinion publique, et par suite du pouvoir politique, aux questions concernant l'environnement; l'une des premières conséquences est le doublement des programmes d'intervention des Agences Financières de Bassin;

- la grande mutation qui s'opère actuellement dans les structures régionales opérationnelles en hydrologie avec le regroupement des SRAE (Services Régionaux d'Aménagement des Eaux, ex-tutelle du Min. de l'Agriculture) et des SHC (Services Hydrologiques Centralisateurs, ex-tutelle du Secrétariat d'Etat. aux Transports) au sein des DIREN, Directions Régionales de l'Environnement. Ces Directions Régionales devraient à terme constituer de véritables services hydrologiques régionaux, sous tutelle du MEN et des synergies devraient s'établir dans chaque région, notamment dans le domaine financier avec les Agences de bassin.

## **B - En matière de formation**

La formation des hydrologues de terrain est considérée comme un point de la plus grande importance par le Ministère de l'Environnement.

Mais la mise en place de structures de formation de base pour les jeunes, ou continue pour les agents recrutés, est un problème difficile à résoudre dans le cadre de la fonction publique, où les crédits sont normalement affectés aux Directions des Ressources Humaines des différents Ministères. La répartition entre les différents demandeurs favorise rarement le secteur de l'eau, que ce soit au Ministère de l'Agriculture ou à celui de l'Equipement. Ce devrait être plus facile dans le cadre du Ministère de l'Environnement.

Néanmoins un projet de création d'un Centre de formation en hydrologie, pour les agents du Ministère de l'Equipement est actuellement très avancé.

Il faut insister à nouveau, comme cela a été fait lors de l'atelier précédent, sur le fait que la formation continue est tout à fait indissociable de la gestion des carrières, ce qui n'est pas non plus une chose très facile dans la fonction publique en raison des "traditions", dites de mobilité, qui existent dans de nombreux corps d'agents de l'Etat et qui veulent que les fonctionnaires changent périodiquement de secteur d'activités : ceci pose évidemment des problèmes lorsque ces règles s'appliquent à des "spécialistes".

En résumé :

- l'hydrologie opérationnelle devrait retrouver une nouvelle vitalité dans un proche avenir (suivi des rivières, problèmes d'environnement) et une meilleure organisation structurelle par la création des Directions régionales de l'Environnement;

- les problèmes liés à la formation des personnels devraient être mieux résolus par le regroupement des agents au sein d'un même ministère.

## II - EXPOSE INTRODUCTIF de G. JACCON

Après un rappel des thèmes développés lors des trois ateliers de la journée - formation des ingénieurs hydrologues, formation des hydroniciens, formation continue des hydrologues et plus particulièrement des ingénieurs et techniciens -, ce débat général pourrait porter sur les points suivants :

- est-il possible d'évaluer correctement les besoins en ingénieurs ? en hydroniciens ?
- quel profil pour les ingénieurs ? pour les hydroniciens ?
  - l'eau au sens large, y compris le domaine souterrain et les aspects chimiques et biologiques ?
  - spécialistes de l'environnement ?
- les formations : leur existence et leur amélioration
  - pour les ingénieurs
  - pour les techniciens

## III - QUE FAUT-IL ENSEIGNER ?

B. AMBROISE (CEREG - Strasbourg) intervient pour suggérer que le débat puisse commencer par l'examen d'une question qui lui paraît essentielle : *que faut-il enseigner aux hydrologues ?*

En effet l'hydrologie est une science qui d'une part se trouve "à la remorque" de nombreuses autres disciplines - l'hydraulique, l'hydrodynamique, la statistique,...- et dont les concepts de base évoluent de manière très rapide sous l'impulsion des chercheurs. Comment faire passer les résultats de la recherche dans le domaine opérationnel ? comment apporter aux ingénieurs les éléments qui leur sont nécessaires?

B. AMBROISE pose alors un certain nombre de questions précises pour illustrer son propos :

- faut-il continuer à travailler avec les procédures de séparation des hydrogrammes, alors que les méthodes isotopiques ont montré que la séparation classique entre ruissellement superficiel, hypodermique et de base n'était pas fondée ?

- faut continuer à utiliser des concepts, tels que l'hydrogramme unitaire, alors que l'on sait pertinemment, qu'à certaines échelles du moins, les processus sont totalement non-linéaires ?

- faut-il continuer à considérer le bassin versant comme un ensemble indifférencié, alors que l'on sait que seules certaines parties du bassin - concept des zones contributives variables - contribuent à la formation des crues et à la charge physico-chimique des eaux ?

- faut-il continuer à négliger trop souvent les problèmes d'échelles et continuer à enseigner l'hydrologie sur la base d'un découpage en unités artificielles (pluies, climat, eau dans le sol, écoulement superficiel), alors que - semble-t-il - la réponse d'un bassin versant dépend beaucoup plus de l'agencement de ces éléments, essentiellement variables dans le temps et dans l'espace ?

- faut-il continuer à travailler sans introduire les notions d'incertitude et de qualité des données que nous utilisons dans nos modèles ?

B.AMBROISE n'attend pas une réponse directe à chacune de ces questions mais insiste sur le fait qu'il est urgent de les prendre en compte. Il lance l'idée de la réunion de commissions ou de groupes de travail dans lesquels la confrontation des expériences des chercheurs et des ingénieurs pourrait se faire, avec pour

objectif la mise à jour ou la réécriture d'un Manuel d'Hydrologie, qui apporterait une réponse à de multiples questions, celles posées plus haut et beaucoup d'autres.

Plusieurs participants répondent à B.AMBROISE.

**a) M.DESBORDES (UMII / ISIM)**

Le débat entre la recherche en hydrologie - recherche dite fondamentale- et l'hydrologie opérationnelle - dite appliquée - est ancien, continue d'exister et ne cessera sans doute jamais; mais peu importe, l'ingénieur est obligé d'agir et donc de choisir parmi les outils dont il dispose, celui qui lui paraît, en son âme et conscience, répondre le mieux au problème posé. La formation qu'il reçoit ne doit pas masquer l'incertitude de ses résultats et lui montrer qu'il doit faire très attention.

Ceci montre bien que pour pouvoir utiliser plus rapidement les résultats de la recherche, qui sont quelquefois incertains (le principe moteur de la recherche est le doute et non la certitude), il faut des *interfaces* c'est à dire des gens qui font de la recherche de développement, des ingénieurs qui travaillent en liaison étroite avec les chercheurs fondamentalistes.

Il ne faut néanmoins pas se faire trop d'illusions : les apports de la recherche mettront toujours de longues années avant d'être "pris en compte" par les techniciens qui ont aussi leur système d'inertie et sont soumis à d'autres contraintes dans le cadre des projets (aspects économiques ou politiques).

**b) C.TRUCHOT (MEN)**

Il existe effectivement un double interface entre recherche et développement d'une part et dans la normalisation technique d'autre part. On constate l'existence aujourd'hui d'une lacune certaine dans la traduction des résultats de la recherche vers le secteur opérationnel. Il n'existe pas de Service Central d'Hydrologie pour effectuer cette tâche de normalisation. On essaie d'y suppléer au sein du MEN en travaillant en réseau avec les services régionaux, en travaillant au coup par coup. C'est évidemment insuffisant.

### c) C. BOCQUILLON (UMII / LHM)

Cette dualité entre recherche et application n'est pas réservée à l'hydrologie. L'exemple de la médecine est exemplaire : depuis très longtemps, la médecine existe et sait nous soigner, sans toujours bien comprendre comment ni pourquoi certains produits agissent. C'est souvent a posteriori que les chercheurs, chimistes ou biologistes, commencent à comprendre. Nul n'aurait l'idée de se faire soigner par un biologiste moléculaire.

### d) M. ROCHE

Le problème posé par B. AMBROISE a toujours existé mais s'est amplifié par la dichotomie qui est apparue depuis quelques années entre recherches et applications. M. ROCHE pense que c'est un faux problème lié en grande partie à l'attitude des individus - suivant qu'ils se disent chercheurs ou ingénieurs - mais peut être aussi qui est intrinsèque au phénomène lui-même : l'effet d'échelle qui a été évoqué explique peut-être 95% des difficultés que l'on rencontre dans la mise en application des résultats de la recherche. Les progrès sont très lents, le problème est peut-être insoluble mais ce n'est certainement pas une raison pour s'arrêter de travailler.

### EN CONCLUSION :

1- l'évolution des connaissances, sous l'impulsion de la recherche fondamentale, est permanente; il est nécessaire de développer les interfaces entre recherche et applications;

2- un rapprochement entre chercheurs et opérationnels doit être organisé pour permettre la mise à jour ou la ré-écriture d'un manuel d'enseignement de l'hydrologie (proposition de B.AMBROISE).

## IV - LES BESOINS

Ph. BOIS apporte quelques éléments d'information concernant les offres d'emploi qui parviennent chaque année à l'ENSHM de Grenoble. La demande comprend en moyenne (avec un écart-type assez élevé) :

- 5 emplois d'hydrologues à plein temps;



- une quarantaine d'offres demandant des ingénieurs "ayant de bonnes connaissances en hydrologie".

Ce qui correspond, de manière approximative à une vingtaine de postes d'hydrologues, essentiellement pour des compagnies privées et des bureaux d'études, puisque le secteur public possède ses propres écoles.

G. JACCON souligne :

- que les ingénieurs, issus des secteurs "eau" des écoles comme l'ENSHMG, l'ENSEEHIT ou l'ISIM ne rencontrent pas de difficultés majeures pour trouver un emploi, dans lesquels l'hydrologie intervient au moins pour partie; il semble donc que, pour les ingénieurs, il existe une bonne adéquation entre l'offre et la demande.
- que pour les hydroniciens, le problème est totalement différent dans la mesure où les besoins sont très mal définis et où la demande porte souvent sur des profils très "pointus" en nombre très limité.

## V - LES PROFILS

### a) B. POUYAUD (ORSTOM)

Pense que les besoins et les profils sont en étroite dépendance. Si les besoins en hydroniciens "quantitatifs purs" sont très réduits, il semble que la demande en techniciens de "l'eau dans l'environnement" soit nettement plus importante et, on peut l'espérer, croissante. Il ne faut donc pas hésiter à élargir le profil des techniciens en hydrologie. Il est très souhaitable que ce soit les compétences de l'hydronicien qui soient étendues, plutôt que ce soit "n'importe qui" qui reçoive des notions d'hydrométrie, ceci afin d'éviter de graves désagréments.

### b) F. MONIOD (ORSTOM)

Revient sur la dualité du profil de l'hydronicien proposée par J. VIDAL au cours de l'atelier correspondant : l'hydronicien de terrain, électrotechnicien spécialiste de la mesure et l'hydronicien de bureau, très informaticien. F. MONIOD, ne partage pas ce point de vue : l'ORSTOM s'est toujours refusé à

cette spécialisation - même si, dans les faits, le technicien de terrain se "sédentarise" progressivement en fin de carrière - car il existe un risque certain de dégradation de la qualité des mesures : il est essentiel que celui qui mesure puisse juger de la précision de son travail. Alors cette dualité n'est-elle pas une conséquence de la *multitude des compétences* qui sont exigées ? On ne peut demander aux agents de tout savoir avec un haut niveau de compétence. Il apparaît ici une contradiction et il faudrait, avant de parler d'élargir le champ d'activités, de définir avec plus de précision que cela a été fait, le champ exact des compétences des hydroniciens ou techniciens de l'eau au sens large.

Réponse de JP. DUPOUYET :

Lorsque J. VIDAL a esquissé le profil d'un hydronicien de terrain et celui, un peu différent de technicien "de bureau", il tentait d'apporter une réponse à la question posée par F. MONIOD : l'amplitude des connaissances demandée aujourd'hui aux hydrologues est telle que l'on peut se demander si un seul individu peut acquérir toutes les compétences nécessaires.

En fait, il apparaît nécessaire d'envisager une formation à deux niveaux :

- l'acquisition d'un niveau de base de type DUT ou IUT, c'est à dire bac+2;
- une formation complémentaire de spécialisation, évolutive au cours de la carrière soit par compagnonnage, soit par le biais de la formation continue qui permet de mieux valoriser les acquis.

**c) C. CHEVERRY (INRA)**

Intervient comme professeur de Sciences du sol, sur la question de l'élargissement des profils. On prendrait un risque certain, en voulant trop élargir le profil des ingénieurs, d'en faire des généralistes qui ne seraient plus des hydrologues. Pour répondre à l'orientation actuelle du secteur de la recherche vers la pluridisciplinarité, celle-ci peut être mieux prise en compte, non pas au niveau des enseignements mais lors des stages en cours ou en fin d'études. Au cours de ces stages, l'étude de cas réels pourrait réunir des étudiants de différentes disciplines (sciences de l'eau et sciences du sol par exemple).

Réponse de G. JACCON :

L'élargissement du profil qui a été proposé concerne les hydroniciens, actuellement trop spécialisés, soit en hydrologie superficielle, soit en hydrogéologie, plus rarement en chimie des eaux.

Un large débat s'établit, dans lequel interviennent plusieurs participants dont (par ordre d'intervention) M. ROCHE, C. BOCQUILLON, C. TRUCHOT, S. PIEYNS, B. POUYAUD, C. THIRRIOT, N. JEANPIERRE et P. TOURASSE, au cours duquel un consensus s'établit pour convenir :

a) pour les techniciens

- que le profil de base de l'hydraulicien moderne doit être celui d'un technicien supérieur spécialiste des mesures physiques du milieu naturel (ou de l'environnement);

- que ce profil est au niveau d'un DUT ou d'un IUT, qui n'existe pas aujourd'hui et dans le cycle duquel une place importante doit être donnée à l'hydrologie quantitative et qualitative, superficielle et souterraine;

- que le programme d'enseignement devra être précisé par une Commission ad-hoc comprenant d'une part des Universitaires, porteurs du projet de création d'un tel DUT/IUT, et d'autre part des spécialistes de l'hydrologie opérationnelle; cette Commission devrait fonctionner sous le principe du volontariat.

- que la distinction entre technicien de terrain et technicien de bureau ne doit pas apparaître au niveau de la formation de base, les spécialisations sur des équipements particuliers ou sur des techniques de mesure devant être acquises dans le cadre de stages.

b) pour les ingénieurs et formations universitaires

- que les aspects chimiques et biologiques devraient être mieux pris en compte dans les programmes;

- que la tendance actuelle - essentiellement liée à des contraintes budgétaires - de limiter les travaux sur le terrain au mieux à quelques demi-journées et au pire à un voyage d'études, doit être corrigée;

- que le maintien des bassins versants "école" (Alsace, Montpellier entre autres) est indispensable.

## VI- CONCLUSIONS et RECOMMANDATIONS

Les principaux enseignements à retenir des travaux de cette journée consacrée à l'hydrologie opérationnelle, lors des trois ateliers consacrés respectivement à la formation des ingénieurs, à la formation des techniciens et à la formation permanente et au cours de cette table ronde, sont les suivants :

- situation satisfaisante dans le domaine de la formation des ingénieurs, aussi bien sur les plans quantitatif (bonne adéquation entre l'offre et la demande) que qualitatif (grande variété des cycles de formation avec un nombre d'heures consacrées à l'hydrologie qui peut être dominant);

- lacune totale dans le domaine de la formation des hydroniciens, c'est à dire des hommes responsables de la mesure et de son traitement préliminaire : la création d'un DUT ou IUT des mesures physico-chimiques en milieu naturel apparaît comme une priorité. Il est recommandé qu'une Université en établisse le projet, à l'élaboration duquel doivent être associés des utilisateurs et pour lequel le Ministère de l'Environnement apportera sa caution;

- cette formation de base, par les écoles pour les ingénieurs, par le DUT pour les techniciens doit être poursuivie dans une formation continue bien structurée, en liaison avec le suivi des carrières des gens appelés à en bénéficier, ce suivi étant une condition première du succès de ces stages de recyclage rendus indispensables par l'évolution ultra-rapide des techniques;

- à la question "que faut-il enseigner ?", la réponse est l'hydrologie prise au sens large et sous toutes ses formes : peu importe que certaines théories soient mises en cause aujourd'hui par l'avancement de la recherche, c'est à l'ingénieur - ou au technicien - qu'il appartient de faire le bon choix.

- la volonté de travailler en réseau, de développer les échanges d'informations dans tous les domaines de la formation des hydrologues et dans un cadre francophone et européen, a été mise en évidence à plusieurs reprises par différents intervenants : il conviendrait de donner une réalité à cette nécessité de concertation.

ALLOCUTION DE CLOTURE

**Allocution de clôture M. Bernard POUYAUD**

**Directeur délégué, représentant le Directeur Général de l'ORSTOM**



Monsieur le Représentant du Ministère de l'Environnement,  
Mesdames et Messieurs, Chers Collègues,

C'est au titre de la réciprocité qu'il m'appartient, au nom de G.WINTER, Directeur Général de l'ORSTOM, de clore cette réunion ouverte hier matin par le Professeur LAGARRIGUE.

Je rappellerai qu'il s'agissait des Septièmes Journées Hydrologiques, autrefois de l'ORSTOM, aujourd'hui de Montpellier. C'est la Commission Scientifique d'Hydrologie/Pédologie de l'ORSTOM qui est l'organisateur de ces réunions et c'est le Laboratoire d'Hydrologie de Montpellier qui en est l'agent d'exécution. Cette année l'ORSTOM s'est associée à l'Université de Montpellier II qui a confié au Laboratoire d'Hydrologie et de Modélisation, dirigé par le Professeur BOCQUILLON, la responsabilité de la co-organisation de cet événement.

Le sujet de ces Journées - la formation des hydrologues - est particulièrement difficile et je suis certain qu'il a apporté quelques soucis aux deux coordinateurs, MM. JACCON et BOCQUILLON. Mais je suis déjà certain par la qualité des participants et par le haut niveau des débats qu'ils ont réussi dans leur entreprise. Je vois deux raisons principales à cette réussite. D'abord la grande différence qui existe entre l'ORSTOM, Institut qui a pour mission de faire de la recherche pour le développement en coopération et l'Université, qui a pour tâche de former des chercheurs. Ensuite la volonté actuelle de rapprochement des deux laboratoires d'hydrologie de l'UM II et de l'ORSTOM pour constituer une unité mixte de recherche.

Je n'aurai pas la prétention de résumer ces débats mais je garderai en mémoire quelques "temps forts" de ces journées, en particulier le merveilleux cadre de cet amphithéâtre, judicieusement réduit par des panneaux bien illustrés et les "bulles" du Professeur Thirriot, qui a su, par ses transparents très imagés, recentrer parfaitement nos débats.

Il me reste pour clore ces Journées à remercier, au nom de l'ORSTOM et de l'UM II, les organisateurs de cette réunion, tout le personnel des deux laboratoires qui s'est beaucoup investi et tous les participants qui ont beaucoup apporté à nos travaux.

Manifestement l'ORSTOM et l'UMII sont plus fortes lorsqu'elles agissent ensemble et c'est une grande satisfaction pour moi.

Je vous remercie.



**ANNEXE**

**LISTE DES PARTICIPANTS**



ALBERGEL Jean	ORSTOM - Dakar
AMBROISE Bruno	CEREG/CNRS URA 95 - Strasbourg
BERTHELOT Marc	ORSTOM - Brazzaville
BILLARD Dominique	Société HYDROLOGIC - Grenoble
BLAVOUX Bernard	Université d'Avignon
BOCQUILLON Claude	Université de Montpellier II
BOIS Philippe	ENSHM de Grenoble
BOURGES Jacques	ORSTOM - La Paz
BOUTAYEB Nouredine	CEFIGRE - Sophia Antipolis
BOYER Jean-François	ORSTOM - Montpellier
BRICQUET Jean-Pierre	ORSTOM Brazzaville
CARRE Paul	ORSTOM - Montpellier
CHAPERON Pierre	ORSTOM - Paris
CHEVERRY Claude	ENSA - Rennes
DE MARSILY Ghislain	Université Paris VI
DEBOSSE Yvan	DDE - Pau
DELACOURT Alain	ENGREF - Montpellier
DELAHAYE Jean	ENITRTS - Strasbourg
DELFIEU Jean-Marc	ORSTOM - Montpellier
DELMAS Jean-Pierre	SRAE - Montpellier
DESBORDES Michel	Université Montpellier II
DEVRED Daniel	EPF - Lausanne
DEZETTER Alain	ORSTOM - Pointe à Pitre
DIENG Boubacar	EIER - Ouagadougou
DIEULIN-PICART Claudine	ORSTOM - Montpellier
DOSSEUR Hubert	EDF - Paris
DUPOUYET Jean-Pierre	SHC Garonne - Toulouse
ESTEVEs Michel	ORSTOM - Montpellier
ETIENNE Jacky	ORSTOM - Odienné
FABRI David	CNR - Lyon
FONTES Jean-Charles	Université Paris-ORSAY
FRITSCH Jean-Marie	ORSTOM - Montpellier
GEFFARD Sophie	ORSTOM - Montpellier
GALLAIRE Robert	ORSTOM - Paris
GAUTIER Michel	ORSTOM - Montpellier
GIODA Alain	ORSTOM - Montpellier
GIRARD Georges	CIG/ENSMP - Fontainebleau
GOUNDOUL N'Golona	Tchad (thèsard ORSTOM)
GUIGUEN Noël	ORSTOM - Bamako
GUILLOT Pierre	Ingénieur - Grenoble

GUISCAFRE Jacques	ORSTOM - Montpellier
HOEPFFNER Michel	ORSTOM - Montpellier
HUBERT Pierre	CIG/ENSMP - Fontainebleau
ICHIKAWA Hirata	Université Tokyo
JACCON Gilbert	ORSTOM - Montpellier
JAMPIERRE Nelly	Université - Montpellier II
JARRAR Imed	AGRHYMET - Niamey
JAUBERT Claude	SRAE - Aix-en-Provence
KLEIN Jean-Claude	ORSTOM - Montpellier
KOUAME Brou	Côte d'Ivoire (thésard ORSTOM)
LABORDE Jean-Pierre	Université R.BLanchard - Nice
LAMAGAT Jean-Pierre	ORSTOM - Montpellier
LAMBERT Roger	Université Toulouse
LAPETITE Jean-Marc	ORSTOM - Côte d'Ivoire
LAPLANCHE Alain	ENS Chimie/GRUTTEE - Rennes
LAVABRE Jacques	CEMAGREF - Aix-en-Provence
LE GAC Gilles	SRAE - Montpellier
LECLERC Luc-André	CEMAGEF - Antony
L'HOTE Yann	ORSTOM - Montpellier
LINE Alain	IMF/ENSEEIH - Toulouse
LOINTIER Marc	ORSTOM Cayenne
MAHE Gil	ORSTOM - Montpellier
MASSON Jean-Marie	Université Montpellier II
MIETTON Michel	CEREG - Strasbourg
MILLER John	OMM - Genève
MOBECHE Alain	ORSTOM - Fort-de-France
MOLINIER Michel	ORSTOM - Brasilia
MONIOD Frédéric	ORSTOM - Montpellier
MORELL Marc	ORSTOM - Pointe à Pitre
MUDRY Jacques	Université - Avignon
MURON M.	Ministère de la Recherche
MUSY André	EPF - Lausanne
NOUVELOT Jaen-François	ORSTOM - Montpellier
OANCEA Victor	Roumanie/CEMAGREF - Lyon
OLIVRY Jean-Claude	ORSTOM - Bamako
PEDRO Georges	ORSTOM - Paris
PEPIN Yannick	ORSTOM - Dakar
PIEYNS Serge	ORSTOM - Montpellier
POUYAUD Bernard	ORSTOM - Paris
RABBIA Eugènio	ORSTOM - Montpellier

RAOUS Patrick  
ROCHE Marcel  
ROCHE Michel-Alain  
SERVAT Eric  
TAILHAN Jacques  
THEBE Bernard  
THIRRIOT Claude  
TOURASSE Patrick  
TOURNOUX Marie-Claire  
TRAVI Yves  
TRIBOULET Jean-Pierre  
TRUCHOT Claude  
VAN DER BECKEN A.  
VIDAL Jacques

ORSTOM - Montpellier  
Ingénieur - Paris  
ORSTOM - La Paz  
ORSTOM - Abidjan  
SRAE - Montpellier  
ORSTOM - Montpellier  
ENSEEIH - Toulouse  
EDF/DTG - Grenoble  
Université - Montpellier  
Université - Avignon  
CIEH - Ouagadougou  
Ministère de l'Environnement  
Université - Bruxelles  
SHC Garonne - Toulouse

ORSTOM Éditeur  
Dépôt légal : octobre 1993  
Impression  
ORSTOM BONDY

ORSTOM Éditions  
213, rue La Fayette  
F-75480 Paris Cedex 10  
Diffusion  
72, route d'Aulnay  
F-93143 Bondy Cedex  
ISSN : 0767-2896  
ISBN : 2-7099-1156-6

*Photo de couverture :*  
*Formation en hydrologie opérationnelle*  
*Bassin expérimental de la Jasse (Montpellier)*  
*Cliché : ORSTOM / Alain Rival*