

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
Pays d'origine ↴								
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
Total Sahéliens	11/1	12/2	11/2	14/1	12/1	18/5	6/0	84/12
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
Total non Sahel	1/0				7/0	2/0	3/0	13/0
Total inscription	12	12	11	14	19	20	9	97
Total diplômés	11	10	9	13	18	15	9	85

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
Total diplômés	11	15	10	10	12	12	69

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
		Total.....	58
			2115

● 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
Total	69	1775

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**

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

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.