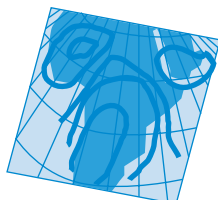
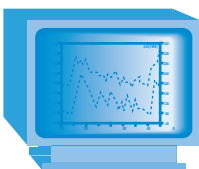
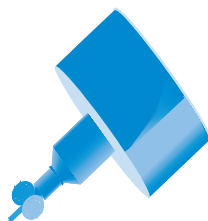
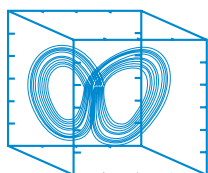
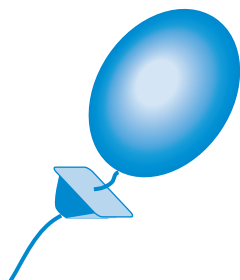


ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE



# DIRECTIVES POUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE DES PERSONNELS DE LA MÉTÉOROLOGIE ET DE L'HYDROLOGIE OPÉRATIONNELLE

## VOLUME II: HYDROLOGIE

Rédacteurs: G. Arduino, I. Drăghici, M. J. Hall,  
F. M. Holly Jr. et A. Van der Beken

Directives élaborées sous l'égide  
du Groupe d'experts de l'enseignement  
et de la formation professionnelle  
relevant du Conseil exécutif

QUATRIÈME ÉDITION



OMM-N° 258

Secrétariat de l'Organisation météorologique mondiale  
Genève – Suisse

PUBLICATIONS TECHNIQUES DE L'OMM  
se rapportant à l'enseignement et à la formation professionnelle

OMM-N°

- 114 — Guide des qualifications et de la formation du personnel météorologique employé à la protection météorologique de la navigation aérienne internationale. Deuxième édition, 1974. (espagnol/français)
- 258 — Directives pour la formation professionnelle des personnels de la météorologie et de l'hydrologie opérationnelle, Volume I – Météorologie (2005)
- 266 — Recueil de notes de cours pour la formation professionnelle des personnels météorologiques de la classe IV. Volume I—Earth science; 1970. (anglais); Volume II—Météorologie; 1984. (anglais/français)
- 364 — Précis de météorologie à l'usage du personnel météorologique des classes I et II.  
Volume I, Partie 1—Météorologie dynamique. (espagnol/français), Partie 2—Météorologie physique. (espagnol/français), Partie 3—Météorologie synoptique. (anglais/français), Volume II, Part 1—General hydrology. (anglais), Partie 2—Météorologie aéronautique. (anglais/espagnol/français), Partie 3—Météorologie maritime. (anglais/espagnol/français), Part 4—Tropical meteorology. (anglais), Part 5—Hydrometeorology. (anglais), Partie 6—Chimie atmosphérique et météorologie de la pollution de l'air. (anglais/espagnol/français)
- 182 — Vocabulaire météorologique international. Deuxième édition, 1992. (anglais/espagnol/français/russe), 1994 (chinois)
- 385 — Glossaire international d'hydrologie. Publié conjointement par l'OMM et l'UNESCO. Deuxième édition, 1992. (anglais/espagnol/français/russe)
- 407 — Atlas international des nuages, Volume I — Manuel de l'observation des nuages et des autres météores. (anglais/espagnol/français), réimprimé en 1995. Volume II (planches). (anglais/français), 1987
- 551 — Compendio de apuntes para la formación de personal agrometeorológico de las Clases II y III. Edition de 1988. (espagnol)
- 593 — Recueil de notes de cours pour la formation professionnelle du personnel agrométéorologique de classe IV. Édition 1986. (anglais/espagnol/français)
- 622 — Recueil de notes de cours sur les instruments météorologiques pour la formation du personnel météorologique des Classes III et IV. Edition de 1990. Volume I : Partie 1 — Instruments météorologiques. (anglais/espagnol/français); Partie 2 — Ateliers d'entretien, laboratoires et procédures d'étalonnage des instruments météorologiques. (anglais/espagnol/français). Volume II : Part 3 — Basic electronics for the meteorologist. (anglais)
- 649 — El Niño phenomenon and fluctuations of climate—Lectures presented at the thirty-sixth session of the WMO Executive Council (1984), 1986. (anglais)
- 659 — Marine cloud album. Edition de 1987. (anglais)
- 669 — Workbook on numerical weather prediction for the tropics for the training of Class I and Class II—meteorological personnel. Edition de 1986. (anglais/espagnol)
- 701 — Mesometeorology and short-range forecasting lecture notes and students' workbook for training Class I and Class II—meteorological personnel. Volumes I and II. (anglais, 1990; russe, 1988)
- 712 — Mesoscale forecasting and its applications—Lectures presented at the fortieth session of the WMO Executive Council (1988). 1989. (anglais/français/russe)
- 726 — Compendium of lecture notes in climatology for Class III and Class IV personnel. Part I—Lecture notes; Part II—Student's workbook; Part III—Notes for instructors. Edition de 1992. (anglais/arabe)
- 738 — Meteorological and hydrological risk assessment and disaster reduction—Lectures presented at the forty-first session of the WMO Executive Council (1989). 1991. (anglais/russe)
- 770 — Techniques d'interprétation des produits de prévision numérique du temps pour la météorologie aéronautique. TN-N° 195 (2ème édition). 1999. (anglais/espagnol/français)
- 771 — Special topics on climate—Lectures presented at the forty-second session of the WMO Executive Council (1990). 1993. (anglais/russe)
- 795 — Scientific lectures presented at the Eleventh World Meteorological Congress (1991). 1993
- 798 — Climate change issues—Lectures presented at the forty-fourth session of the WMO Executive Council (1992). 1994. (anglais)
- 805 — Lectures presented at the forty-fifth session of the WMO Executive Council (1993). 1994. (anglais/français)
- 822 — Lectures presented at the forty-sixth session of the WMO Executive Council (1994). 1995. (anglais/français)
- 845 — Lectures presented at the Twelfth World Meteorological Congress (1995). 1997. (anglais)
- 866 — Scientific lectures presented at the forty-eighth session of the WMO Executive Council (1996). 1997. (anglais)
- 910 — Lectures presented at the forty-ninth session of the WMO Executive Council (1997). 2000 (anglais)
- 911 — Lectures presented at the fiftieth session of the WMO Executive Council (1998), 2000. (anglais)
- 916 — Forecasting in the 21st Century. 2000. (anglais)
- 926 — Introduction to Climate Change. Lecture notes for meteorologists, 2002

OMM/TD-N°

- 791 — Catalogue de la bibliothèque didactique de l'OMM: matériel audiovisuel, modules d'enseignement assisté par ordinateur, Série bleue de l'OMM, 2ème édition
- 1058 — Notes for the Training of Instructors in Meteorology and Operational Hydrology, 2001
- 1101 — Initial Formation and Specialization of Meteorological Personnel: Detailed Syllabus Examples, 2002
- 1154 — Members Training Requirements, Opportunities and Capabilities in Meteorology and Operational Hydrology, 2002

ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE

# DIRECTIVES POUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE DES PERSONNELS DE LA MÉTÉOROLOGIE ET DE L'HYDROLOGIE OPÉRATIONNELLE

## VOLUME II: HYDROLOGIE

Rédacteurs: G. Arduino, I. Drăghici, M. J. Hall,  
F. M. Holly Jr. et A. Van der Beken

Directives élaborées sous l'égide  
du Groupe d'experts de l'enseignement  
et de la formation professionnelle  
relevant du Conseil exécutif

QUATRIÈME ÉDITION



OMM-N° 258

Secrétariat de l'Organisation météorologique mondiale  
Genève – Suisse  
2007

© 2003, Organisation météorologique mondiale  
ISBN 92-63-24258-5

#### NOTE

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation météorologique mondiale aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

## TABLE DES MATIÈRES

---

AVANT-PROPOS .....	v
PRÉFACE .....	vii
<b>PARTIE A — Contexte et directives .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 — Le domaine de l'hydrologie et les hydrologues.....</b>	<b>3</b>
1.1 Informations générales.....	4
1.2 Évolution de l'hydrologie et de la mise en valeur des ressources en eau .....	5
1.3 Pratiques actuelles et perspectives d'avenir en hydrologie .....	7
<b>CHAPITRE 2 — Principales branches d'activités dans les domaines de l'hydrologie et de la mise en valeur des ressources en eau .....</b>	<b>9</b>
2.1 Qualifications des personnels hydrologiques .....	10
2.2 Principales branches d'activités dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau .....	11
2.3 Programmes caractéristiques des principales branches d'activités .....	13
<b>CHAPITRE 3 — Programmes d'enseignement de base pour hydrologues (PEB-HRE) et personnels professionnels complémentaires (PEB-GSD, PEB-ENV et PEB-SED).....</b>	<b>15</b>
3.1 Introduction et contexte .....	16
3.2 Description sommaire des sujets proposés pour le PEB-HRE.....	17
3.3 Programmes d'enseignement de base pour les personnels professionnels complémentaires (PEB-GSD, PEB-ENV et PEB-SED) .....	32
3.4 Validation, évaluation et agrément .....	34
<b>CHAPITRE 4 — Programme d'enseignement de base pour techniciens en hydrologie (PEB-THTIM et PEB-THTIC) .....</b>	<b>35</b>
4.1 Introduction et contexte .....	36
4.2 Programme d'enseignement de base pour techniciens en hydrologie .....	36
4.3 Présentation des unités thématiques du PEB-TH .....	36
<b>CHAPITRE 5 — Formation continue.....</b>	<b>41</b>
5.1 Définitions et objectifs de la formation continue .....	42
5.2 Modalités didactiques.....	43
5.3 Méthodes et matériel didactiques et techniques de formation continue .....	43
5.4 Analyse des besoins en matière de formation et stratégies de formation continue .....	48
5.5 Rapports entre emplois et formation continue .....	50
<b>PARTIE B — Exemples .....</b>	<b>53</b>
<b>CHAPITRE 6 — Exemples de programmes d'enseignement de base .....</b>	<b>55</b>
6.1 Exemples de programmes d'enseignement de base destinés aux hydrologues ....	56
6.2 Exemples de programmes d'enseignement de base destinés aux techniciens en hydrologie .....	62

<b>CHAPITRE 7 — Exemples de compétences professionnelles requises dans les principales branches d'activités</b> .....	<b>67</b>
7.1 Gestion d'une station hydrométéorologique .....	68
7.2 Collecte et traitement de données hydrométéorologiques .....	70
7.3 Gestion de l'information et des systèmes relatifs aux ressources en eau .....	71
7.4 Surveillance des risques de catastrophes naturelles et alerte .....	75
7.5 Évaluation de la qualité de l'eau .....	76
<b>APPENDICES</b> .....	<b>79</b>
<b>APPENDICE 1 — Assurance et évaluation de la qualité</b> .....	<b>80</b>
<b>APPENDICE 2 — Exemple de description de poste – Administrateur régional</b> ...	<b>84</b>
<b>APPENDICE 3 — Glossaire</b> .....	<b>87</b>
<b>APPENDICE 4 — Références et bibliographie annotée</b> .....	<b>91</b>

## AVANT-PROPOS

---

Cette quatrième édition des Directives pour la formation professionnelle des personnels de la météorologie et de l'hydrologie opérationnelle est très différente des éditions précédentes, pour ce qui est tant de la structure que du contenu, ainsi que par l'esprit de son utilisation. Il s'agit, en particulier, pour la première fois, de deux volumes distincts, le Volume I: Météorologie et le Volume II: Hydrologie.

Dans l'avant-propos du Volume I, j'ai affirmé que «le bon fonctionnement et le succès de toute institution dépend dans une large mesure de la présence de ressources humaines ayant acquis les compétences requises dans leurs fonctions, d'où l'importance de l'enseignement et de la formation professionnelle». L'un des buts de l'Organisation météorologique mondiale, énoncé dans la Convention, est d'encourager l'enseignement de la météorologie et des domaines connexes et de concourir à la coordination des aspects internationaux de ces activités. Depuis sa création en 1950, l'Organisation a largement contribué à la promotion d'activités pertinentes d'enseignement et de formation professionnelle.

Grâce à son Programme d'enseignement et de formation professionnelle (ETRP), l'OMM joue un rôle essentiel dans le développement et le renforcement des Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN), en particulier dans les pays en développement. La promotion du renforcement des capacités et de la mise en valeur des ressources humaines a une grande importance dans le cadre du Programme. Dans le contexte de ses récentes activités en matière d'enseignement et de formation professionnelle, l'Organisation a redéfini la classification des personnels de la météorologie et de l'hydrologie, affirmé le rôle de ses centres régionaux de formation professionnelle en météorologie, formé des formateurs, offert un appui technique, organisé des activités de formation professionnelle, exécuté le programme de bourses et rédigé des ouvrages relatifs à la formation professionnelle tels que la présente publication. Ces activités correspondent à des tendances, à des développements et à l'évolution des besoins qui découlent de la mutation des conditions socio-économiques, comme la mondialisation et le progrès rapide des techniques, notamment de l'informatique et des communications.

Dans l'avant-propos du Volume I de cette nouvelle édition, j'ai noté qu'à «l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, on entrevoit déjà de formidables défis qui sont autant de nouvelles possibilités» en soulignant que «les personnels météorologiques et hydrologiques devront être mieux formés et acquérir de nouvelles compétences pour relever ces défis et tirer parti des possibilités qui s'offrent à eux».

Il faut noter que la version anglaise de cet ouvrage a été publiée en 2003, Année internationale de l'eau douce, qui avait pour objet de sensibiliser le public à l'importance de la protection et de la gestion de cette ressource. La formation professionnelle adéquate des personnels qui œuvrent dans les secteurs de l'hydrologie et de la mise en valeur des ressources en eau est une composante indispensable de tout programme de gestion durable de nos précieuses ressources en eau.

L'édition précédente du présent ouvrage, qui présentait la classification OMM traditionnelle des personnels météorologiques et hydrologiques ainsi que les programmes d'enseignement et de formation professionnelle correspondants, a été profondément remaniée. La présente édition a pour objet d'énoncer des directives de référence qui devraient:

- S'appliquer dans un contexte international, en particulier pour la planification d'activités internationales de formation et d'évaluation des candidats à ces activités, y compris celles qui sont financées au titre du programme de l'Organisation;
- S'adapter à un contexte national, en particulier à celui des Services météorologiques et hydrologiques nationaux des pays en développement.

La cohérence structurelle entre les Volumes I et II était un objectif important, mais il a fallu tenir compte du fait qu'a priori, le lectorat des deux volumes serait différent:

- Pour ce qui est de la météorologie, il est probable que les lecteurs éventuels du Volume I font partie du groupe relativement restreint et quasi homogène de météorologistes des Services météorologiques nationaux, qui sont en général des établissements publics bien définis implantés dans chaque pays;
- Pour ce qui est de l'hydrologie, en raison de l'étendue du champ d'application de la gestion intégrée des ressources en eau, le Volume II devrait intéresser non seulement les hydrologues, mais aussi le groupe relativement vaste et hétérogène des spécialistes de l'eau de nombreuses institutions publiques et privées dont les intérêts très divers sont parfois même opposés.

Pour faire face à la difficulté majeure que représente l'éventualité d'un lectorat très varié, ce volume se situe dans une large perspective sans traiter tous les sujets au même niveau de détail. En particulier, les programmes d'enseignement recommandés pour qualifier les personnels de l'hydrologie sont axés sur l'acquisition de connaissances et d'un ensemble de compétences essentielles correspondant à un sous-ensemble acceptable d'activités de gestion intégrée des ressources en eau qui, par commodité, ont été regroupées en quatre branches génériques d'activités: l'hydrologie et les ressources en eau, que complètent la gestion de systèmes de données, la gestion de l'environnement ainsi que la socioéconomie et le droit.

Je profite de cette occasion pour exprimer la gratitude de l'Organisation aux membres du Groupe d'experts de l'enseignement et de la formation professionnelle relevant du Conseil exécutif, qui ont guidé la préparation de la présente publication. Je tiens également à remercier la Commission d'hydrologie de l'OMM et la Division des sciences de l'eau de l'UNESCO pour leurs directives, leurs conseils et leur évaluation de l'ouvrage. Je souhaite enfin remercier les membres de l'équipe spéciale de rédaction qui ont préparé ce volume et les deux lecteurs externes pour leur contribution.

L'eau est la ressource la plus importante du globe. C'est aussi une ressource limitée et il est évident que, dans de nombreuses régions du monde, le mode actuel de consommation d'eau ne peut pas durer. La pression de plus en plus forte qui s'exerce sur des réserves restreintes en eau douce et la dégradation de ces réserves fragilisent l'une des ressources fondamentales de la société, la sécheresse et les inondations menaçant de plus en plus la vie et les biens de l'homme. Il faut des hydrologues correctement formés pour aider les gouvernements à mettre en valeur et à gérer de façon durable leurs ressources vitales en eau, et je suis convaincu que la présente publication sera particulièrement utile à la communauté hydrologique à cet égard.

(G.O.P. Obasi)  
Secrétaire général  
Organisation météorologique mondiale



## PRÉFACE

---

La publication de directives pour la formation professionnelle des personnels scientifiques et techniques a toujours été l'une des grandes priorités de l'Organisation météorologique mondiale qui a publié la première édition des *Directives pour l'enseignement de la météorologie et la formation professionnelle du personnel météorologique* en 1969. Par la suite, la modification apportée à la Convention de l'OMM en 1975 pour inclure l'hydrologie opérationnelle dans la sphère d'activités de l'Organisation a entraîné la publication, en 1977 et 1984, de deux nouvelles éditions sous le titre actuel de *Directives pour la formation professionnelle des personnels de la météorologie et de l'hydrologie opérationnelle*.

En 1996, le Groupe d'experts de l'enseignement et de la formation professionnelle relevant du Conseil exécutif a énoncé des propositions initiales en vue de l'élaboration de la quatrième édition des Directives. Il a en outre noté qu'en raison des incidences de la mondialisation sur les activités des Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN), de la multiplication des problèmes dus aux catastrophes naturelles ainsi que de l'interdisciplinarité croissante des études du climat, de l'environnement et des ressources en eau il faudrait du personnel ayant une formation plus étendue et plus approfondie et faisant preuve de plus de souplesse pour travailler dans divers secteurs de responsabilité des SMHN. Le Groupe d'experts a estimé qu'il faudra se concentrer davantage sur la formation professionnelle du personnel des SMHN portant sur les grandes applications des prestations météorologiques et hydrologiques.

C'est pourquoi, début 1998, le Groupe d'experts a ratifié une proposition prévoyant le passage à un système simplifié de classification à deux niveaux commun à la météorologie et à l'hydrologie opérationnelle ainsi que la présentation des Directives en deux volumes distincts, l'un pour la météorologie (Volume I) et l'autre pour l'hydrologie (Volume II). Le Groupe d'experts a créé une équipe spéciale de rédaction chargée d'élaborer des programmes d'enseignement détaillés et de superviser la préparation de chaque volume.

Les deux volumes ont été compilés par de petites équipes de spécialistes agréées par le Groupe d'experts. Pour préparer et réviser le Volume II, le Groupe d'experts a fait appel à des spécialistes de l'OMM et d'organisations reconnues s'occupant de gestion de l'eau ainsi qu'aux meilleurs enseignants en la matière. L'équipe spéciale de rédaction du Volume relatif à l'hydrologie était composée des spécialistes suivants:

M. G. Arduino, du Département de l'hydrologie et des ressources en eau de l'OMM, coordinateur principal des textes produits par les membres de l'équipe spéciale de rédaction et par d'autres experts;

M. I. Drăghici, du Département de l'enseignement et de la formation professionnelle de l'OMM, rédacteur responsable de la cohérence globale des deux volumes de la quatrième édition;

M. M.J. Hall, de l'Institut de l'UNESCO pour l'éducation relative à l'eau (ex-Institut international d'hydraulique et d'ingénierie de l'environnement (IHE)), à Delft, Pays-Bas, représentant de l'UNESCO;

M. F.M. Holly, Jr., de l'Iowa Institute of Hydraulic Research (IIHR), Hydrosience and Engineering, Université de l'Iowa (États-Unis d'Amérique) et président de l'AIHR (Association internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques), président de l'équipe spéciale de rédaction;

M. A. Van der Beken, du Département d'hydrologie et d'hydraulique de l'Université libre de Bruxelles (Belgique) (Vrije Universiteit Brussel (VUB)), représentant du Groupe d'experts et vice-président de l'équipe spéciale de rédaction.

Au nom du Groupe d'experts de l'enseignement et de la formation professionnelle relevant du Conseil exécutif, je tiens à exprimer ma sincère gratitude aux membres de l'équipe spéciale de rédaction pour le travail difficile mais fructueux qu'ils ont mené à bien.

Les observations et les recommandations de spécialistes de la Commission d'hydrologie de l'OMM et de la Division des sciences de l'eau de l'UNESCO ont été très utiles pour la rédaction des *Directives*. Les deux réviseurs externes, MM. K.P. Georgakakos (États-Unis d'Amérique) et G. Van Langehove (Namibie) ont fait des propositions de grande valeur qui ont permis d'améliorer le texte.

Le Volume II, qui reprend la structure du Volume I, comprend deux parties (A et B) et des appendices. La Partie A se compose des chapitres 1 à 5, qui présentent des directives générales, tandis que la Partie B est formée des chapitres 6 et 7 qui proposent des exemples.

Le chapitre 1 décrit le mandat de la Commission d'hydrologie de l'OMM et les caractéristiques de base du nouveau système de classification des personnels météorologiques et hydrologiques qui a été approuvé par le Conseil exécutif de l'Organisation à sa cinquantième session (1998) et par le Treizième Congrès (1999). Ce chapitre brosse un historique de l'hydrologie, présente l'évolution de la gestion des ressources en eau et la situation actuelle en ce qui concerne l'hydrologie et propose des perspectives pour l'avenir.

Le chapitre 2 présente les principales qualifications en matière d'hydrologie dans le contexte plus large de la gestion intégrée des ressources en eau. Outre les hydrologues et les techniciens en hydrologie, de nombreuses autres professions sont liées aux ressources en eau. Ces professions sont pratiquées dans les branches suivantes de la gestion intégrée des ressources en eau: hydrologie et ressources en eau (HRE); gestion de systèmes de données (GSD); gestion de l'environnement (ENV); socioéconomie et droit (SED). Les principales responsabilités et les formations les plus caractéristiques du personnel engagé dans ces secteurs sont décrites dans ce chapitre.

Les chapitres 3 et 4 présentent les programmes d'enseignement de base (PEB) pour la formation d'hydrologues diplômés et de techniciens en hydrologie. Le PEB-HRE, considéré comme essentiel pour la formation de tout hydrologue, est décrit de façon plus détaillée que les autres programmes de formation en hydrologie des personnels professionnels complémentaires. Pour la formation des techniciens en hydrologie, deux filières sont présentées, à savoir celle de la technologie des instruments et des mesures (TIM) et celle de la technologie de l'information et des communications (TIC).

Le chapitre 5 traite de la nécessité d'une formation continue du personnel. Il présente les notions de base, les méthodes, les techniques et les stratégies de la formation continue, examine les rapports entre diverses professions se rapportant à la gestion intégrée des ressources en eau et décrit brièvement la politique relative à la formation continue et aux ressources humaines.

Le chapitre 6 présente des exemples de programmes d'enseignement de base pour la formation d'hydrologues et de techniciens en hydrologie. Il convient de souligner ici la contribution d'Environnement Canada à la partie relative à la formation de techniciens en hydrologie.

Le chapitre 7 offre des exemples de compétences professionnelles requises pour divers emplois dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau. Ces exemples ont été fournis par plusieurs experts, à savoir: P. Chola (Zambie), C. Farías (Venezuela), D. Rabuffetti et S. Barbero (Italie), I. Shiklomanov (Fédération de Russie) et B. Stewart (Australie).

L'appendice 1 contient des informations sur les systèmes d'assurance qualité de l'enseignement supérieur et donne un exemple de critères réels d'accréditation des programmes d'ingénierie. L'appendice 2 présente un exemple de définition de poste, celui d'administrateur régional, l'appendice 3 un glossaire et l'appendice 4 des références et une bibliographie annotée.

Pour conclure, je tiens à remercier l'ensemble des membres et des ex-membres du Groupe d'experts de l'enseignement et de la formation professionnelle relevant du Conseil exécutif dont la vaste expérience et la connaissance de l'enseignement et de la formation professionnelle dans les domaines de la météorologie et de l'hydrologie ont permis à l'OMM d'effectuer le travail long et complexe qu'a représenté la préparation de la quatrième édition des *Directives*.

J'exprime ma profonde gratitude à M. J. W. Zillman, qui, pendant de nombreuses années, a présidé le Groupe d'experts de l'enseignement et de la formation professionnelle relevant du Conseil exécutif et qui a beaucoup contribué à l'organisation et au succès du travail ayant abouti à la publication du présent volume.

(A. I. Bedritsky)  
Président du Groupe d'experts de l'enseignement  
et de la formation professionnelle relevant  
du Conseil exécutif

## **PARTIE A**

### **Contexte et directives**

---

**CHAPITRE 1 — Le domaine de l'hydrologie et les hydrologues**

**CHAPITRE 2 — Principales branches d'activités dans les domaines de l'hydrologie et de la mise en valeur des ressources en eau**

**CHAPITRE 3 — Programmes d'enseignement de base pour hydrologues (PEB-HRE) et personnels professionnels complémentaires (PEB-GSD, PEB-ENV et PEB-SED)**

**CHAPITRE 4 — Programme d'enseignement de base pour techniciens en hydrologie (PEB THTIM et PEB-THTIC)**

**CHAPITRE 5 — Formation continue**

*«Une éducation complète et généreuse est, à mon avis, celle qui prépare l'homme à exercer avec justesse, adresse et noblesse toute fonction tant privée que publique...»*

*(John Milton, On Education, 1644)*

La Partie A se compose de cinq chapitres qui donnent une orientation générale quant aux exigences concernant la qualification initiale et le début de la spécialisation du personnel hydrologique — hydrologues diplômés et techniciens en hydrologie — appelés à prendre en charge un sous-ensemble raisonnable d'activités de gestion intégrée des ressources en eau.

Le chapitre 1 rappelle le mandat de la Commission d'hydrologie de l'OMM et les caractéristiques essentielles du nouveau système de classification des personnels météorologiques et hydrologiques, approuvés par le Conseil exécutif de l'OMM à sa cinquantième session (1998) et ratifiés par le Treizième Congrès de l'Organisation (1999). Il porte aussi sur l'évolution passée de l'hydrologie et de la mise en valeur des ressources en eau ainsi que sur les pratiques actuelles et les perspectives d'avenir de l'hydrologie.

Le chapitre 2 présente les principales qualifications requises dans le domaine de l'hydrologie dans le contexte plus large des activités de gestion intégrée des ressources en eau, qui, par commodité, ont été regroupées en quatre branches générales d'activités:

Hydrologie et ressources en eau (HRE);  
Gestion de systèmes de données (GSD);  
Gestion de l'environnement (ENV);  
Socioéconomie et droit (SED).

À ces branches d'activités correspondent de nombreux personnels professionnels complémentaires qui, en plus du personnel hydrologique, travaillent dans le domaine des ressources en eau. Les principales responsabilités et les sujets caractéristiques d'études requis pour qualifier ce personnel sont soulignés.

Les chapitres 3 et 4 présentent les programmes d'enseignement de base (PEB) pour la formation d'hydrologues diplômés d'université et de techniciens en hydrologie non universitaires. Le PEB-HRE, considéré comme indispensable pour la formation de tout hydrologue, est présenté plus en détail que le PEB-GSD, le PEB-ENV et le PEB-SED qui sont recommandés pour la formation en hydrologie des personnels professionnels complémentaires. Pour la formation des techniciens en hydrologie, il existe deux filières correspondant à deux parcours de carrière, à savoir: la Technologie des instruments et des mesures (TIM) et la Technologie de l'information et des communications (TIC).

Le chapitre 5 va au-delà de la qualification initiale du personnel hydrologique en soulignant la nécessité de lui assurer une formation continue. Il fournit les principales notions, stratégies, méthodes et techniques de soutien concernant la formation continue et évoque brièvement les rapports entre les emplois liés à la gestion intégrée des ressources en eau et cette formation.

## CHAPITRE 1

### Le domaine de l'hydrologie et les hydrologues

---

#### **1.1 — Informations générales**

#### **1.2 — Évolution de l'hydrologie et de la mise en valeur des ressources en eau**

#### **1.3 — Pratiques actuelles et perspectives d'avenir en hydrologie**

Le Treizième Congrès de l'OMM, qui a eu lieu à Genève en 1999, a adopté un nouveau système de classification des personnels de la météorologie et de l'hydrologie. Même si à l'heure actuelle on considère, en général, que l'hydrologie est un élément de la science des systèmes terrestres qui suppose l'étude scientifique des processus du cycle hydrologique, elle constitue également un outil important pour la résolution de problèmes pratiques urgents. Cette dichotomie a été aggravée par l'accent mis au cours des deux dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle sur la gestion des ressources en eau, officiellement articulée autour des Principes de Dublin de 1992. Associée à l'importance croissante prise par la technologie de l'information et des communications (TIC), cette évolution a conduit à un afflux de professionnels issus de ce secteur et des sciences biologiques et sociales vers le domaine de l'hydrologie et des ressources en eau (HRE). Les processus de mondialisation et de commercialisation ont également contribué à des modifications fondamentales du déroulement de carrière des professionnels du secteur de l'eau, au détriment des modèles traditionnels axés sur la fonction publique des années 70 et 80. La diversification du champ d'application et des perspectives de carrière dans le domaine de l'hydrologie et des ressources en eau exige, en particulier, la définition de directives concernant la formation professionnelle du personnel hydrologique.

- 1.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES** Les présentes directives répondent au besoin, défini par la Commission d'hydrologie, d'actualiser les programmes d'études et de présenter des exemples de compétences professionnelles requises du personnel hydrologique (voir la nouvelle classification des personnels de la météorologie et de l'hydrologie dans le Volume I de la publication OMM-N° 258).

Commission d'hydrologie La structure et les attributions de la Commission d'hydrologie sont définies dans les *Documents fondamentaux* (OMM-N° 15). La Commission est chargée des tâches suivantes:

- a) Donner des avis en matière d'hydrologie et de mise en valeur des ressources en eau, notamment mais pas uniquement pour ce qui est de:
  - (i) Mesurer les variables fondamentales caractérisant la quantité et la qualité de l'eau et le débit solide dans le cycle hydrologique;
  - ii) Réunir d'autres éléments caractéristiques des bassins, des cours d'eau et des masses d'eau intérieures;
  - iii) Rassembler, transmettre, traiter, stocker, contrôler la qualité, archiver, restituer et diffuser des données et des informations;
  - iv) Élaborer des prévisions et des avis hydrologiques, en présence tant de conditions naturelles que de situations accidentelles;
  - v) Mettre au point et améliorer les méthodes et les techniques nécessaires à l'accomplissement des tâches énoncées ci-dessus;
  - vi) Utiliser les données et les informations relatives à l'eau pour évaluer, gérer efficacement et mettre en valeur durablement les ressources en eau et protéger les populations contre les risques d'origine hydrologique;
- b) Promouvoir et faciliter l'échange international d'expériences, le transfert de technologie, l'exploitation des recherches, l'enseignement et la formation professionnelle et le développement de façon à répondre aux besoins des Services hydrologiques nationaux ou d'autres organisations remplissant les mêmes fonctions, y compris la gestion de programmes et la sensibilisation du public (par exemple par le canal du SHOFM et d'autres mécanismes);
- c) Promouvoir et faciliter l'échange et la diffusion à l'échelle internationale d'informations, terminologies, données, normes, prévisions et avis;
- d) Promouvoir la coordination et l'établissement de liens entre l'hydrologie, la météorologie et la gestion de l'environnement;
- e) Sensibiliser la population en général à la valeur sociale, économique et environnementale de l'eau et promouvoir le rôle de l'hydrologie dans l'atténuation des risques hydrologiques et dans la mise en valeur et la gestion de l'eau;
- f) Favoriser la coopération entre l'OMM, le Programme hydrologique international (PHI) de l'UNESCO, l'Association internationale des sciences hydrologiques (AISH) et d'autres organisations gouvernementales et non gouvernementales dans le domaine de l'hydrologie et des ressources en eau;
- g) Favoriser la coordination, au sein de l'OMM, des activités relatives aux eaux terrestres, y compris les activités des groupes de travail d'hydrologie des conseils régionaux, et, le cas échéant, diriger cette coordination.

Ces responsabilités en général et les activités a) iv) et b) en particulier impliquent une formation correcte du personnel.

## Classification du personnel

À sa cinquantième session (Genève, 1998), le Conseil exécutif de l'OMM a approuvé un nouveau système de classification des personnels de la météorologie et de l'hydrologie qui a été ratifié par le Treizième Congrès de l'Organisation (Genève, 1999). Ce système prévoit deux grandes catégories de personnel, les professionnels diplômés et les techniciens, et, dans chaque catégorie, trois niveaux de carrière: débutant, intermédiaire et supérieur. L'accès au niveau débutant suppose l'achèvement d'un programme d'enseignement de base (PEB), conçu spécifiquement pour la formation d'hydrologues diplômés (H) et de techniciens en hydrologie (TH). Les hydrologues et les techniciens en hydrologie devraient progresser en passant par des phases de carrière déterminées à l'échelon national, par exemple, conformément aux plans de carrière de la fonction publique nationale. Un technicien en hydrologie peut être reclassé dans la catégorie des hydrologues après avoir obtenu un diplôme universitaire et suivi un PEB approprié.

Le nouveau système OMM de classification est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2001. Sa mise en œuvre effective devait être progressive, compte tenu du fait que certains Services météorologiques et hydrologiques nationaux pouvaient avoir besoin d'une période de transition de quelques années, qui devait cependant s'achever avant 2005.

## 1.2 ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE ET DE LA MISE EN VALEUR DES RESSOURCES EN EAU

*«L'hydrologie est la science qui traite des eaux que l'on trouve à la surface de la Terre, ainsi qu'au-dessous et au-dessus, de leur formation, de leur circulation et de leur distribution dans le temps et dans l'espace, de leurs propriétés biologiques, physiques et chimiques et de leur interaction avec leur environnement, y compris avec les êtres vivants.»* (UNESCO/OMM, 1992)

Les origines de l'hydrologie en tant que science géophysique sont souvent rattachées à un ouvrage rédigé par un ex-avocat, Pierre Perrault (1608-1680), qui dans une étude de la Seine a prouvé expérimentalement que la pluie tombant sur le bassin versant d'un cours d'eau suffit à en maintenir le débit. Plus tard, un astronome anglais, Edmund Halley (1656-1742), a démontré que l'évaporation des océans suffisait à approvisionner les cours d'eau qui s'y déversent, établissant ainsi indubitablement l'existence du cycle hydrologique. Dans une étude publiée à la fin des années 60, Linsley (1967) a proposé de subdiviser le développement de l'hydrologie à la suite des expériences de Perrault en trois ères distinctes: l'ère de l'empirisme, l'ère des corrélations et l'ère de l'informatique.

L'ère de l'empirisme a été marquée par l'absence presque totale de mesures concertées des précipitations et de l'écoulement fluvial. Pour évaluer les débits de crue, on se fondait largement sur des formules empiriques et sur des courbes enveloppes. La méthode rationnelle, bien connue, mise au point en Irlande par Mulvaney (1852), date de cette époque et sert toujours de façon limitée de nos jours pour concevoir les réseaux d'évacuation de petites agglomérations urbaines. L'emploi d'intensités constantes de la pluie, indépendamment de la durée, est une autre technique de cette époque que Sir Joseph Bazalgette (1819-1891) a utilisée pour la conception du réseau londonien d'égouts intercepteurs.

L'ère des corrélations, qui a duré de 1930 à 1955, a été marquée par des progrès sensibles, les travaux de l'époque bénéficiant de données émanant de programmes de mesure systématique des précipitations et de l'écoulement fluvial. On a de plus en plus employé des méthodes statistiques d'analyse de la fréquence des crues et il y a eu des contributions déterminantes, surtout par le biais de revues techniques de scientifiques comme Sherman (1932) qui a élaboré la technique de l'hydrogramme unitaire.

Après 1955, la multiplication des ordinateurs numériques a conduit à un développement presque exponentiel de la modélisation des rapports entre précipitations et écoulement fluvial, dont les premières étapes ont largement emprunté aux



mathématiques de l'analyse des systèmes, élaborées à l'origine pour l'électrotechnique. On a alors commencé à explorer l'utilité des techniques de recherche opérationnelle pour la planification et la gestion des ressources en eau tout en appliquant des méthodes statistiques pour la prévision d'extrêmes hydrologiques et la régionalisation de variables hydrologiques et en utilisant l'analyse de séries chronologiques pour étudier la structure stochastique des relevés instrumentaux. Simultanément, la puissance globale des ordinateurs numériques croissait en proportion inverse de leur coût, ce qui rendait possible la résolution d'ensembles de plus en plus vastes d'équations avec de plus en plus de données.

En 1971, Intel a mis au point le premier microprocesseur et, en 1981, IBM lançait le premier ordinateur personnel. Avec l'apparition, plus récemment, des processeurs parallèles et de la mise en réseau, on peut dire que l'ère informatique, à de nombreux égards, s'est poursuivie jusqu'à nos jours. Rétrospectivement, toutefois, on constate que les intérêts de la recherche et les applications techniques ont subi des transformations subtiles datant, pour l'essentiel, des activités déployées durant la Décennie hydrologique internationale (DHI), de 1965 à 1974. La DHI se distingue par l'importance accordée aux mesures sur le terrain et par les tentatives de comprendre et de modéliser de façon plus complète les processus du cycle hydrologique. L'accent mis sur l'étude des processus est dû en partie au fait que la pression exercée par la croissance démographique a de plus en plus d'incidences sur les processus hydrologiques, en raison notamment de l'évolution de l'occupation des sols, qui se traduit, par exemple, par l'urbanisation et le déboisement. À l'inverse, la société dans son ensemble souffre de plus en plus des répercussions d'extrêmes hydrologiques tels que les inondations et les épisodes de sécheresse. Au cours des 25 ans qui se sont écoulés depuis 1966, le nombre de personnes touchées par des inondations a été supérieur au nombre de personnes touchées par toutes les autres catastrophes majeures réunies (Fattorelli *et al.*, 1999).

Ces événements ont renforcé l'apparente schizophrénie dans le domaine de l'hydrologie. L'hydrologie est, d'une part, une science géophysique qui implique l'étude scientifique des processus du cycle hydrologique et, d'autre part, un outil permettant de résoudre des problèmes pratiques urgents. Dans une grande mesure, les hydrologues partagent cette situation avec les hydrauliciens, dont la formation est fondée tant sur la science (par ex. la mécanique des fluides et les sciences de la Terre) que sur les applications (par ex. les structures hydrauliques et l'hydrologie de l'ingénieur — voir Kobus *et al.*, 1994). Il s'en est suivi, au sein de la communauté hydrologique, un débat permanent sur l'opportunité, sinon la nécessité, d'axer davantage la formation des hydrologues sur les sciences fondamentales, comme le proposent Nash *et al.* (1990) et le National Research Council américain (1991). En fait, Nash (1992) est allé jusqu'à stigmatiser l'«échec» des hydrologues en exercice à s'imposer une discipline scientifique, en se laissant fasciner par les outils d'analyse au lieu de se concentrer sur leurs applications.

Les problèmes sont aggravés par le changement perceptible d'attitude qui se produit depuis une vingtaine d'années dans la planification et la gestion des ressources en eau, ce qu'on peut interpréter comme étant le début d'une nouvelle ère de développement remarquable. Faute d'un terme plus approprié, on pourrait à juste titre qualifier cette nouvelle phase d'activité d'ère de la gestion.

On trouvera une illustration claire du changement d'attitude évoqué ci dessus dans l'un des principes directeurs issus de la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement qui a eu lieu à Dublin, en janvier 1992. Selon ce principe, l'eau, qui a une valeur économique dans tous ses usages concurrents, devrait être reconnue comme étant un bien économique. On considère la gestion de l'eau en tant que bien économique comme un moyen important d'en assurer l'utilisation efficace et équitable et d'encourager la conservation et la protection des ressources en eau. Comme l'a noté la Banque mondiale (1993), le prix de l'approvisionnement en eau est toujours inférieur à la valeur économique de cette ressource, ce qui

n'engage pas vraiment à adopter des mesures de conservation. Anciennement, les entreprises du secteur de l'eau avaient une démarche largement axée sur l'approvisionnement, qui consistait à offrir le volume d'eau voulu pour un usage donné, au moment adéquat et en quantité suffisante. Cette attitude traditionnelle évolue maintenant vers une vision de l'approvisionnement en fonction de la demande, qui a pour but d'assurer la viabilité du milieu aquatique pour des usages multiples et constitue un moyen et/ou un outil de développement économique.

Ce changement d'attitude s'est produit alors que la technologie de l'information et des communications poursuivait son fulgurant développement, révolutionnant presque tous les aspects de la gestion des ressources en eau, depuis les inventaires des biens et les systèmes de facturation jusqu'à la collecte et l'archivage des données hydrométriques. De grands changements se sont en outre produits en ce qui concerne les arrangements institutionnels dans le secteur de l'eau. Les agences de bassin, qui sont considérées comme des établissements importants pour la gestion des ressources en eau, sont susceptibles de devenir encore plus utiles et de se multiplier à l'avenir. Cependant, on considère parfois que les grandes agences de bassin exercent un monopole naturel, qui se traduit souvent par la prestation de services peu fiables et médiocres et un manque de souci de l'entretien et du renouvellement des actifs. On a cherché des solutions en lançant des réformes institutionnelles qui impliquent des partenariats entre le public et le privé, la création de sociétés ouvertes ou de sociétés par actions à responsabilité limitée et même un dessaisissement en faveur du secteur privé. Lorsque les actions de la société sont cotées à la bourse locale, le dessaisissement complet se traduit par l'externalisation de services qui, auparavant, étaient internes. On a tendance à externaliser les services techniques en général et en particulier la conception technique et l'entretien. Le résultat net est un afflux marqué dans les secteurs de l'hydrologie et des ressources en eau de professionnels ayant des formations de plus en plus diverses, souvent non techniques. Cette évolution soulève de nouveaux défis en matière de formation et de développement professionnel, car il faut compléter la formation technicienne des hydrologues et des spécialistes des ressources en eau par des programmes de formation complémentaires pour ceux dont le bagage concerne les techniques de l'information et des communications, les sciences de la vie ou les sciences sociales. C'est la démarche qui a été adoptée pour la définition des programmes d'enseignement de base présentés au chapitre 3.

Le lecteur trouvera une présentation plus complète des questions concernant l'enseignement, la formation professionnelle et le transfert de technologie dans le secteur de l'eau sous le thème 2.23 dans l'*Encyclopedia of Life Support Systems* (Encyclopédie des systèmes de support de la vie – EOLSS) de l'UNESCO (<http://www.eolss.net>).

### 1.3 PRATIQUES ACTUELLES ET PERSPECTIVES D'AVENIR EN HYDROLOGIE

Comme il a été noté dans la section 1.1, les mesures des variables hydrologiques de base, leur traitement, leur mémorisation et leur recherche ainsi que la préparation et la diffusion de prévisions et d'avis d'extrêmes hydrologiques viennent en bonne place parmi les activités consultatives dont est chargée la Commission d'hydrologie de l'OMM. Traditionnellement, ces fonctions relèvent des attributions du Service hydrologique national qui peut être lié administrativement au Service météorologique national. Toutefois, au cours des années 90, on a assisté à une évolution progressive de cette structure, du fait notamment de l'accent mis sur le recouvrement des coûts, à savoir la perspective de faire payer aux utilisateurs des données une grande partie du coût de leur collecte et de réduire simultanément les budgets publics affectés à ce poste. Cette évolution est particulièrement manifeste dans les pays qui ont adopté une politique de privatisation des services responsables de l'eau. Le résultat net a été une réduction de l'étendue des réseaux hydrométriques alors que durant cette période les incidences des activités humaines sur le cycle hydrologique se sont multipliées et que leur quantification dépend largement de l'existence de relevés hydrologiques cohérents, homogènes et portant sur de longues périodes.

Dans certains pays, malheureusement, l'hydrométrie a été perturbée par des troubles sociaux qui, même lorsque la situation revient à la normale, risquent de se traduire par des suites discontinues de relevés souvent incohérents. Par ailleurs, il est difficile d'obtenir des données en provenance de certains sites importants, en raison du vandalisme subi par les stations hydrométriques.

En même temps, dans les années 90, on a estimé de plus en plus que toutes les parties intéressées devraient avoir un rôle dans l'affectation des ressources en eau, dont la quantification dépend exclusivement de l'efficacité du réseau hydrométrique. Ces parties comprennent les partenaires directs, des experts gouvernementaux, des ONG, des organisations privées et d'autres protagonistes, souvent représentés par des groupes de défense de l'environnement. Il va devenir de plus en plus important que les hydrologues sachent communiquer avec eux.

Dans l'idéal, l'affectation des ressources en eau devrait se faire au niveau des bassins fluviaux. La structure et les attributions des agences de bassin sont souvent très éloignées de celles des services hydrologiques traditionnels, en particulier lorsqu'il s'agit d'un bassin international, ce qui se traduit par une multiplication des spécialistes de la planification et de la gestion des ressources en eau, dont la formation porte davantage sur les aspects socio-économiques, juridiques et politiques de l'eau que sur les processus hydrologiques et leur mesure.

Une autre tendance qui s'est manifestée au cours des années 90 c'est la mondialisation, bien illustrée par le phénomène des concessions accordées à des compagnies européennes de distribution d'eau pour qu'elles administrent les services des eaux de villes situées en Amérique du Sud ou en Extrême-Orient. Ces arrangements créent un environnement entièrement nouveau pour les activités professionnelles, particulièrement dans les secteurs de l'hydrologie et des ressources en eau, et indiquent dans quelle mesure le déroulement de carrière des professionnels du secteur de l'eau a évolué par rapport aux modèles bien établis de carrières dans les services publics des années 70 et 80. Bref, les perspectives et les possibilités de carrière des professionnels de l'hydrologie se sont considérablement diversifiées au cours des dix dernières années, mais il faut néanmoins définir les programmes d'enseignement de base et les compétences professionnelles exigées de ce personnel.

## CHAPITRE 2

### Principales branches d'activités dans les domaines de l'hydrologie et de la mise en valeur des ressources en eau

---

- 2.1 — Qualifications des personnels hydrologiques**
- 2.2 — Principales branches d'activités dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau**
- 2.3 — Programmes caractéristiques des principales branches d'activités**

Pour occuper un poste donné, un candidat doit posséder les qualifications (connaissances et savoir-faire) ainsi que les compétences nécessaires pour prendre des décisions dans un cadre éthique. La société moderne est particulièrement complexe et la nécessité d'intégrer des considérations économiques, juridiques, scientifiques et techniques a donné naissance à la notion de gestion intégrée des ressources en eau. Dans ce cadre, en plus des spécialistes de l'hydrologie et des ressources en eau, les hydrologues peuvent être appelés à travailler avec du personnel complémentaire de trois autres branches d'activités, à savoir: la gestion des systèmes de données, la gestion de l'environnement et la socioéconomie et le droit. On recense de même deux branches d'activités (technologie des instruments et des mesures et technologie de l'information et des communications) pour les techniciens en hydrologie. Il convient donc d'élargir la définition de ces catégories de personnel pour tenir compte des besoins en matière de formation des personnels professionnels complémentaires.

## 2.1 QUALIFICATIONS DES PERSONNELS HYDROLOGIQUES

En général, une personne est qualifiée pour occuper un poste si elle possède les connaissances et le savoir-faire nécessaires pour s'acquitter des tâches spécifiques à ce poste. Dans de nombreux cas, le poste est rattaché à une profession donnée et on associe la qualification à la profession. Par exemple, un ingénieur civil est qualifié pour occuper un poste de la catégorie relevant de la profession d'ingénieur civil, mais la société est tellement complexe de nos jours qu'il devient de plus en plus difficile de dispenser un enseignement et une formation qui se traduisent par des qualifications multiples dans le cadre d'une profession donnée. Une qualification donnée peut ne pas s'appliquer à tous les postes de la profession. C'est le cas des hydrologues professionnels, pour lesquels plusieurs branches d'activités et responsabilités connexes seront définies comme nous allons le voir. Lorsqu'on cherche à pourvoir un poste donné, on doit prendre soin d'établir une distinction entre:

- Les connaissances et le savoir-faire acquis par l'enseignement et la formation;
- La compétence correspondant à un poste donné, qui comprend non seulement les connaissances et le savoir-faire mais aussi l'attitude, le comportement et la perception. En plus de ces compétences individuelles, il est extrêmement important d'avoir la capacité de travailler en équipe et de s'organiser pour faire face à l'évolution des conditions de travail;
- Les aspects éthiques de la qualification et des compétences. Ceux-ci prennent généralement de plus en plus d'importance au fur et à mesure de la progression de la carrière. L'éthique c'est le cadre moral de la prise de décisions.

Ces généralités ont une interprétation particulière pour ce qui est du personnel hydrologique. D'après la définition donnée dans la section 1.2, l'hydrologie est le lien direct entre la météorologie d'une part et l'océanographie et la fluviologie d'autre part. Elle traite de la quantité et de la qualité de l'eau du cycle hydrologique, dans le contexte de la gestion des ressources en eau.

La notion de gestion intégrée des ressources en eau traduit la complexité de la société moderne et englobe des activités scientifiques, techniques, économiques, juridiques et administratives visant:

- À évaluer les ressources en eau et les besoins de la société;
- À établir un équilibre technique et économique entre ressources et besoins;
- À conserver ou à protéger efficacement et à exploiter de façon durable les ressources en eau;
- À assurer la coordination dans un cadre institutionnel.

Le personnel employé dans l'hydrologie et la gestion intégrée des ressources en eau aura nécessairement un bagage différent du fait que ses activités couvrent une vaste gamme de sciences et de disciplines. À la fin des années 70, par exemple, Van Dam (1979) a déterminé que les principales branches d'activités comprennent la protection contre les crues, l'atténuation de leurs incidences et leur gestion; l'approvisionnement en eau pour l'agriculture, les ménages et l'industrie; la gestion de la qualité de l'eau, y compris la salinisation et les pollutions de toutes sortes; la production d'énergie hydraulique; le développement de la navigation intérieure; l'eau pour les loisirs; la protection de la nature et la gestion de l'environnement. Pour de nombreux spécialistes, cette liste décrit des activités à la fois dans le domaine de l'hydraulique (circulation et adduction de l'eau à la surface ou sous la surface du sol) et dans celui de l'hydrologie. Toutefois, 20 ans après, Wessel (1999, p. 33-34) a noté que la gestion intégrée des ressources en eau exigerait de nouveaux professionnels formés:

- À l'éthique et à l'éthique de l'environnement;
- À la gestion axée sur les écosystèmes;
- À une approche systémique de la prise de décision faisant appel à l'analyse des politiques et des risques;
- À l'informatique hydrologique;
- À la gestion axée sur des systèmes socioéconomiques.

Fenêtre	Approche	Activités pertinentes
1	Sciences naturelles abiotiques	Physique, chimie, géochimie, limnologie, morphologie, pédologie, hydrologie, hydrométéorologie, science nucléaire, métallurgie, géologie, géophysique, géodésie, génie minier
2	Sciences écobiotiques	Écologie, biologie, écohydrologie, zoologie, entomologie, sciences forestières, agriculture
3	Sciences de la santé (pollution)	Toxicologie, médecine, science de la nutrition
4	Génie de la construction	Génie civil, hydraulique, mécanique des fluides
5	Génie défensif (principe de précaution, évaluation des risques et des dangers)	Génie écologique et sanitaire
6	Domaine de l'habitat	Cartographie, géographie, géodésie, télédétection
7	Système institutionnel (système juridique, procédures et règles de la prise de décisions)	Droit, théorie de la décision
8	Règles d'action (politique, documents de politique, certaines lois)	Sciences politiques, science de la décision, théorie de la planification, planification physique, droit (de l'eau)
9	Domaine éthique et culturel	Éthique, anthropologie, esthétique, philosophie, théologie
10	Histoire et tendances	Histoire, linguistique
11	Évaluation sociale (stratification sociale, analyse des politiques)	Sociologie, ethnologie, anthropologie culturelle
12	Sociologie appliquée (participation du public, simulation, facteurs d'évolution, acceptabilité des dispositions, respect de nouvelles règles)	Psychologie sociale, psychologie, gestion des processus
13	Gestion et exploitation (contrôle en temps réel)	Systémique, recherche opérationnelle, sciences de la gestion, contrôle en temps réel, gestion des crises
14	Finances	Finances publiques, statistique, économie, économétrie, économie écologique, économie hydraulique
15	Mathématiques	Mathématiques, algèbre, géométrie analytique, calcul infinitésimal
16	Informatique hydrologique	Modélisation mathématique, systèmes d'information géographique

Tableau 2.1 — «Fenêtres» sur les questions relatives à l'eau selon diverses disciplines liées à l'eau (adapté de Wessel, 1999, p. 35-36)

Wessel (1999, p. 35-36) a subdivisé les disciplines liées à l'eau en 16 «fenêtres» qui offrent différentes perspectives ou approches des questions relatives à l'eau (voir le tableau 2.1). Ces analyses et d'autres indiquent clairement que les organisations ayant des responsabilités en matière d'hydrologie et de gestion intégrée des ressources en eau devraient employer des personnes ayant des qualifications qui englobent ces diverses approches afin de constituer des équipes pluridisciplinaires pour résoudre les problèmes concernant l'eau.

## 2.2 PRINCIPALES BRANCHES D'ACTIVITÉS DANS LE DOMAINE DE LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU

Les observations ci-dessus ont pour but d'illustrer la sensibilité croissante au caractère global de la gestion intégrée des ressources en eau et la nécessité d'élargir les filières aux activités professionnelles complémentaires. Toutefois, pour ce qui est de la présente définition de directives en matière d'enseignement et de formation professionnelle, on retiendra quatre secteurs d'activités: l'hydrologie et les ressources en eau, la gestion des systèmes de données, la gestion de l'environnement ainsi que la socioéconomie et le droit.

Les activités sont articulées autour des techniques d'observation, de description et de mesure, d'analyse soignée et d'explication, souvent par le biais de démarches stochastiques de modélisation, de simulation, de synthèse, d'évaluation et de prise de décisions. Les ressources en eau constituent donc manifestement un domaine pluridisciplinaire et il est peu probable, voire impossible, qu'un hydrologue soit formé dans toutes les branches d'activités de la gestion intégrée des ressources en eau. Les hydrologues travailleront de concert avec des personnels professionnels complémentaires et les directives présentées dans cet ouvrage concernent les quatre catégories de personnel hydrologique dont il est question ci-dessus, comme l'indique schématiquement la figure 2.1.

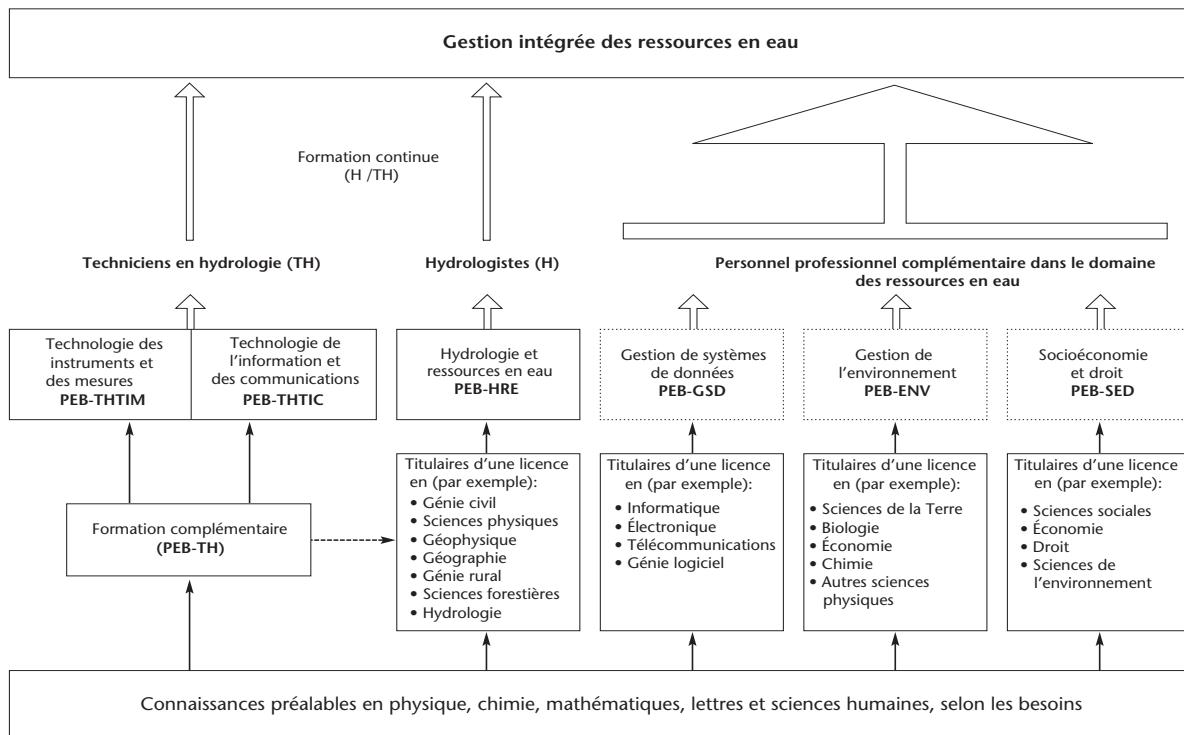


Figure 2.1 — Filières conduisant à une qualification dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau

On peut établir une grille des principales branches d'activités en fonction des responsabilités afin de définir un ensemble pertinent d'unités de valeur pour l'enseignement et la formation professionnelle. Chacun des programmes d'enseignement de base (PEB) est présenté en détail dans les chapitres 3 et 4. Le tableau 2.2 représente une grille de ce type et inclut des éléments caractéristiques du cycle d'un projet: la planification, les règles techniques, économiques et juridiques et l'étude d'impact sur l'environnement; la conception, la mise en œuvre et l'édification; l'exploitation et l'entretien ainsi que la gestion générale, y compris la surveillance, la prévision, la prévision immédiate, la simulation rétrospective et l'analyse des risques de catastrophes naturelles et anthropiques.

Pour les techniciens en hydrologie, il convient d'envisager deux principales branches d'activités, également présentées dans la figure 2.1: la technologie des instruments et des mesures et la technologie de l'information et des communications. La première de ces branches est traditionnelle et regroupe les activités caractéristiques de surveillance de la quantité et de la qualité de l'eau de surface et souterraine, y compris les mesures, le fonctionnement et l'entretien des instruments, la collecte des caractéristiques de description des systèmes hydriques, le traitement des données et la recherche de toutes sortes d'informations dans un environnement en évolution rapide. La seconde branche d'activités a trait à l'application de la technologie de l'information et des communications au vaste domaine de la gestion intégrée des ressources en eau. Elle regroupe ainsi les travaux techniques et courants de traitement des images, de développement, d'exploitation et de maintenance de grandes bases de données, d'applications du Système d'information géographique et d'applications Internet (tâches de Webmestre, recherches sur Internet, etc.).

Ce qui précède montre bien que même si l'on s'en tient à deux catégories de personnel, à savoir les hydrologues (H) et les techniciens en hydrologie (TH), il faut suffisamment en élargir la définition pour faire face aux besoins en matière d'enseignement et de formation professionnelle à des fins de gestion intégrée des ressources en eau. Cet élargissement, qui correspond précisément aux besoins en matière d'enseignement et de formation



des personnels professionnels complémentaires administrant des ressources en eau, évoqués ci-dessus, ressort de l'organigramme de la figure 2.1 qui prévoit deux programmes d'enseignement de base pour les techniciens en hydrologie et quatre pour les hydrologues et illustre la structure de cet enseignement, qui est développée dans les chapitres suivants.

## 2.3 PROGRAMMES CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPALES BRANCHES D'ACTIVITÉS

Les progrès de la science et de la technique sont des catalyseurs de la spécialisation dans le domaine de l'enseignement et de la formation professionnelle. Toutefois, cette spécialisation doit être tempérée par l'expérience, car pour résoudre des problèmes il faut avoir une vision d'ensemble et ne pas se cantonner à la perspective d'une spécialisation donnée. En particulier, les questions de quantité et de qualité de l'eau sont fréquemment abordées dans les programmes HRE et ENV.

Les programmes caractéristiques des principales branches d'activités décrites dans la section 2.2 dépendent largement des postes et des professions. Bien entendu, chacune de ces combinaisons (groupe de responsabilités/sujets) exige des techniques ou des outils précis indiqués dans les programmes d'enseignement de base décrits dans les chapitres 3 et 4. On trouvera plus loin (chapitre 7) une approche axée sur les emplois. Les activités correspondant à une filière donnée sont présentées ci-après.

### Hydrologie et ressources en eau

Le personnel employé dans le domaine de gestion intégrée des ressources en eau est susceptible d'avoir une formation dans les domaines du génie civil, du génie rural, des sciences physiques, de la géophysique, de la géographie ou des sciences forestières, etc. Le complément de formation est une préparation à la profession d'hydrologue assumant des responsabilités caractéristiques dans le domaine de l'hydrologie et des ressources en eau. Ces responsabilités peuvent être regroupées en trois catégories, comme l'indique le tableau 2.2.

Tableau 2.2 — Principales branches d'activités et responsabilités opérationnelles dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau

Branches d'activités et responsabilités	Sujets d'études (*)
<b>Hydrologie et ressources en eau</b>	
A. Surveillance et prévision	A. Précipitations, évaporation, évapotranspiration, infiltration, écoulement, niveau de l'eau, débit, transports solides, sédimentation, exploration et surveillance des eaux souterraines, qualité de l'eau
B. Planification, conception, mise en œuvre, édification, exploitation et entretien	B. Drainage, irrigation, récupération de l'eau de pluie, prélèvement d'eau souterraine, lutte contre les inondations, assainissement urbain, barrages, réservoirs, lacs, structures hydrauliques, hydraulique fluviale, navigation, approvisionnement en eau, récupération des eaux résiduaires, stations de traitement de l'eau et des eaux résiduaires
C. Gestion, y compris la gestion des crises	C. Gestion des bassins fluviaux, alertes précoces, atténuation des incidences des catastrophes, occupation des sols, conservation des sols, loisirs
<b>Gestion de systèmes de données</b>	
A. Acquisition de matériel	A. Instruments et mesures, mise en réseau, stockage de masse, étalonnage
B. Génie logiciel	B. Élaboration de programmes, assistance logiciel, documentation sur les logiciels, systèmes d'exploitation, administration de bases de données
C. Acquisition et diffusion de données et d'informations	C. Acquisition de données numériques et informatique, Internet et Intranet, contrôle qualité, analyse des erreurs, filtrage
<b>Gestion de l'environnement</b>	
A. Évaluation des impacts sur l'environnement	A. Législation relative à l'environnement, suivi des conditions naturelles, changements dus aux activités humaines
B. Gestion des bassins hydrographiques	B. Dégradation des sols, désertification, occupation des sols, exploitation forestière
C. Gestion de la qualité de l'environnement	C. Pêche, éléments nutritifs, flore et faune des zones humides, loisirs, écotourisme, organismes vivant en eau douce, recherche sur les conditions naturelles
<b>Socioéconomie et droit</b>	
A. Législation relative à l'eau	A. Cadre juridique et institutionnel, droits constitutionnels et relatifs à l'eau
B. Répartition de l'eau	B. Participation du public, résolution des conflits
C. Tarification de l'eau	C. Évaluation de l'eau, analyse économique de la mise en valeur des ressources en eau

(\*) On trouvera dans les chapitres 3 et 4 respectivement un ensemble plus élaboré d'unités de valeur des différents programmes d'enseignement de base pour la formation d'hydrologues diplômés et de techniciens en hydrologie.



Ce regroupement ne signifie pas que ces responsabilités sont indépendantes les unes des autres. Les activités de surveillance et de prévision influent sur la planification, la conception, l'exploitation et l'entretien et sont essentielles pour la gestion des crises. La conception et l'édification, ainsi que l'exploitation et l'entretien, influent sur la gestion. Le tableau 2.2 présente les domaines de responsabilité qui relèvent de la spécialisation en hydrologie et en ressources en eau. La liste des sujets d'études est donnée à titre indicatif et ne saurait être exhaustive.

**Gestion de systèmes de données** Le personnel employé dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau dans une fonction de gestion de systèmes de données est susceptible d'avoir une formation en informatique, en génie logiciel, ou même en électricité ou en électronique. La formation complémentaire permettra d'assumer des responsabilités professionnelles dans le domaine de la technologie de l'information et des communications. Le tableau 2.2 présente des sujets d'études conduisant à une spécialisation dans la gestion de systèmes de données, dont la portée est précisée dans le programme d'enseignement de base correspondant.

**Gestion de l'environnement** Le personnel employé dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau dans une fonction de gestion de l'environnement est susceptible d'avoir une formation dans les domaines des sciences de la terre, de la biologie, de l'économie, des sciences physiques ou dans d'autres disciplines. Le complément de formation débouchera sur une profession dans le domaine de la gestion de l'environnement.

Ce regroupement ne signifie pas que ces activités sont indépendantes et sans rapport avec celles des hydrologues et d'autres personnels professionnels complémentaires qui travaillent dans le domaine des ressources en eau. La gestion des bassins hydrographiques influe sur l'adoption de mesures structurelles liées, par exemple, à la gestion des crues et réciproquement. Le droit a une forte influence sur la façon de mener les évaluations des impacts sur l'environnement. Il en va de même des questions politiques et sociales locales.

Le tableau 2.2 présente des sujets d'études conduisant à une spécialisation en gestion de l'environnement. Ici encore, chacune des combinaisons (groupe d'activités/sujets) exige des techniques ou des outils précis, présentés dans le programme d'enseignement de base décrit dans le chapitre 3.

**Socioéconomie et droit** Le personnel employé dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau dans une fonction socioéconomique ou juridique est susceptible d'avoir une formation dans les domaines des sciences sociales, de l'économie, du droit, des sciences de l'environnement ou dans d'autres disciplines. Le complément de formation débouchera sur une profession dans le domaine des aspects socioéconomiques et juridiques de la gestion intégrée des ressources en eau. Les responsabilités porteront sur la législation relative à l'eau, la répartition et la tarification de l'eau.

Ici encore, ce regroupement ne signifie pas que ces activités sont indépendantes et sans rapport avec celles des hydrologues et d'autres personnels professionnels complémentaires qui travaillent dans le domaine des ressources en eau. Les procédures de répartition de l'eau influent sur l'ensemble de la gestion intégrée des ressources en eau. Pour procéder à la répartition de l'eau, il faut tenir compte des travaux hydrauliques et des connaissances hydrologiques du bassin. La participation des usagers au processus de prise de décisions intéresse tous les professionnels participant à la gestion intégrée des ressources en eau, mais les spécialistes en socioéconomie et en droit sont chargés d'élaborer le cadre juridique dans lequel le processus de prise de décisions doit se dérouler. Le tableau 2.2 présente les sujets d'études conduisant à la spécialisation en socioéconomie et droit.

## CHAPITRE 3

### Programmes d'enseignement de base pour hydrologues (PEB-HRE) et personnels professionnels complémentaires (PEB-GSD, PEB-ENV et PEB-SED)

---

#### 3.1 — Introduction et contexte

#### 3.2 — Description sommaire des sujets proposés pour le PEB-HRE

#### 3.3 — Programmes d'enseignement de base pour les personnels professionnels complémentaires (PEB-GSD, PEB-ENV et PEB-SED)

#### 3.4 — Validation, évaluation et agrément

Le présent chapitre décrit une structure pour les programmes d'enseignement de base pour hydrologues et personnels professionnels complémentaires. Les unités thématiques fondamentales sont les suivantes:

1. Sciences et technologie de soutien;
2. Hydrologie générale;
3. Collecte et traitement des données;
4. Modélisation hydrologique;
5. Environnement;
6. Gestion des ressources en eau;
7. Activités d'intégration.

Un tableau récapitulatif (tableau 3.1) présente ces unités thématiques et les sujets d'études associés sous forme de programme général d'enseignement pour hydrologues. Par la suite, ce programme est adapté et modifié pour les personnels professionnels complémentaires (gestion de systèmes de données, gestion de l'environnement et socioéconomie et droit). La description circonstanciée des objectifs de l'apprentissage et le programme d'études de chacun des sujets de chaque unité thématique fournit les directives requises pour l'élaboration détaillée de cours dans un cadre institutionnel précis et en fonction de contraintes particulières.

Ce chapitre porte aussi sur des questions d'évaluation et de transmissibilité des unités thématiques au niveau transinstitutionnel et transnational. Il faut envisager la validation, l'évaluation et l'agrément des cours dispensés dans le cadre de tout programme d'enseignement et de formation professionnelle.

### 3.1 INTRODUCTION ET CONTEXTE

Le chapitre 2 indique clairement que la planification et la gestion des ressources en eau sont plus que jamais des activités pluridisciplinaires. Avant l'évolution de ces dernières années évoquée dans la section 1.2, l'organisation des filières suivies par les personnels professionnels du secteur de l'eau était relativement simple. Les spécialistes en hydrologie se répartissaient en deux catégories: celle des techniciens en hydrologie (TH) et celle des hydrologues (H), la principale différence étant que ces derniers devaient posséder un diplôme universitaire ou une qualification équivalente. Le personnel des deux catégories devait en outre avoir suivi un programme d'enseignement de base de niveau correspondant. Ces programmes sont exposés dans les éditions précédentes des présentes Directives. Au préalable, les techniciens en hydrologie avaient suivi une formation et les hydrologues des études supérieures, essentiellement dans les domaines du génie et des sciences physiques, et, dans certains pays, plutôt en géographie, en géophysique ou en sciences forestières. L'évolution imputable à la place de plus en plus grande occupée par la gestion de systèmes de données, la sensibilisation du public aux questions écologiques et la privatisation généralisée du secteur de l'eau a conduit à envisager de nouveaux programmes d'enseignement de base destinés aux groupes professionnels complémentaires travaillant dans ces branches.

Les filières conduisant à une qualification dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau sont résumées schématiquement à la figure 2.1. Il existe deux filières pour les techniciens en hydrologie, présentées au chapitre 4, selon qu'ils se spécialisent dans la technologie des instruments et des mesures (PEB THTIM) ou dans la technologie de l'information et des communications (PEB-THTIC). La filière des hydrologues, présentée dans le présent chapitre, passe, après l'obtention d'une licence (bachelor), par un programme d'enseignement de base en hydrologie et ressources en eau (PEB-HRE), conduisant à une maîtrise (master). En outre, trois filières complémentaires sont définies pour ceux qui se spécialisent en gestion de systèmes de données (PEB GSD), en gestion de l'environnement (PEB-ENV) ou en socioéconomie et droit (PEB-SED). Les quatre programmes d'enseignement de base sont fondés sur les mêmes unités thématiques et sujets d'études, résumés dans la section 3.2, mais dans la plupart des cas, il y a des différences entre les programmes d'enseignement de base pour les personnels professionnels complémentaires et le PEB-HRE quant à l'importance qui est accordée à chaque unité thématique.

Cette différence apparaît dans le tableau 3.1, qui présente une grille des unités thématiques et des sujets pour le programme d'enseignement de base en hydrologie et ressources en eau (PEB-HRE). Les chiffres qui figurent dans le tableau constituent des crédits correspondant chacun à 40 heures de travail (et non de présence) ou à environ une semaine-personne de travail (voir ci après). On différencie les programmes d'enseignement de base pour les personnels professionnels complémentaires en faisant varier les crédits accordés aux diverses unités thématiques. La sélection circonstanciée peut varier selon les applications particulières de chaque organisation. Par exemple, le PEB-GSD peut compter davantage de crédits pour le sujet 3.1, ce qui se traduit par un programme d'études plus chargé portant, mettons, sur un plus grand nombre de sujets techniques tels que les systèmes de transmission. De même, le PEB-SED peut comprendre plus de crédits pour le sujet 6.1 (gestion des ressources en eau), correspondant, mettons, à l'étude de questions de participation des parties intéressées, par le biais soit d'un jeu de rôle, soit d'un exercice sur le terrain.

Le nombre de crédits attribués et les sujets indiqués au tableau 3.1 ne sont pas normatifs et ne correspondent pas à un plan particulier d'étude dans un établissement donné. Les unités thématiques et les sujets ne sont pas nécessairement liés à des cours donnés. Le tableau 3.1 et les programmes d'études associés de la section 3.2 représentent des points de départ à partir desquels les établissements ou les particuliers peuvent élaborer leurs propres programmes d'enseignement et l'évaluation des résultats de l'apprentissage qui en découle en fonction des contraintes locales.

Un particulier peut acquérir une formation en suivant les cours relatifs à diverses unités thématiques et divers sujets d'études dans différents établissements. Dans ce sens, les unités thématiques et les sujets présentés dans le tableau 3.1 représentent un «portefeuille» de formation correspondant à une filière dont les éléments peuvent être acquis de façon sélective et non uniforme, selon les conditions et les besoins locaux.

La transférabilité des crédits entre établissements de formation et leur reconnaissance par les employeurs ou les organismes certificateurs supposera sans doute le rapprochement de plusieurs systèmes de crédits utilisés de par le monde. Les systèmes se différencient par la quantification du travail suivant les modes d'enseignement et d'apprentissage. Aux États-Unis et au Royaume-Uni, par exemple, les crédits correspondent à un nombre d'heures de cours par sujet et par semaine avec parfois — mais pas toujours — des heures supplémentaires de travaux pratiques explicitement comptées dans le total hebdomadaire. Ainsi, aux États-Unis une école d'ingénieurs type exige (16 heures/semaine) x (15 semaines/semestre) x (2 semestres/an) = 480 heures de cours par an. On présume qu'il y a corrélation entre le nombre d'heures de cours et le nombre total d'heures de travail fourni pour ce cours, y compris les heures de travaux pratiques, de travaux dirigés et les projets qui ne sont pas explicitement comptés dans la charge de travail semestrielle.

Par ailleurs, chaque point de crédit qui figure dans le tableau 3.1 représente environ 40 heures de travail (et non de durée de contact), autrement dit à peu près une semaine de travail pour une personne. Dans ce système, on compte au total 50 crédits par année universitaire, soit 2 000 heures de travail, ce qui correspond typiquement à une année d'études en vue de l'obtention de la maîtrise. (On peut comparer ce chiffre, par exemple, aux 1 650 heures que doivent faire les étudiants néerlandais de premier cycle en génie.) Un cours de maîtrise suppose en général de 1 600 à 2 000 heures de travail sur une année universitaire complète. On peut fixer de 40 à 60 le nombre de crédits à obtenir par année universitaire. Toutes les universités de l'Union européenne qui ont adopté le Système européen de transfert de crédits (ECTS) ont fixé à 60 le nombre de crédits à obtenir par année.

Pour rapprocher les deux types de systèmes de crédits (présence officielle par opposition aux heures de travail) il faut attribuer des crédits aux divers modes d'enseignement. Par exemple, on accorde généralement un plus grand poids aux heures d'enseignement en classe qu'aux heures de travaux dirigés ou de travaux pratiques. À titre d'exemple uniquement, on pourrait employer les facteurs relatifs de pondération suivants:

- Enseignement en salle de classe:           facteur de pondération 3
- Séminaires et travail en équipe:           facteur de pondération 2
- Travaux dirigés ou pratiques:           facteur de pondération 1,5
- Travail sur le terrain:                   facteur de pondération 1

On trouvera à la section 3.2 une description sommaire de tous les sujets d'études présentés au tableau 3.1. Les programmes d'études correspondant à ces sujets, dont la profondeur et/ou la portée n'est pas la même pour les quatre programmes d'enseignement de base, sont répartis en sujets secondaires, dont l'apparition sélective dans les divers programmes d'enseignement de base est également indiquée dans le tableau 3.1.

### 3.2 DESCRIPTION SOMMAIRE DES SUJETS PROPOSÉS POUR LE PEB-HRE

Les unités thématiques décrites ci-après peuvent servir de directives aux organisations particulières, qui voudront peut-être les modifier selon leurs propres besoins et contraintes. Les sujets d'études proposés pour chaque unité thématique ne conviendront pas nécessairement pour les quatre programmes d'enseignement de base.

<i>Unités thématiques et sujets d'études</i>	<i>BIP-HWR</i>	<i>BIP-DSM</i>	<i>BIP-ENV</i>	<i>BIP-SEL</i>
<b>1. Sciences et technologie de soutien</b> 1.1 Statistiques 1.2 Mathématiques techniques 1.3 Opérations informatiques 1.4 Rédaction de rapports techniques 1.5 Géologie et géomorphologie 1.6 Météorologie et climatologie 1.7 Économie et finances <b>Nombre de crédits pour l'unité thématique 1</b>	<b>6*</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>2. Hydrologie générale</b> 2.1 Principes d'hydrologie 2.2 Hydrologie des bassins versants 2.3 Hydrologie agricole et forestière 2.4 Hydrologie urbaine 2.5 Hydrogéologie et exploration des eaux souterraines 2.6 Écoulement souterrain 2.7 Hydraulique des cours d'eau <b>Nombre de crédits pour l'unité thématique 2</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>3. Collecte et traitement des données</b> 3.1 Systèmes d'information et de données 3.2 Systèmes d'observation de la Terre 3.3 Statistiques hydrologiques 3.4 Observations météorologiques 3.5 Hydrométrie 3.6 Conception de réseaux hydrologiques <b>Nombre de crédits pour l'unité thématique 3</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>4. Modélisation hydrologique</b> 4.1 Méthodes numériques 4.2 Modélisation hydrologique 4.3 Prévision hydrologique 4.4 Modélisation des eaux de surface 4.5 Modélisation de l'écoulement souterrain 4.6 Modélisation du transport de contaminants <b>Nombre de crédits pour l'unité thématique 4</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>5. Environnement</b> 5.1 Chimie et biologie des eaux de surface 5.2 Étude d'impact sur l'environnement 5.3 Politique environnementale 5.4 Chimie des eaux souterraines 5.5 Pollution de l'eau <b>Nombre de crédits pour l'unité thématique 5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
<b>6. Gestion des ressources en eau</b> 6.1 Gestion des ressources en eau 6.2 Exploitation des systèmes d'aménagement des eaux 6.3 Arrangements institutionnels 6.4 Droit de l'eau <b>Nombre de crédits pour l'unité thématique 6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>7. Activités d'intégration</b> 7.1 Constitution d'une équipe 7.2 Travail sur le terrain 7.3 Sorties sur le terrain 7.4 Étude individuelle <b>Nombre de crédits pour l'unité thématique 7</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
<b>Nombre total de crédits</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>

\* Attribution de crédits par unités de 40 heures de travail (voir la section 3.1)

Tableau 3.1 — Grille des unités thématiques et des sujets d'études du PEB-HRE

## 1. Sciences et technologie de soutien

**1.1 Statistiques** *Objectifs de l'apprentissage:* offrir aux participants un programme de mise à jour de leurs connaissances de premier cycle en statistiques.

*Programme d'études:* population et échantillons: types de variables et de données; réduction des données; fréquence et fréquences relatives; distribution statistique; descripteurs statistiques et moments des échantillons; fractiles; caractérisation des distributions.

Caractère aléatoire des expériences et de l'échantillonnage, événements, théorie élémentaire des probabilités, probabilité conditionnelle, indépendance, permutations et combinaisons.

Variables et distributions aléatoires: distributions discrètes et distributions continues, moments, distributions bidimensionnelles, distributions marginales, distributions conditionnelles.

Test de validité de l'ajustement: hypothèses statistiques, types d'erreurs, niveaux de signification, chi carré, test de Kolmogorov-Smirnov et test d'écart.

Comparaison des moyennes et des variances: tests de signification (normal, de Student, de Fisher), analyse de variance à un et deux critères de classification.

**1.2 Mathématiques techniques** *Objectifs de l'apprentissage:* offrir aux participants un programme de mise à jour de leurs connaissances de premier cycle en mathématiques.

*Programme d'études:* notions fondamentales d'analyse: fonctions d'une variable, continuité, limites, dérivées, intégration; séries infinies; expansion de Taylor; équations différentielles ordinaires; transformée de Laplace et applications.

Algèbre linéaire: matrices, systèmes d'équations linéaires, inverses, déterminants; espaces vectoriels, sous-espaces, bases orthonormées et projections orthogonales; applications aux moindres carrés; vecteurs propres et diagonalisation.

Introduction à l'analyse de Fourier.

Fonctions de plusieurs variables: équations aux dérivées partielles et applications.

**1.3 Opérations informatiques** *Objectifs de l'apprentissage:* aider les participants à se servir du réseau informatique local et des logiciels les plus couramment employés.

*Programme d'études:* introduction à l'informatique et à la technique des réseaux: réseau local; réseaux étendus; Internet.

Système d'exploitation et logiciels d'application: notions élémentaires sur MS Windows et MS DOS; systèmes de fichiers; aperçu des logiciels d'application.

Présentation des logiciels: outils standard; traitement de texte et tableurs; échange de données entre diverses applications.

**1.4 Rédaction de rapports techniques** *Objectifs de l'apprentissage:* aider les participants à préparer un rapport technique structuré en indiquant les références bibliographiques voulues et à faire un exposé technique.

*Programme d'études:* stratégies de développement: élaboration d'un plan d'ensemble, présentation d'arguments.

Lecture rapide et étude d'une documentation; caractéristiques essentielles d'un rapport.

Aptitude à rédiger: rédaction d'un paragraphe; énoncé et configuration d'un sujet.

Production: mise en forme de textes dans un esprit de mise en valeur; ponctuation.

Ouvrages scientifiques et professionnels: types de publications; citations et bibliographie; exercices de recherche d'ouvrages dans les bases de données et les catalogues de bibliothèques.

### 1.5 Géologie et géomorphologie

*Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants à la terminologie et aux notions de base de la géologie et à ses rapports avec le milieu aquatique. Les participants devraient en particulier savoir lire des rapports géologiques et géomorphologiques, des cartes et des coupes transversales et les interpréter quant à leurs incidences hydrologiques.

*Acquis préalables:* expérience pratique des cartes topographiques.

*Programme d'études:* introduction à la géologie: structure de la Terre, y compris la croûte, le manteau et le noyau; théorie de la tectonique des plaques et conséquences.

Processus géologiques: volcanisme et processus intrusifs; altération, érosion, transport et sédimentation; formation de roches carbonatées; métamorphisme.

Échelle de temps géologique: précambrien, paléozoïque, mésozoïque et cénozoïque; principales caractéristiques géologiques des ères successives; datation des roches par leurs éléments fossiles et par d'autres techniques; sites types et dénomination des formations géologiques.

Tectonique: anticlinaux, synclinaux et monoclinaux; failles normales, failles inverses et autres types de failles; mécanismes déterminant la tectonique.

Géologie quaternaire: processus dominants dans les vallées fluviales, les bassins côtiers et les bassins tectoniques; composition lithologique de ces vallées et bassins; formation des sols; caractéristiques types des divers continents.

Exemples de cartes géologiques de sites sélectionnés.

Exercice d'interprétation de cartes géologiques: interprétations lithologiques; microtectonique d'une zone; incidences hydrologiques.

Types de minéraux et de roches: classes de cristaux et types de minéraux; définition et classement des roches; exercice pratique d'introduction à la détermination des minéraux et des roches.

Évolution des reliefs: théorie fondamentale des processus de formation des paysages; forces endogènes (géologiques) agissant sur la surface de la Terre; forces exogènes (climatiques) agissant sur la surface de la Terre.

Altération et érosion: paysages caractéristiques dus aux processus d'altération physique et chimique; érosion et action des cours d'eau en tant que mécanismes géomorphologiques; géomorphologie de zones climatiques précises; géomorphologie de zones calcaires.

### 1.6 Météorologie et climatologie

*Objectifs de l'apprentissage:* faire mieux comprendre aux participants les principes de la physique de l'atmosphère, la configuration de la circulation générale et les systèmes météorologiques et évaluer le rôle de l'évaporation dans le système climatique, en particulier dans les interactions entre l'atmosphère et la surface du sol.

*Acquis préalables:* mathématiques techniques et principes de l'hydrologie.

*Programme d'études:* physique de l'atmosphère: introduction générale; lois des gaz atmosphériques; changements de phase de l'eau; formule psychrométrique; variables hygrométriques; thermodynamique des mouvements atmosphériques verticaux; rayonnement.

Micrométéorologie: transport turbulent vertical; advection et exposition; transfert de masse et théories de l'évaporation selon le bilan énergétique.

Observations météorologiques: problèmes généraux, besoins en fait de stations et exigences qui leur sont imposées.



Météorologie générale: stabilité verticale; formation des précipitations; précipitations artificielles; circulation générale; systèmes météorologiques à grande échelle; possibilités de prévision météorologique.

Climatologie: paramètres synthétiques et classement; indices d'humidité; configuration saisonnière de la circulation; vents locaux; cycles diurnes et annuels; influences de la latitude et de la topographie; périodicités et variations climatiques.

Processus hydrologiques dans le contexte de la climatologie à grande échelle et introduction aux modèles de la circulation générale.

### 1.7 Économie et finances

*Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants aux notions de base de l'administration économique et financière et à leur utilisation dans le cadre de projets techniques et d'organisations.

*Programme d'études:* notions de base: économie et notion de marché; demande et offre; classement des biens; coûts et avantages. Analyse de la trésorerie: tableaux des besoins de trésorerie de projets; comparaison d'évaluations financières et économiques; coûts financiers et économiques; exercices.

Évaluation économique de projets: actualisation; critères d'évaluation; tarifs et prix de l'eau; projets en tant que facteurs de développement économique; transfert de projets au secteur privé; exercices.

Gestion et administration financières: notions de comptabilité; inscription de données financières et rapports financiers; bilans annuels; exercices.

## 2. Hydrologie générale

### 2.1 Principes d'hydrologie

*Objectifs de l'apprentissage:* améliorer les connaissances des participants s'agissant des principes fondamentaux de l'hydrologie, de l'établissement de bilans hydriques et de l'évaluation de leurs éléments ainsi que de la réalisation d'analyses de données hydrologiques.

*Acquis préalables:* statistiques et mathématiques techniques.

*Programme d'études:* évolution de l'hydrologie; cycle hydrologique; bassins versants; bilan hydrique; influence de l'homme sur le cycle hydrologique; données hydrologiques.

Précipitations; formation des précipitations; appareils de mesure; hauteur, durée et intensité de la pluie; chute de pluie surfacique; contrôle des données sur les précipitations; courbes hauteur-durée-fréquence; analyse des phénomènes de précipitation extrêmes; distribution mixte; précipitations maximales probables; analyse des épisodes de sécheresse.

Évaporation des nappes d'eau libre, de l'eau interceptée et du sol nu; transpiration; évapotranspiration réelle et potentielle; facteurs influant sur l'évapotranspiration; formules empiriques et théories physiques de l'évaluation de l'évapotranspiration; méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration potentielle (Penman, Monteith, Makkink, Blaney et Criddle, Thornthwaite); exemples de calculs; mesure de l'évaporation.

Ressources en eaux souterraines; occurrence d'eaux souterraines, infiltration; facteurs gouvernant l'infiltration; techniques de mesure; formules d'évaluation de l'infiltration; eau dans un sol non saturé; humidité du sol disponible; occurrence d'eau dans une zone saturée; types d'aquifères; écoulement et réserves d'eaux souterraines; loi et équation de Darcy.

Ressources en eau de surface; détermination de l'écoulement; écoulement à surface libre; équation de Manning; courbes d'étalonnage; étude des crues; analyse d'hydrogrammes; facteurs déterminant la forme des hydrogrammes; courbes de la durée d'écoulement; analyse de la fréquence des crues; manque de données.



Rapports entre précipitations et écoulement; écoulement maximal de courte durée; apport des bassins versants de longue durée; modèles déterministes de bassins versants.

## 2.2 Hydrologie des bassins versants

*Objectifs de l'apprentissage:* aider les participants à maîtriser les applications et les techniques modernes de description des relations entre les précipitations et l'écoulement fluvial, utilisation de techniques de télédétection à l'échelle du bassin, propagation des crues dans les chenaux et les réservoirs à surface libre, rapports entre stockage et débit des réservoirs et problème des bassins non jaugés.

*Acquis préalables:* principes d'hydrologie.

*Programme d'études:* introduction: cycle hydrologique; bilan hydrique.

Mesure de l'écoulement de surface: contrôles hydrauliques et forme géométrique des chenaux; courbes d'étalonnage; représentation graphique à l'échelle logarithmique; effet de la pente de la surface de l'eau; extrapolation des courbes d'étalonnage; introduction aux contrôles artificiels et aux structures de jaugeage; emploi de la télédétection pour quantifier les précipitations à l'échelle du bassin.

Rapports entre précipitations et écoulement: historique; facteurs influant sur l'écoulement; méthode de l'hydrogramme unitaire; évaluation des crues nominales, méthode américaine SCS; introduction à la géomorphologie fluviale et hydrogramme unitaire instantané; approche systémique; analyse et synthèse; modèles linéaires et non linéaires; modèles localisés et répartis.

Analyse régionale: méthode de l'hydrogramme unitaire synthétique; définition des régions; régionalisation des quantiles de crues annuelles.

Propagation des crues dans des chenaux à surface libre: modèles dynamiques complets; techniques approximatives de propagation; modèles d'ondes cinématiques et d'analogie de diffusion; méthodes concernant la propagation des crues: méthodes de Muskingum et de Muskingum-Cunge.

Réservoirs: propagation des crues dans les réservoirs à surface libre; méthodes de calcul de la propagation des crues entièrement tabulaires et approximatives; importance du choix de la structure de contrôle; types de réservoirs; analyse capacité-rendement: masse résiduelle, méthodes des masses cumulées; algorithme des crêtes successives; analyse de la période critique; méthodes des matrices de probabilités de transition.

Climat, occupation des sols et régime d'écoulement: changements climatiques mondiaux et incidences; évolution de l'occupation des sols et effets sur le régime d'écoulement, modélisation des incidences climatiques.

## 2.3 Hydrologie agricole et forestière

*Objectifs de l'apprentissage:* sensibiliser les participants à l'importance des propriétés physiques et chimiques des sols s'agissant de la disponibilité et de la qualité de l'eau du sol afin qu'ils puissent concevoir un réseau de drainage hypodermique simple et calculer les besoins en eau des cultures et pour l'irrigation.

*Acquis préalables:* principes de l'hydrologie et de l'écoulement souterrain.

*Programme d'études:* science des sols; propriétés physiques et chimiques des sols; formation des sols; cartographie et classement.

Physique de l'humidité des sols; potentiel hydrique des sols, teneur en eau des sols, conductivité hydraulique; équations de l'écoulement dans un sol non saturé; infiltration et ascension capillaire.

Irrigation et drainage: techniques d'irrigation en surface; équations du drainage hypodermique; mesure de la conductivité hydraulique.

Besoins des cultures en eau; besoins en lessivage; efficacité de l'irrigation; calcul des besoins d'approvisionnement en eau d'un projet.

**2.4 Hydrologie urbaine** *Objectifs de l'apprentissage:* sensibiliser les participants aux problèmes du cycle hydrologique dans les zones urbaines et en voie d'urbanisation.

*Acquis préalables:* principes d'hydrologie, hydrologie des bassins versants et modélisation hydrologique.

*Programme d'études:* urbanisation et hydrologie urbaine; microclimat urbain; aspects météorologiques de la conception du drainage; rapports hauteur durée fréquence de la pluie, profils d'averses de projet, coefficient d'abattement de la pluie.

Conception de l'écoulement des eaux pluviales: méthode rationnelle, méthodes des précipitations orageuses caractéristiques, méthode de l'hydrogramme du Laboratoire de recherche sur les transports et les routes, procédure de Wallingford. Évaluation des réseaux de drainage existants; niveaux de service.

Gestion des eaux pluviales; questions de drainage endoréique et exoréique et interactions; méthodes structurales de lutte contre les inondations: réservoirs de stockage des eaux de crue, canalisation, qualité de l'eau et considérations écologiques. Planification intégrée des bassins versants.

**2.5 Hydrogéologie et exploration des eaux souterraines**

*Objectifs de l'apprentissage:* familiariser les participants avec diverses notions et techniques s'appliquant à l'analyse des eaux souterraines, exploration des ressources en eau souterraine dans diverses conditions naturelles, étude des propriétés des aquifères et construction de puits.

*Acquis préalables:* connaissances de base en géologie.

*Programme d'études:* introduction: définition et bien-fondé de l'hydrogéologie; historique et perspectives d'avenir; portée du sujet.

Origine et occurrence des eaux souterraines: cycle hydrologique; eaux de surface, eau dans le sol et réseaux d'eau souterraine. Terminologie des réseaux d'eau souterraine: densité et viscosité; ouvertures dans les roches; porosité et perméabilité; aquifères et couches semi-perméables capacitatives; limites.

Formation de réseaux d'eau souterraine: réseaux d'eau souterraine dans des sédiments non consolidés; aquifères dans des sédiments lithifiés; aquifères associés aux roches métamorphiques; réseaux d'aquifères des roches ignées.

Mise en valeur des ressources en eaux souterraines: planification des ressources en eaux souterraines; essais in situ; conséquences des prélèvements d'eau souterraine; notions de prélèvement potentiel et optimal (débits de sécurité); recharge artificielle.

Écoulement souterrain régional: équations de base; notion de charge hydraulique; écoulement souterrain dans les roches dures; transmissivité et résistance verticale; formule de Darcy et écoulement régional; cartes des eaux souterraines et réseaux d'écoulement; modèles numériques régionaux.

Bilan des eaux souterraines: éléments du bilan; détermination et vérification des éléments; effets de la modification du bilan; exemples de bilans hydriques de réseaux d'eau souterraine.

Méthodes géophysiques de surface: méthodes géoélectriques, y compris la théorie, l'interprétation de la résistivité, l'interprétation hydrogéologique et les procédures sur le terrain; méthodes électromagnétiques, y compris la théorie, les techniques d'interprétation et les méthodes de levés; autres méthodes géophysiques.

Forages d'exploration: étude des techniques de forage; procédures d'échantillonnage des roches et des eaux souterraines; traitement des données; sélection de la technique de forage. Diagraphie géophysique: description du potentiel spontané; résistivité et diagraphie de rayons gamma; interprétation des diagraphies et étalonnage de la résistivité.

Conception de puits: filtres et massifs filtrants; analyses granulométriques: conception de corps de pompe et protection sanitaire; emploi de garnitures d'étanchéité; puits à canal d'amenée à ciel ouvert; complétion de puits; développement des puits; engorgement; entretien et remise en état d'un puits.

Pompes: types de pompes; sélection de pompes.

Essais de pompage pour l'exploration d'eaux souterraines; définitions et classement des essais de pompage; procédures sur le terrain; sélection d'essais; essais de pompage par paliers; détermination du rendement et de l'efficacité des puits de forage; essais à rendement constant.

## 2.6 Écoulement souterrain

*Objectifs de l'apprentissage:* familiariser les participants avec le calcul de l'écoulement permanent ou non, y compris l'écoulement vers des puits situés dans des aquifères, les solutions analytiques pour l'évaluation des essais de pompage et les principes de l'intrusion d'eau salée dans des aquifères côtiers.

*Acquis préalables:* mathématiques techniques.

*Programme d'études:* étude de la géohydrologie: réseaux d'eau souterraine; contraintes hydrologiques; écoulement permanent et non permanent. Fondements mathématiques de l'écoulement permanent de l'eau souterraine; loi de Darcy; bilan de masse dans un réseau tridimensionnel d'eau souterraine.

Approche analytique: écoulement d'une nappe captive, semi-captive ou libre.

Approche numérique: éléments; cellules; ensembles d'équations linéaires.

Solutions analytiques relatives à l'écoulement permanent dans un puits à drains rayonnants de nappes captives, semi-captives ou libres.

Principes du transport advectif en cas d'écoulement radial et unidimensionnel.

Théorie de l'écoulement non permanent des eaux souterraines; stockage dans des aquifères captifs et libres; équations différentielles de base.

Cas d'écoulement non permanent: solutions analytiques relatives à l'écoulement unidimensionnel; solutions analytiques relatives à l'écoulement radial vers un puits.

Introduction à l'intrusion d'eau salée: pertinence sociale dans de nombreuses zones côtières du monde.

Introduction à la théorie de l'écoulement souterrain dépendant de la densité; description mathématique des principales équations aux dérivées partielles; analogie avec le transport de chaleur.

Introduction à la théorie d'une interface entre eaux souterraines douces et salées; notions d'interface analytique.

Aquifères à nappe libre, captive ou semi-captive de Van Dam, problème imminent des eaux souterraines saumâtres; introduction à la théorie de la pression des charges d'eau douce équivalentes.

## 2.7 Hydraulique des cours d'eau

*Objectifs de l'apprentissage:* familiariser les participants avec les aspects de l'hydraulique et des transports solides nécessaires à l'analyse des réseaux hydrographiques.

*Acquis préalables:* mathématiques techniques et principes de l'hydrologie.

*Programme d'études:* aspects des cours d'eau; variété des cours d'eau; facteurs influant sur le comportement des cours d'eau.

Fonctions des cours d'eau et de leurs eaux: drainage; transport; énergie; irrigation; approvisionnement en eau; loisirs.

Phénomènes généraux liés à l'écoulement: écoulement en chenal et en conduite; différents types de régimes; régimes transitoires.

Interventions de l'homme: effets des mesures de régulation, modification des bassins versants, prélèvements et drainage, production d'énergie, exploitation et pollution; incidences contradictoires et nécessité d'une gestion.

Processus et paramètres de base: mouvements et transport solides; paramètres physiques et propriétés des lits; échelles temporelles.

### 3. Collecte et traitement des données

#### 3.1 Systèmes d'information et de données

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants une connaissance pratique des systèmes de données hydrologiques. Les initier aux principes du traitement, du stockage et de l'analyse des informations géographiques de façon à ce qu'ils puissent utiliser les systèmes d'information géographique (SIG) pour les applications des ressources en eau.

*Acquis préalables:* géologie, géomorphologie, principes de l'hydrologie et connaissance pratique des cartes topographiques et thématiques.

*Programme d'études:* systèmes de contrôle, enregistrement et transmission de données.

Principes généraux de la gestion des données et des systèmes d'information et de données pour la gestion des ressources en eau.

Traitement des données: saisie et mise en forme de données, validation, correction, exécution, transformation, compilation et analyse; impératifs fonctionnels de la gestion de bases de données et des systèmes de traitement.

Systèmes d'information géographique: principes du stockage et de la manipulation d'informations géographiques; travaux dirigés sur le fonctionnement des SIG; analyse des SIG.

Présentation de l'information: présentation de données au moyen de graphiques; rapports.

Emploi de systèmes d'information sur les bases de données: en mode autonome et en relation avec des modèles de simulation et des SIG.

Échange de données entre modèles, systèmes d'information géographique, tableurs et bases de données.

#### 3.2 Systèmes d'observation de la Terre

*Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants aux principes de la photogrammétrie stéréoscopique, de l'imagerie satellitaire et de la détection radar des précipitations et leur montrer comment mener une étude hydrologique au moyen de ces techniques.

*Acquis préalables:* optique et rayonnement électromagnétique.

*Programme d'études:* photogrammétrie de base: types de photographies aériennes; propriétés géométriques des photographies aériennes; différences dans les propriétés mathématiques des photographies aériennes verticales (projection gnomonique); vision stéréoscopique; exagération de la hauteur, parallaxe et repère stéréoscopique. Film et propriétés de filtrage des émulsions panchromatiques; qualités de base des observations radar; thermographie; photographie en fausses-couleurs; imagerie satellitaire; problèmes d'échelle et applications.

Méthodes qualitatives et quantitatives; importance de l'échelle des photos et des images, type d'émulsion, etc.; exercices simples de photogrammétrie et d'imagerie satellitaire; influence de la distorsion du modèle sur l'interprétation; principaux types de faciès géomorphologiques.

Télédétection de variables hydrométéorologiques pour l'évaluation des précipitations (au moyen de radars météorologiques et de données satellitaires) et l'évaluation de l'humidité du sol (au moyen de sondeurs hyperfréquence passifs et

actifs); détermination des propriétés de la surface de la Terre telles que la couverture terrestre par télédétection satellitaire multispectrale, etc.

### 3.3 Statistiques hydrologiques

*Objectifs de l'apprentissage:* accroître les connaissances des participants en ce qui concerne l'assurance qualité des ensembles de données, l'analyse de fréquence et la régionalisation des variables hydrologiques, et les sensibiliser aux diverses techniques d'analyse et de production de séries chronologiques de données hydrologiques.

*Acquis préalables:* statistiques et mathématiques techniques.

*Programme d'études:* homogénéité et cohérence des jeux de données; techniques de filtrage des données: essais de détermination de la tendance linéaire, différences entre les moyennes et les variances des sous-ensembles et indépendance de ceux-ci.

Analyse fréquentielle: descripteurs statistiques: risque et période de retour; méthodes d'ajustement des distributions statistiques: méthodes des moments et de la vraisemblance maximale et méthodes graphiques; types de distribution: binomiale, géométrique, de Poisson, normale, log-normale, ouverte, des valeurs extrêmes, gamma, exponentielle; régionalisation des variables hydrologiques: identification des régions; calcul des distributions de fréquences régionales.

Introduction à l'analyse des séries chronologiques: hydrologie stochastique; modèles normatifs des variables hydrologiques; processus stochastiques et intérêt pour l'hydrologie et le génie hydro-économique; production de nombres aléatoires.

Préblanchiment: tendance, périodicité et composantes stochastiques des séries chronologiques; analyse d'autocorrélation et analyse spectrale; analyse harmonique; modèles ARIMA; vérification diagnostique.

Modélisation à une ou plusieurs variables de séries chronologiques de données hydrologiques; phénomène de Hurst; modèles linéaires de dépendance; techniques de désagrégation; production de séquences synthétiques de précipitations; processus de Bartlett-Lewis et de Neyman-Scott.

Description spatiale: variables hydrologiques et hydrogéologiques spatiales; variabilité spatiale; analyse du comportement des surfaces avec des fonctions polynomiales; krigeage ordinaire; hypothèses intrinsèques; variogramme; estimation du krigeage ordinaire; système de krigeage ordinaire; évaluation de la variance; études de cas.

### 3.4 Observations météorologiques

*Objectifs de l'apprentissage:* apprendre aux participants à installer sur le terrain une station climatologique à des fins hydrologiques, à effectuer des observations et à analyser les données.

*Acquis préalables:* des connaissances de base en météorologie et en hydrologie constituent un avantage.

*Programme d'études:* instruments météorologiques: théorie de la réponse, thermomètres, radiomètres, hygromètres, mesure de la neige et de la rosée, anémomètres, radars, radiosondes, principes de l'observation et de l'enregistrement dans des stations dotées de personnel ou non.

Exercices d'observation: mesure de la température, de l'humidité, du rayonnement solaire et du vent; conservation, vérification et ajustement des relevés.

### 3.5 Hydrométrie

*Objectifs de l'apprentissage:* apprendre aux participants à choisir des sites et des techniques appropriés pour mesurer le niveau de l'eau, les débits et les transports solides.

*Acquis préalables:* principes de l'hydrologie.

*Programme d'études:* niveau de l'eau: stations de jaugeage et sélection de sites; types de jauges et d'appareils enregistreurs; conception d'un puits de mesure et précision de la mesure du niveau de l'eau. Niveau des lits: détermination de la position,

notamment par le système GPS et par l'emploi d'un télémètre et d'un sextant; sondage des coupes verticales, notamment au moyen de sondeurs.

Mesure du débit: classement des méthodes; étude des méthodes les plus importantes: jaugeage par exploration du champ des vitesses notamment à l'aide d'un profileur de courant à effet Doppler, méthode de dilution, méthode de la relation hauteur-débit et méthode acoustique.

Transports solides: classement des transports solides; méthodes et instruments de mesure du charriage de fond, de la charge solide en suspension et de la charge de ruissellement; échantillonnage de fond; taille des particules.

Structures de débimétrie: classement des structures; sélection d'un type de structure; équations hauteur-débit; précision de l'évaluation du débit.

### 3.6 Conception de réseaux hydrologiques

*Objectifs de l'apprentissage:* sensibiliser les participants à l'importance de la collecte systématique et rentable de données hydrologiques et aux méthodes de conception d'un réseau d'observation hydrologique.

*Acquis préalables:* principes d'hydrologie et de statistiques.

*Programme d'études:* objectifs et principes de la planification et de la conception de réseaux. Caractéristiques des éléments hydrologiques et influence sur la conception de réseaux: précipitations et évaporation; ruissellement de surface; eaux souterraines; qualité de l'eau.

Techniques de conception de réseaux: analyse de systèmes et théorie de la conception; échantillonnage et optimisation statistiques; régionalisation. Techniques de détermination de la densité des réseaux par krigeage; analyse de séries chronologiques pour déterminer la fréquence d'échantillonnage.

## 4. Modélisation hydrologique

### 4.1 Méthodes numériques

*Objectifs de l'apprentissage:* à la fin de l'apprentissage, les participants doivent comprendre les techniques de résolution numérique les plus courantes et connaître les contraintes des applications des modèles.

*Acquis préalables:* mathématiques techniques.

*Programme d'études:* introduction: étude de modèles, d'équations et de solutions numériques.

Méthodes numériques caractéristiques de la modélisation hydrologique: différences finies; volumes finis; éléments finis.

Application des méthodes numériques aux problèmes d'écoulement unidimensionnel.

### 4.2 Modélisation hydrologique

*Objectifs de l'apprentissage:* offrir aux participants une bonne base concernant les divers aspects de la modélisation, les méthodes qui font appel aux modèles et les études de modélisation.

*Acquis préalables:* principes de l'hydrologie et de l'hydrologie des bassins versants.

*Programme d'études:* modèles et systèmes hydrologiques: définition d'un modèle hydrologique. Le système hydrologique terrestre: pourquoi modéliser le système hydrologique. Types de modèles hydrologiques: classement par fonction; classement structurel; classement par niveau de désagrégation.

Sélection d'un modèle: critères de sélection; modèles simples et modèles complexes; modélisation sous diverses conditions climatiques et physiographiques. Étalonnage des paramètres d'un modèle: objet, approches et problèmes de l'étalonnage. Performances des modèles: finalité des études de vérification; fonctions objectives; statistiques d'ajustement; sensibilité des résultats aux données d'entrée; erreurs de modélisation.



Questions relatives à la modélisation: faut-il créer de nouveaux modèles? Tendances récentes de la modélisation hydrologique et institutionnelle; rapports des modèles avec d'autres techniques; éthique de la modélisation.

#### 4.3 Prévision hydrologique

*Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants aux techniques de prévision des crues, de lutte contre les inondations et d'alerte aux crues.

*Acquis préalables:* hydrologie des bassins versants et modélisation hydrologique.

*Programme d'études:* pourquoi prévoir les crues?

Les inondations, catastrophes naturelles; objectifs de la prévision.

Causes des crues: crues dues aux précipitations, à la fonte des neiges et des glaces; rupture de barrages. Facteurs qui aggravent les crues: caractéristiques du climat, des bassins versants et des réseaux.

Réseaux de prévision et d'avis: réseaux traditionnels; principes de la télédétection; radars; télémétrie; prévision synoptique.

Techniques d'atténuation des effets des crues: méthodes structurales et non structurales. Évaluation des dommages et des pertes dus aux crues.

#### 4.4 Modélisation des eaux de surface

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants une connaissance pratique de la modélisation hydrodynamique.

*Acquis préalables:* principes de l'hydrologie, de l'hydraulique des cours d'eau et des méthodes numériques.

*Programme d'études:* principes de l'écoulement hydrodynamique; équation de masse; équation de la quantité de mouvement; formules de Chézy.

Paramètres hydrodynamiques: résistance de Manning et Chézy; profils d'écoulement et de stockage; pente du lit et de la surface des cours d'eau.

Techniques numériques: schémas saute-mouton et aux différences centrales de Preissmann; précision et stabilité.

Schématisation des réseaux simples et complexes de cours d'eau et de canaux: nœuds, sections, sections transversales. Aspects des structures relatifs à l'hydraulique et aux modèles: déversoirs, passages couverts, siphons, pompes.

#### 4.5 Modélisation de l'écoulement souterrain

*Objectifs de l'apprentissage:* apprendre aux participants à concevoir et à évaluer des modèles des eaux souterraines.

*Acquis préalables:* écoulement souterrain, hydrogéologie, exploration des eaux souterraines et méthodes numériques.

*Programme d'études:* principes: équation du bilan massique; loi de Darcy; systèmes multidimensionnels et multicouche; paramètres hydrogéologiques. Distribution spatiale et temporelle des paramètres hydrologiques; types de contraintes hydrologiques.

Familiarisation avec l'étalonnage et la vérification des modèles d'eaux souterraines.

Modèles conceptuels: schématisation des réseaux d'eaux souterraines; hypothèses hydrogéologiques; limites de l'écoulement permanent et du contrôle de débit; conditions aux limites mixtes; limites internes.

Modélisation numérique: éléments finis, différences finies, méthode des cellules et modélisation intégrée en polygones. Modélisation de l'écoulement permanent et non permanent dans un espace multidimensionnel. Application d'un système multicouche utilisant un code tridimensionnel aux différences finies fondé sur des cellules.

**4.6 Modélisation du transport des contaminants** *Objectifs de l'apprentissage:* faire mieux comprendre aux participants les processus de transport des contaminants et accroître leur capacité d'utiliser des modèles numériques pour simuler ce transport tant dans les eaux de surface que dans les eaux souterraines.

*Acquis préalables:* méthodes numériques; modélisation des eaux de surface; pollution de l'eau; modélisation de l'écoulement souterrain.

*Programme d'études:* théorie de la dispersion dans les étendues d'eau de surface: phénomènes de dispersion; mécanismes de dispersion; coefficients de dispersion; formulation mathématique de la dispersion hydrodynamique. Modèles analytiques: modèles horizontaux uni et bidimensionnels.

Méthodes numériques pour le transport: approximation sans dispersion; trajectoires et durée de déplacement; méthode des différences finies; méthode des éléments finis; méthode des caractéristiques, applicabilité des modèles de transport.

Processus: modélisation de la demande en oxygène; réaération, décroissance de la DBO, nitrification; demande en oxygène des sédiments, production d'oxygène par les algues et les macrophytes; modèle de Streeter-Phelps; modélisation de la croissance des algues et de l'eutrophisation, cycle des éléments nutritifs, cinétique de l'absorption d'éléments nutritifs, partitionnement P, échange sédiments-eau.

## 5. Environnement

**5.1 Chimie et biologie des eaux de surface** *Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants aux processus chimiques et biologiques fondamentaux des systèmes aquatiques.

*Programme d'études:* chimie de l'eau: structure et propriétés de la matière; le système périodique; calculs chimiques; équilibre chimique; pH; électrolytes forts et faibles; réactions de précipitation; produit de solubilité; réactions d'oxydoréduction dans l'environnement.

Écosystèmes aquatiques: effets de la stratification thermique sur la qualité de l'eau; photosynthèse et respiration; eutrophisation; le modèle de Vollenweider.

Sédiments aquatiques: facteurs environnementaux de l'échange sédiments-eau; profils des eaux de porosité; évaluation des flux d'échange sédiments-eau.

**5.2 Étude d'impact sur l'environnement** *Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants un aperçu des techniques d'évaluation des incidences sur le milieu.

*Programme d'études:* qualité de l'eau: rapport entre la qualité de l'eau et les objectifs de l'utilisation de l'eau; variations naturelles et anthropiques de la qualité de l'eau; outils de planification et de gestion pour améliorer la qualité de l'eau.

Études de cas: aspects écologiques de la construction de barrages; intégration des aspects écologiques dans les projets relatifs aux réservoirs fluviaux.

**5.3 Politique environnementale** *Objectifs de l'apprentissage:* faire mieux comprendre aux participants les bases techniques de la formulation d'une politique.

*Programme d'études:* incidences des changements climatiques: conséquences pour la politique de développement et la planification de l'occupation des sols; tensions dans les bassins fluviaux partagés par plusieurs pays.

Grandes questions complexes liées au développement et à l'environnement: développement durable; demande imposée aux ressources; déboisement et détérioration rurale; mauvaise gestion des sols et pratiques d'exploitation déplorable.

Étapes de la conception d'une politique environnementale: reconnaissance des problèmes; sensibilisation; formulation d'une politique; procédures; entretien et surveillance.



**5.4 Chimie des eaux souterraines** *Objectifs de l'apprentissage:* aider les participants à appliquer les principes de l'hydrochimie afin d'évaluer la qualité des eaux souterraines dans diverses situations et conditions.

*Acquis préalables:* chimie et biologie des eaux de surface, géologie et géomorphologie, hydrogéologie et exploration des eaux souterraines.

*Programme d'études:* introduction: unités d'analyse; précision des analyses; électroneutralité.

Précipitations et eaux souterraines; chimie des précipitations; des précipitations aux eaux souterraines; tendances de la qualité de l'eau; limites de concentration.

Hydrolyse des minéraux silicatés; équations des réactions; exemples courants.

Dissolution des roches carbonatées; constante d'équilibre; chimie de l'humidité du sol et pression du CO<sub>2</sub>; dissolution de la calcite dans un système ouvert ou fermé; dissolution de la calcite et de la dolomite *in situ*; exemples d'études sur le terrain.

Échange de cations: échange de cations dans l'eau salée et dans l'eau douce; adsorbants dans les sols et les aquifères; équations de l'échange de cations; chromatographie.

Oxydation et réduction: théorie de base; potentiels d'oxydoréduction; construction de diagrammes potentiel-pH.

Mesures sur le terrain et interprétation des données: échantillonnage des eaux souterraines; conductivité électrique; température; ions particuliers; mesure du pH; traitement des données.

**5.5 Pollution de l'eau** *Objectifs de l'apprentissage:* sensibiliser les participants aux normes de qualité des eaux souterraines, aux diverses sources de pollution, aux processus les plus importants qui influent sur la qualité des eaux souterraines et aux mesures visant à protéger les ressources en eaux souterraines.

*Acquis préalables:* chimie et biologie des eaux de surface et modélisation de l'écoulement souterrain.

*Programme d'études:* processus de détermination de la qualité de l'eau (sur le plan hydrologique, chimique, physique et biologique) et aperçu des normes de qualité de l'eau.

Sources de pollution diffuse. Sources environnementales: intrusion d'eau salée (sel) et réservoirs de retenue de surface (éléments nutritifs et composés organiques). Sources agricoles: pesticides (produits chimiques); engrais (éléments nutritifs); fumier (nitrates, phosphates, bactéries, virus), irrigation (sel).

Sources de pollution ponctuelle. Sources ménagères: égouts (matériaux biologiques); fosses septiques (composés organiques); cuves de stockage (éléments nutritifs); décharges. Sources industrielles: déchets industriels (métaux lourds); exploitation minière (radionucléides); élimination de déchets radioactifs; fosses septiques et cuves de stockage.

Processus influant sur la qualité de l'eau et la pollution. Transports de masse: convection, dispersion et diffusion. Transfert de masse par processus chimique: désintégration radioactive; sorption, dissolution et précipitation; réactions acido-basiques; complexation; hydrolyse/substitution; réactions d'oxydoréduction (biodégradation). Transferts de masse par processus biologique; transformation biologique.

Prévention de la pollution de l'eau et protection contre celle-ci. Évaluation de la vulnérabilité de l'eau, adoption de mesures préventives, notamment en concevant des zones de protection des eaux souterraines. Conception et mise en œuvre d'actions de nettoyage et d'isolation.

## 6. Gestion des ressources en eau

**6.1 Gestion des ressources en eau** *Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants aux techniques modernes de planification et de gestion des ressources en eau, et notamment évaluer les demandes et les outils de planification et de gestion.

*Acquis préalables:* statistiques, mathématiques techniques, économie et finances.

*Programme d'études:* l'eau en tant que ressource générale: disponibilité et utilisation; anciennes pratiques en matière de planification et de gestion des ressources en eau; questions actuelles et définitions.

L'eau dans l'économie de marché: concurrence, économies d'échelle et portée de celles-ci, biens privés et publics; possibilités de soustraire et d'exclure; facteurs externes; rôle des gouvernements; prestation de services; cadre analytique de la gestion des ressources en eau; systèmes fondés sur l'offre et sur la demande; fixation de tarifs; décentralisation et participation des parties prenantes; qualité de l'eau, santé et environnement.

Approvisionnement public en eau: prévisions démographiques; évaluation de la demande d'approvisionnement public en eau; techniques d'extrapolation et méthode des composantes.

Atténuation des effets des crues: avantages tangibles et intangibles, directs et indirects; influence des mesures d'alerte aux crues; évaluation des plans d'atténuation des effets des crues urbaines et rurales.

Planification de l'énergie hydroélectrique: évaluation de la demande d'énergie; courbes classées du débit et des énergies; fixation préliminaire du coût des plans.

Agriculture: rapports entre le sol, l'eau et les plantes; pratiques agricoles; rapports entre l'eau et le rendement; besoins en irrigation et programmation; besoins en lessivage; gestion des exploitations; importance du drainage.

Analyse des systèmes d'aménagement des eaux: techniques de description/simulation et de programmation/optimisation des outils de planification; études de cas.

**6.2 Exploitation des systèmes d'aménagement des eaux** *Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants des connaissances de base sur les façons de concevoir et d'exploiter des systèmes d'aménagement des eaux.

*Acquis préalables:* gestion des ressources en eau.

*Programme d'études:* cadre de calcul de la planification des ressources en eau; systèmes d'aide à la décision, modèles de simulation et d'optimisation.

Interprétation de sorties de modèles et élaboration de plans à partir de celles-ci.

Systèmes d'information de gestion.

Planification en cas d'incertitude: besoins en matière d'informations, incertitude des modèles, analyse de sensibilité, conception de scénarios.

**6.3 Arrangements institutionnels** *Objectifs de l'apprentissage:* faire mieux comprendre aux participants le contexte institutionnel de la planification et de la gestion des ressources en eau.

*Acquis préalables:* gestion des ressources en eau et exploitation de systèmes d'aménagement des eaux.

*Programme d'études:* rôle des pouvoirs publics. Hiérarchie nationale. Droits de l'eau. Recouvrement des coûts.

Arrangements institutionnels: évolution et comparaison de divers modèles: modèles britannique, français et néerlandais.

**6.4 Droit de l'eau** *Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants des notions de base sur la nécessité d'une forme de réglementation de la mise en valeur et de l'exploitation des ressources en eau et présentation de cette réglementation.

*Acquis préalables:* connaissances générales sur le droit, la législation, le droit coutumier et les traditions.

*Programme d'études:* contexte matériel et socio-économique du droit relatif à l'eau.

Origines, historique et régimes du droit relatif à l'eau.

Administration des ressources en eau, y compris des ressources internationales.

Planification des ressources en eau et droit relatif à l'eau.

Droit international relatif aux ressources en eau. Tendances actuelles du droit et de l'administration de l'eau.

## 7. Activités d'intégration

**7.1 Constitution d'une équipe** *Objectifs de l'apprentissage:* sensibiliser les participants au fonctionnement des équipes pluridisciplinaires chargées de projets.

*Programme d'études:* Les participants constituent une équipe de spécialistes chargée de planifier des activités, de communiquer avec d'autres et de présenter des rapports. L'exercice donne amplement l'occasion d'appliquer la théorie maîtrisée précédemment au cours du programme et de l'intégrer dans une démarche axée sur les problèmes. Les participants travaillent par petits groupes sur un cas particulier. Les enseignants présentent le cas et rationalisent les nouvelles activités, qui, dans une grande mesure, sont menées de façon indépendante par les participants. Enfin, chaque participant fait un exposé oral sur l'un des aspects du cas.

**7.2 Travail sur le terrain** *Objectifs de l'apprentissage:* Pour acquérir une expérience pratique de l'analyse de systèmes hydrologiques, les participants effectuent un travail sur un site des environs.

*Programme d'études:* Le travail sur le terrain est axé sur les divers aspects du régime hydrologique local. Les observations géologiques et géomorphologiques effectuées in situ sont intégrées aux données sur les eaux de surface et les eaux souterraines qui sont rassemblées et analysées. On s'intéressera en particulier aux problèmes de gestion de l'environnement et des ressources en eau qui se posent dans la région et aux interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines sur le plan qualitatif et quantitatif.

**7.3 Sorties sur le terrain** *Programme d'études:* plusieurs sorties d'une journée dans le pays d'accueil et une sortie de deux semaines dans des pays voisins.

**7.4 Étude individuelle** *Programme d'études:* étude individuelle sur un sujet donné, effectuée sous la supervision d'un membre du personnel de base. Les participants rédigent un rapport et présentent un exposé oral pendant l'examen général, à la fin de l'année universitaire.

### 3.3 PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT DE BASE POUR LES PERSONNELS PROFESSIONNELS COMPLÉMENTAIRES (PEB-GSD, PEB-ENV ET PEB-SED)

Le programme d'enseignement de base présenté dans la section 3.2 est axé spécifiquement sur les besoins des hydrologues, mais il comporte aussi des éléments des programmes d'enseignement de base destinés aux trois autres catégories de personnels professionnels complémentaires (GSD: gestion de systèmes de données; ENV: gestion de l'environnement; SED: socioéconomie et droit), comme l'indique le tableau 3.1. Il n'est pas courant d'associer la formation du personnel professionnel complémentaire aussi étroitement à celle des hydrologues, mais il ressort du chapitre 2 que cela devient de plus en plus nécessaire. Dans certains cas, les programmes d'enseignement destinés aux personnels professionnels complémentaires n'exigent qu'un simple déplacement du centre d'intérêt ou un ajustement du niveau de détail du sujet par rapport aux programmes destinés aux hydrologues.

**Gestion de systèmes de données (GSD)** Dès le début des mesures hydrométriques systématiques, on a largement utilisé des instruments équipés de plumes laissant des traces sur des bandes de papier pour enregistrer en continu le niveau de l'eau et la hauteur de la pluie. Les données brutes étaient donc difficiles à stocker et leur extraction en vue d'une analyse était fastidieuse. Les progrès réalisés grâce aux semi-conducteurs ont été tels que les instruments modernes enregistrent les données sous une forme compatible avec l'ordinateur et qu'on peut y accéder directement au moyen de logiciels de systèmes de modélisation. En outre, le développement des systèmes d'information géographique (SIG) a élargi la capacité d'analyse spatiale bien au-delà de la portée des systèmes de cartographie traditionnels. Avec l'arrivée des ordinateurs personnels et des réseaux locaux, les techniciens spécialisés dans le secteur de l'eau doivent de plus en plus maîtriser l'informatique. Toutefois, les systèmes d'exploitation, les bases de données, les SIG, les technologies des communications et des instruments sont devenus d'une complexité telle que l'on recrute de plus en plus des professionnels spécialisés pour répondre aux besoins organisationnels en matière d'informatique et de communications. Cette tendance est susceptible de se poursuivre avec les progrès de l'informatique dans des domaines tels que les systèmes experts, les raisonnements par cas et la gestion des connaissances.

Il est indubitable que la gestion des systèmes de données permet des gains d'efficacité à tous les niveaux d'une organisation chargée du secteur de l'eau, mais il faut en évaluer les inconvénients éventuels de façon réaliste. Un exemple simple mais fondamental est celui du filtrage préliminaire des relevés hydrométriques bruts. Alors que par le passé, la trace d'une plume sur une bande de papier permettait de vérifier visuellement si l'instrument fonctionnait correctement, il faut maintenant suivre des procédures précises pour déterminer si un enregistrement machine codé est juste. En outre, l'interprétation des résultats d'un filtrage des données exige une vaste connaissance du domaine de la part de l'analyste. Dans ces conditions, il faut compléter les compétences traditionnelles en matière de gestion de systèmes de données par un programme de formation aux applications du secteur de l'eau.

**Gestion de l'environnement (ENV)** Le programme d'enseignement de base pour la filière gestion de l'environnement fait appel aux mêmes notions scientifiques et technologiques fondamentales que le programme d'enseignement de base en hydrologie et ressources en eau (PEB-HRE). Dans les programmes consacrés à l'environnement, on insistera moins sur certains détails d'hydrologie générale et de la modélisation hydrologique, puisque, normalement, le déroulement de carrière correspondant n'exige pas une connaissance approfondie des méthodes géophysiques de recherche souterraine, des modèles mathématiques de modélisation des eaux souterraines, de la quantification et de la modélisation de l'écoulement en surface, etc. Par contre, dans ces programmes, il faut mettre davantage l'accent sur les systèmes d'information, les SIG, la télédétection, etc., à l'appui de l'évaluation et des inventaires environnementaux. Qui plus est, les programmes consacrés à l'environnement exigent manifestement une formation plus approfondie dans le domaine de la chimie et de la biologie de l'environnement, des incidences environnementales, de la politique environnementale, etc.

**Socioéconomie et droit (SED)** Le programme d'enseignement de base pour la filière socioéconomie et droit fait appel aux mêmes notions scientifiques et techniques fondamentales que le programme d'enseignement de base en hydrologie et ressources en eau (PEB HRE). Pour ce qui est de la collecte et du traitement des données, les besoins sont moins importants, ce que reflète la répartition des crédits proposée dans la section 3.1. Comme le déroulement de carrière correspondant n'exige normalement que la compréhension et l'exploitation de sorties de modèles, on mettra moins l'accent sur la modélisation hydrologique. Par contre, les programmes de cette filière peuvent exiger une étude plus approfondie de la gestion des ressources en eau, notamment de la législation relative à l'eau, des droits concernant l'eau et des

aspects économiques du processus d'attribution de l'eau. Dans le cadre de ce programme il faut aussi établir des rapports avec d'autres professionnels s'occupant de gestion intégrée des ressources en eau, sujet qu'on peut intituler «Activités d'intégration».

### 3.4

#### VALIDATION, ÉVALUATION ET AGRÉMENT

Au cours des vingt dernières années du XX<sup>e</sup> siècle, l'assurance qualité de l'enseignement supérieur a pris de plus en plus d'importance dans le monde entier. Les questions relatives à l'assurance qualité sont présentées de façon générale dans l'appendice I. Au sein de l'Union européenne, l'accord de Bologne de 1999 a établi les bases permettant aux États Membres d'harmoniser les programmes d'études conduisant à la licence et à la maîtrise, étant entendu implicitement que les systèmes d'assurance qualité deviendraient transnationaux à terme. À propos de ces systèmes, il faut bien faire la distinction entre, d'une part, la validation et l'évaluation effectuées par des organismes universitaires, qui agissent souvent au nom du Ministère de l'éducation ou de son équivalent, et, d'autre part, l'agrément professionnel des études conduisant à un diplôme. La validation et l'évaluation constituent désormais une partie bien établie des formalités accomplies par les professeurs chargés de cours menant à un diplôme, en général dans le cadre d'un cycle de cinq ans. Après la production d'un rapport d'auto-évaluation, des professionnels de la validation, extérieurs et indépendants, vérifient le contenu et le déroulement du cours, le recrutement et le taux de réussite ainsi que le profil du personnel et les activités de recherche à l'appui du programme universitaire.

L'agrément professionnel a de nombreux aspects en commun avec les évaluations universitaires, mais il est davantage axé sur la préparation (formation) à l'entrée dans une profession précise comme le génie civil, mécanique, électrique, électronique ou chimique. Au Royaume-Uni, par exemple, les instituts d'ingénieurs brevetés, qui réglementent la compétence professionnelle des ingénieurs praticiens, jouent un rôle dans l'agrément des études menant à un diplôme d'ingénieur du niveau de la licence. Aux États-Unis, l'*Accreditation Board for Engineering and Technology* (organisme d'agrément pour le génie et la technologie), fondé en 1932, exerce une activité semblable. De 1997 à 2001, il a changé d'orientation, passant de l'évaluation de l'enseignement (en amont) à l'évaluation des résultats de l'éducation (en aval) comme base de l'agrément.

Les procédures des systèmes nationaux de validation et d'évaluation de l'enseignement peuvent différer dans le détail, mais leurs objectifs d'ensemble — contrôle de la pertinence des programmes et intégrité des normes relatives aux résultats — sont semblables pour l'essentiel. Les dispositions de validation et d'évaluation s'étendent naturellement aux cours conduisant à une maîtrise et à la formation complémentaire correspondant aux programmes d'enseignement de base présentés dans les sections précédentes. Elles s'étendent aussi aux questions présentant un intérêt du point de vue professionnel, même si les associations professionnelles participent rarement au processus d'évaluation. Il est implicitement admis que les cours relevant des programmes d'enseignement de base auraient subi avec succès le processus national de validation et d'évaluation. À l'avenir, si les plans actuels d'assurance transnationale de la qualité élaborés par l'UNESCO se concrétisent sous la forme d'un forum mondial sur l'assurance qualité et l'agrément de l'enseignement supérieur, on voudra sans doute que ces cours soient également reconnus sur le plan international.

## CHAPITRE 4

### Programme d'enseignement de base pour techniciens en hydrologie (PEB-THTIM et PEB-THTIC)

---

#### 4.1 — Introduction et contexte

#### 4.2 — Programme d'enseignement de base pour techniciens en hydrologie

#### 4.3 — Présentation des unités thématiques du PEB-TH

Le présent chapitre décrit une structure pour les programmes d'enseignement de base pour techniciens en hydrologie dans deux domaines de spécialisation qui portent sur les sujets suivants:

##### 1. Sujets de base

- 1.1 Introduction aux processus hydrologiques
- 1.2 Mathématiques
- 1.3 Statistiques
- 1.4 Principes de l'électricité appliqués aux techniques de mesure
- 1.5 Métrologie et technologies des détecteurs
- 1.6 Opérations informatiques
- 1.7 Levers, lecture de cartes et photo-interprétation

##### 2. Sujets d'hydrologie

- 2.1 Météorologie
- 2.2 Hydraulique
- 2.3 Hydrométrie
- 2.4 Hydrogéologie
- 2.5 Qualité de l'eau
- 2.6 Analyse des données hydrologiques
- 2.7 Stockage et extraction de données
- 2.8 Entretien d'instruments

Ces sujets correspondent à un programme d'enseignement général (voir le tableau 4.1). Les objectifs de l'apprentissage et le programme d'études de chacun des sujets de chaque unité thématique sont brièvement présentés à titre d'orientation en vue de l'élaboration détaillée de cours dans un cadre institutionnel donné et en fonction de contraintes particulières.



**4.1 INTRODUCTION ET CONTEXTE** Les techniciens en hydrologie possèdent en général un diplôme de fin d'études secondaires obtenu après 12 ans ou plus de scolarité, une formation spécialisée dans un domaine technique lié à l'hydrologie et de l'expérience dans ce domaine. Ils doivent savoir utiliser des instruments de laboratoire et du matériel de bureau de plus en plus pointus, maîtriser des problèmes quotidiens de caractère de plus en plus scientifique et jouer un rôle d'instructeur pour des techniciens moins expérimentés (voir Maniak, 1989).

Les besoins des techniciens en hydrologie en matière d'enseignement et de formation professionnelle diffèrent de ceux des hydrologues sur plusieurs points. La différence peut-être la plus importante est que si les hydrologues ont en général une éducation et une expérience relativement semblables, même sur le plan mondial, l'éducation et l'expérience pratique des techniciens en hydrologie peuvent être très diverses, non seulement sur le plan mondial, mais aussi sur le plan régional et national. Malgré cette diversité des antécédents, les techniciens en hydrologie sont souvent censés travailler en équipe pour mettre en œuvre des initiatives et des projets dirigés par des hydrologues. En outre, on attend fréquemment d'eux qu'ils assurent en permanence le transfert des connaissances et la formation en cours d'emploi des techniciens subalternes. Le soutien accordé par les techniciens en hydrologie est étroitement lié à l'évolution rapide des techniques, tant dans les bureaux que sur le terrain, ce qui valorise la capacité à suivre un processus d'éducation permanente et de formation continue. L'enseignement et la formation professionnelle des techniciens en hydrologie doivent répondre au besoin de ceux-ci d'accorder une grande valeur à la précision et de communiquer avec le public à propos de l'accessibilité et de l'acquisition des données.

La nécessité de mettre en place un enseignement et une formation professionnelle efficaces et souples pour les techniciens en hydrologie est d'autant plus grande que la mutation technologique s'accélère constamment, surtout dans les domaines des instruments et des communications, et que l'on passe progressivement de systèmes mécaniques à des systèmes électroniques de données.

Dans son rapport IHP-IV sur les systèmes d'éducation, Bruen (1993) souligne que l'enseignement et la formation professionnelle destinés aux techniciens en hydrologie peuvent prendre diverses formes suivant la nature de la discipline et son cadre, notamment la formation en milieu de travail (encadrement et counselling, formation en cours d'emploi, stages interservices et détachement, exercices en commun, ateliers internes) et la formation hors milieu de travail (cours spéciaux, cours de perfectionnement ou formation continue, cours continus à temps partiel, cours continus de courte ou longue durée à temps complet). Le présent chapitre porte essentiellement sur les cours continus à temps complet, tandis que le chapitre 5 est consacré à la formation continue.

Il est entendu, comme on peut le voir à l'appendice 2, que la validation et l'agrément fondés sur l'assurance et l'évaluation de la qualité s'appliquent également au programme d'enseignement de base pour techniciens en hydrologie.

**4.2 PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT DE BASE POUR TECHNICIENS EN HYDROLOGIE** Le tableau ci-après présente des programmes de formation envisageables pour les techniciens en hydrologie dans le domaine de la technologie des instruments et des mesures (TIM) et dans celui de la technologie de l'information et des communications (TIC).

**4.3 PRÉSENTATION DES UNITÉS THÉMATIQUES DU PEB-TH** Les unités thématiques correspondent aux deux domaines de spécialisation du tableau 4.1 qui diffèrent par le degré d'approfondissement des sujets d'études.

## 1. Sujets de base

### 1.1 Introduction aux processus hydrologiques

*Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants aux notions fondamentales de l'hydrologie, à l'établissement d'un bilan hydrique et à la terminologie technique appropriée.

*Programme d'études:* terminologie, cycle hydrologique et bilan hydrique, bassins versants et caractéristiques géomorphologiques; processus hydrologiques et interactions; précipitations, interception, évapotranspiration, ruissellement de surface, infiltration, écoulement souterrain; régimes hydrologiques.

### 1.2 Mathématiques

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants la connaissance nécessaire des outils mathématiques qui serviront pour d'autres sujets.

*Programme d'études:* algèbre (logarithmes, équations logarithmiques et exponentielles; résolution d'équations linéaires à deux variables; équations quadratiques, solutions algébriques et graphiques; notion de fonction et représentation graphique: tracé de graphes, de graphes en coordonnées bilogarithmiques et semi-logarithmiques, équation linéaire et graphe d'une droite).

Géométrie plane et géométrie des solides (lieux géométriques; triangles; polygones réguliers et propriétés; cercles, arcs et segments; définition et valeur; angle d'une droite et d'un plan; trièdres; polyèdres; prismes; pyramides; pyramides tronquées; cylindres; cônes; cônes tronqués; surface, unités, superficies et volumes).

Géométrie plane analytique (cartésienne, en coordonnées rectangulaires et polaires; changement de coordonnées cartésiennes; distance entre deux points; coordonnées du point médian d'un segment; lieu géométrique et équation; équation d'une droite: forme générale; équation d'une courbe plane: cercle, parabole, ellipse, hyperbole).

Trigonométrie (définition d'un arc et d'un angle; mesure d'un angle; unités; fonctions circulaires d'un angle; formules élémentaires traditionnelles; fonctions trigonométriques, sinus et cosinus, triangles).

### 1.3 Statistiques

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants la connaissance des outils statistiques qui serviront pour d'autres sujets.

Tableau 4.1 — Matrice des unités thématiques et des sujets d'études des PEB (heures de présence)

Sujets d'études	PEB-THTIM	PEB-THTIC
<b>1. Sujets de base (en heures)</b>		
1.1 Introduction aux processus hydrologiques	6	6
1.2 Mathématiques	15	15
1.3 Statistiques	20	20
1.4 Principes de l'électricité appliqués aux techniques de mesure	6	6
1.5 Métrologie et technologies des détecteurs	6	6
1.6 Opérations informatiques	20	30
1.7 Levers, lecture de cartes et photo-interprétation	30	10
<b>2. Sujets d'hydrologie (en heures)</b>		
2.1 Météorologie	20	20
2.2 Hydraulique	30	30
2.3 Hydrométrie	40	20
2.4 Hydrogéologie	40	20
2.5 Qualité de l'eau	40	20
2.6 Analyse des données hydrologiques	50	50
2.7 Stockage et extraction de données	10	40
2.8 Entretien d'instruments	10	40



*Programme d'études:* objet et domaine d'application des statistiques; introduction aux probabilités, précision; représentation de données statistiques sous forme de tableaux et de graphiques; mesure de la tendance centrale, de la dispersion et de l'asymétrie; introduction à la distribution statistique, par ex. distribution normale, de Gumbel, Pearson III; test de validité de l'ajustement; emploi de papier à échelle de probabilité; régression linéaire simple et multiple; corrélation.

#### 1.4 Principes de l'électricité appliqués aux techniques de mesure

*Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants aux notions de base en électricité qui gouvernent certaines méthodes et certains instruments de mesure.

*Programme d'études:* unités électriques, principes du magnétisme, électricité statique, induction électrique; condensateurs, électricité dynamique, action magnétique du courant électrique, loi d'Ohm; mesure pratique de diverses unités électriques.

#### 1.5 Métrologie et technologie des détecteurs

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants des informations sur la science des mesures et la technologie des détecteurs.

*Programme d'études:* paramètres physiques, rapports et unités (SI). Précision, résolution, linéarité, dérive, étalonnage; réétalonnage, correction, fréquence de lecture et de stockage, valeurs instantanées et moyennées, récapitulatifs, archivage, données brutes, données traitées, contrôle qualité. Principe de mesure et conditions d'installation de limnigraphes à bulles, de capteurs de pression, de capteurs ultrasoniques, de capteurs et d'échantillonneurs de turbidité. GPS, station géodésique totalisatrice.

#### 1.6 Opérations informatiques

*Objectifs de l'apprentissage:* initier les participants à l'usage des PC et leur apprendre à employer certains progiciels courants.

*Programme d'études:* initiation aux PC; principes généraux: périphériques d'entrée et de sortie (lecteurs de disquettes, dérouleurs de bandes magnétiques, imprimantes, traceurs, etc.); principes de la programmation, organigrammes; initiation à un langage de programmation simple; systèmes d'exploitation; instructions sur le fonctionnement d'un PC; programmes de chargement, de démarrage et d'exécution; emploi de progiciels d'hydrologie dans les domaines des statistiques sur les fréquences, de l'analyse de régression, de l'hydraulique des cours d'eau (par ex. débit, pente et section transversale), préparation de tableaux et de graphiques à publier dans un annuaire; analyse et stockage de données sur la qualité des données.

#### 1.7 Levés, lecture de cartes et photo-interprétation

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants une connaissance pratique des levés, des cartes et des photos employés en hydrologie.

*Programme d'études:* introduction aux divers types de levés, de plans et de cartes: objectifs, emplois et applications hydrologiques; organisation de levés; mesure de lignes et de distances sur le terrain; planimétrie; hauteur barométrique; pièces d'optique des instruments géodésiques; nivellement: instruments et réglage, bornes géodésiques, carnets, repérage et réduction des niveaux, sources d'erreurs, sections longitudinales et transversales, profils, levés de cours d'eau, tracé d'isohypses; mesures au théodolite: instruments et mesure des angles, mesures au tachymètre, traitement des données des levés; principes de la géomorphologie, caractéristiques géomorphologiques des bassins versants et évaluation sur des cartes; principes de la photogrammétrie, photos aériennes et interprétation.

## 2. Sujets d'hydrologie

### 2.1 Météorologie

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants une connaissance de base des processus météorologiques et de la mesure des variables concernant le cycle hydrologique.

*Programme d'études:* définition; composition de l'atmosphère; bilan thermique; mesure de composantes: rayonnement, température de l'air et du sol, humidité, vent; cycles de l'eau dans l'atmosphère: évaporation, formation et mesure des nuages, processus de précipitation; climatologie: facteurs de base; influence du relief, de la neige et de la glace; classification des climats; microclimats; réseau de stations météorologiques. Météorologie synoptique et prévisions météorologiques.

**2.2 Hydraulique** *Objectifs de l'apprentissage:* familiariser les participants avec les aspects fondamentaux de l'hydraulique et des transports solides dont il faut tenir compte pour les activités hydrologiques.

*Programme d'études:* définition et unités; hydrostatique: pression, mesure et diagrammes de pression; hydraulique des surfaces libres: écoulement permanent et non permanent, écoulement uniforme et non uniforme, application de l'équation de Bernoulli, formules de Chézy et de Manning, appareils de mesure; canaux de jaugeage, déversoirs entaillés, orifices; effets de remous et de bifurcations; dynamique des fluides en conduite; transports solides et processus se produisant dans le lit des cours d'eau.

**2.3 Hydrométrie** *Objectifs de l'apprentissage:* après avoir suivi ce cours, les participants devraient pouvoir participer au choix de sites et de techniques et mesurer en toute sécurité des niveaux d'eau, des débits et des transports solides.

*Programme d'études:* introduction générale et objet, principes des mesures, normes nationales et internationales, sélection de sites, conception et réalisation de stations; types de limnigraphes, mesure de la hauteur d'eau, mesure du débit: distribution des vitesses, mesure de la vitesse par des moulinets et des flotteurs, jaugeage par dilution et autres techniques de mesure dans des déversoirs et des canaux de jaugeage, mesure de la charge de fond et de la charge solide en suspension, précision et sources d'erreurs; fréquence des mesures; évaluation des laisses de crue; exploitation et entretien de limnigraphes; relation hauteur-débit, stabilité et contrôle hydraulique instable; prolongement des courbes hauteur-débit. Consignes de sécurité.

**2.4 Hydrogéologie** *Objectifs de l'apprentissage:* familiariser les participants avec les ressources en eaux souterraines et leur donner des connaissances de base de sujets apparentés.

*Programme d'études:* notions de base de géologie: le cycle de l'érosion (soulèvement tectonique, érosion, transport, sédimentation): principaux types de roches et composition minérale; sols et formation: propriétés hydrauliques des roches et des sols; porosité, perméabilité et loi de Darcy; notion de potentiel des eaux souterraines et niveau de l'eau dans les puits; aquifères et couches semi-perméables capacitives; aquifère captif (artésien) et à nappe libre; stratification hydraulique subsuperficielle; lignes de niveau des eaux souterraines et écoulement hypodermique; relations entre eaux souterraines et eaux de surface (cours d'eau drainants et infiltrants). Prospection d'eau souterraine; géophysique, sondages; construction de puits; essais de pompage, cône d'influence, interférences; puits d'observation et mesure de la hauteur de rabattement; mesure du débit; analyse des données d'essai en cas d'écoulement permanent ou non permanent – solutions informatiques simples par les méthodes de Thiem, de Theis et de Jacob. Évaluation de la capacité d'un puits. Conditions aux limites et aquifères reliés à des cours d'eau. Aquifères régionaux, surexploitation. Qualité des eaux souterraines et sources de contamination; migration des contaminants sous la surface du sol. Puits de faible profondeur; sources.

**2.5 Qualité de l'eau** *Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants des connaissances de base en chimie pour déterminer la qualité de l'eau et les familiariser avec la collecte et l'analyse d'échantillons d'eau.

*Programme d'études:* notions fondamentales de chimie; propriétés des éléments et classification périodique; composés, réactions chimique de base; qualité de l'eau; définitions, théorie des solutions et principes fondamentaux de l'électrochimie; caractéristiques chimiques et physiques importantes, classification chimique des eaux, pH, échantillons et conservation; collecte en vue de l'analyse chimique et biologique (méthodes), procédés d'analyse d'échantillons d'eau, conductivité, DBO, DCO, composants majeurs et mineurs dissous; chimie des cours d'eau, des lacs, des eaux souterraines, des mers et des océans, eutrophisation; pollution de l'eau: pesticides, maladies d'origine hydrique, sources ponctuelles ou non, précautions.

## 2.6 Analyse des données hydrologiques

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants une base théorique concernant l'analyse de données hydrologiques et les familiariser avec les analyses hydrologiques les plus courantes.

*Programme d'études:* représentativité des données hydrologiques dans l'espace et dans le temps, fréquence et horaire des observations, appareils enregistreurs ou non, disponibilité des données, erreurs et détection, cartes; interprétation des données sur les précipitations (ajustement, interpolation des données manquantes, distributions spatiales, cartes d'isohyètes, précipitations surfaciques, analyse hauteur-superficie-durée, courbes intensité-durée); évaporation et évapotranspiration; évaporation des surfaces d'eau libre et du sol, coefficient de bac, évaporation d'un bassin; infiltration: taux, formule empirique, hydrogramme; interprétation des données sur l'écoulement d'un cours d'eau: distribution spatiale, cartes du module spécifique d'écoulement, répartition dans le temps du volume d'écoulement, introduction aux hydrogrammes unitaires, analyse statistique des crues et des épisodes de sécheresse.

## 2.7 Stockage et extraction de données

*Objectifs de l'apprentissage:* donner aux participants une connaissance pratique des systèmes de stockage et d'extraction de données hydrologiques.

*Programme d'études:* formulaires des relevés, protocole; transmission de données, contrôle qualité; vérification des données; techniques générales de traitement: résumés journaliers et mensuels, extrêmes, courbes des valeurs classées; publication; banques de données, stockage et extraction de données; annuaires.

## 2.8 Entretien d'instruments

*Objectifs de l'apprentissage:* familiariser les participants avec les pratiques courantes pour l'entretien d'instruments.

*Programme d'études:* réparations et entretien: techniques d'atelier, pratiques électriques et électroniques, précautions de sécurité, dessin technique (croquis d'exécution, dessin des pièces de rechange); installation, réparation, essais sur le terrain et étalonnage d'instruments.

## CHAPITRE 5

### Formation continue

---

- 5.1** — Définitions et objectifs de la formation continue
- 5.2** — Modalités didactiques
- 5.3** — Méthodes et matériel didactiques et techniques de formation continue
- 5.4** — Analyse des besoins en matière de formation et stratégies de formation continue
- 5.3** — Rapports entre emplois et formation continue

Apprendre sa vie durant par le biais de la formation continue devient une partie intégrante de la vie professionnelle et personnelle de chacun. Les modes, les méthodes et les techniques de formation sont multiples et c'est de leur choix que dépend l'efficacité du processus d'apprentissage. L'éducation permanente est un processus culturel qui ne relève pas uniquement de la formation continue.

La motivation de l'apprenant est un facteur très important qui, dans l'idéal et dans une perspective de perfectionnement professionnel constant, devrait correspondre aux objectifs de l'organisation dans laquelle il travaille. Il faut, pour cela, élaborer une stratégie à part entière de formation continue pour compléter, actualiser ou accroître la compétence professionnelle du personnel, ce qui débouchera sur une véritable «organisation intelligente» où les ressources humaines sont optimisées.

## 5.1 DÉFINITIONS ET OBJECTIFS DE LA FORMATION CONTINUE

L'expression «formation continue» a un sens général désignant un enseignement non institutionnel destiné à des personnes employées ou qui cherchent un emploi après avoir suivi un enseignement institutionnel. Les méthodes de la formation continue sont très diverses et peuvent faire appel à divers modes d'enseignement. De plus, les techniques et les outils propres à ce type de formation sont importants et doivent être choisis selon le groupe ciblé et les objectifs du programme. La nécessité d'une formation continue vient de la régression des connaissances et des compétences globales de la personne en raison de leur «érosion» et de l'évolution des compétences requises avec le temps (figure 5.1). Ainsi, la formation continue est considérée comme un processus d'éducation permanente.

Il est utile de définir quelques termes et notions.

L'*apprentissage ouvert et à distance (AOD)* englobe un ensemble organisé d'objectifs, un contenu et des processus pédagogiques à présenter à des apprenants, éloignés (dans l'espace et/ou le temps) de l'enseignant ou d'une salle de classe traditionnelle. L'apprentissage ouvert et à distance est une forme de formation continue. L'Open University britannique, dont la méthode a été adoptée dans de nombreux pays, est un exemple connu d'établissement d'apprentissage ouvert et à distance.

Le *perfectionnement professionnel continu (PPC)* consiste en des activités personnalisées de formation continue dans une profession donnée afin d'acquérir les compétences nécessaires pour accomplir de nouvelles tâches. Axé sur un emploi défini, le PPC est organisé/demandé essentiellement par l'employeur: il correspond surtout à une demande, alors que la formation continue correspond souvent à une offre. Il s'agit donc de faire correspondre la demande à l'offre. Du côté de la demande, les besoins ne sont pas toujours bien articulés ou alors l'offre n'est pas connue. Du côté de l'offre, on ne connaît pas toujours les besoins précis en matière de formation.

La *formation axée sur les compétences (FAC)* est une nouvelle tendance visant à offrir au personnel sur son lieu de travail une possibilité de formation structurée non institutionnelle. En général, la formation axée sur les compétences suppose:

- Une décomposition des tâches en unités et en éléments;
- Des critères précis de performance;
- L'administration de tests et la remise d'attestations de formation;
- Une forme de reconnaissance officielle de l'employeur ou d'organes externes.

On peut prendre comme exemple de reconnaissance officielle les *National Vocational Qualifications* décernées par la *Qualifications and Curriculum Authority* au Royaume-Uni.

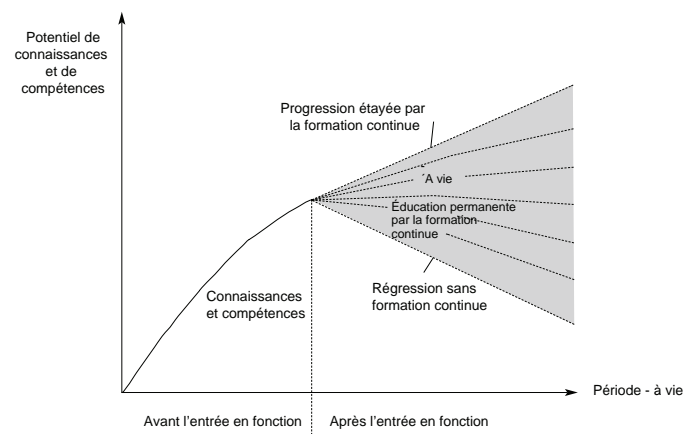


Figure 5.1 — Rôle de la formation continue dans l'évolution des connaissances et des compétences d'une personne (Van der Beken, 1993)

Les *protagonistes* de la formation continue sont les «apprenants» ou «stagiaires» et les «enseignants» ou «formateurs». Dans le cadre du PPC, apprenants et enseignants peuvent permuter leur rôle selon les besoins lorsque des connaissances et des savoir-faire nouveaux sont transmis dans des domaines précis.

Les *parties prenantes* sont les «dispensateurs» de la formation continue (écoles, universités, établissements de formation ou services d'entreprises et d'institutions, par ex. les centres régionaux de formation professionnelle en météorologie (CRFPM de l'OMM) et les «utilisateurs» de la formation continue (organismes publics et entreprises avec leurs employés, particuliers ou citoyens et collectivités ou leurs représentants) qui participent à des activités de formation continue, constituant ainsi la «société de l'apprentissage». Dans le cas de la formation continue, si l'apprenant cherche un emploi, le «marché du travail» peut être considéré comme une partie prenante. Dans celui du PPC, l'«employeur» de l'apprenant est la principale partie prenante.

## 5.2

MODALITÉS  
DIDACTIQUES

Traditionnellement, l'enseignement est reçu *ex cathedra*: l'apprenant assimile des connaissances théoriques qu'il met en pratique par le biais de travaux dirigés et d'une formation sur le terrain. L'apprentissage ouvert, tel qu'il est défini ci dessus, peut être considéré comme une modalité didactique particulière avec un rapport «enseignant-apprenant» à distance, qui diffère sensiblement du rapport classique «de personne à personne».

Dans la *démarche de résolution de problèmes*, l'apprenant a directement un problème réel à résoudre et le processus de transfert de connaissances et de compétences se déroule étape par étape au fur et à mesure de la résolution du problème. Ces deux façons d'apprendre ont des avantages et des inconvénients, mais les éducateurs accordent actuellement de plus en plus d'attention à la démarche de résolution de problèmes. C'est un apprentissage par la pratique, tout à fait approprié pour la formation continue, l'éducation permanente et la formation axée sur les compétences.

La *démarche axée sur les projets*, qui exige un travail de groupe des apprenants, est particulièrement utile lorsqu'une approche globale est nécessaire, comme dans la gestion intégrée des ressources en eau. Elle a l'avantage notable d'assurer une formation comportementale des apprenants en mettant en jeu leur attitude, leur comportement et leur aptitude à participer et à communiquer, autrement dit leurs compétences non techniques.

L'*apprentissage coopératif* est une version moderne de la démarche axée sur les projets qu'applique la technologie de l'information et des communications par le biais d'Internet. On l'appelle aussi apprentissage sur le Web (apprentissage à distance par une approche axée sur des projets virtuels) avec des groupes d'apprenants situés à divers endroits. Cette démarche permet de constituer des équipes interdisciplinaires et internationales. L'apprentissage coopératif sur le Web pose manifestement d'importants problèmes quant à la structure organisationnelle, au plan de travail, à la distribution du travail et à la coordination qu'il est très difficile de résoudre.

## 5.3

MÉTHODES ET  
MATÉRIEL DIDACTIQUES  
ET TECHNIQUES DE  
FORMATION CONTINUE

On peut classer les méthodes de la formation continue selon l'importance du suivi qu'elles exigent. Ces méthodes ont des avantages et des inconvénients, qui sont résumés dans le tableau 5.1.

À chaque méthode peuvent correspondre un ou plusieurs types de matériel et de techniques. On trouvera ci-après une description de chacune de ces méthodes, classées, en gros, selon un niveau croissant de technicité.

## Méthodes

*Formation en cours d'emploi*

La formation en cours d'emploi est la forme la plus courante de formation continue, puisqu'elle va d'une courte formation orale donnée par un responsable à une formation structurée dispensée dans l'entreprise. L'intensité de cette formation

et le temps qu'elle exige sont variables. Normalement, aucune mobilité n'est nécessaire et l'enseignement peut être dispensé en grande partie par le personnel interne de l'entreprise.

Cette méthode de formation continue, généralement très encadrée, exige souvent des rapports de personne à personne. C'est le cas en particulier pour l'apprentissage et l'assistance professionnelle (coaching). L'apprentissage, qui conduit souvent à une qualification reconnue, exige parfois une formation institutionnelle à temps partiel (cours du soir ou pendant le week-end, par ex.), tandis que l'assistance professionnelle est un arrangement plus informel, le stagiaire travaillant de concert avec un mentor et sous sa supervision. L'avantage de cette technique, c'est que ni le stagiaire ni le formateur ne ressentent d'obligation. L'assistance professionnelle est économique et facile à organiser en cours d'emploi.

La formation en cours d'emploi n'implique pas exclusivement un rapport de personne à personne. Sa rentabilité est supérieure si plusieurs personnes sont formées en même temps. L'employeur peut désigner des formateurs internes ou recruter des formateurs pour assurer la formation sur place. Il peut également décider d'envoyer un employé faire une formation en cours d'emploi dans une autre entreprise ou même à l'étranger.

#### *Enseignement en salle de classe*

Vu le nombre limité de stagiaires qui peuvent bénéficier d'un apprentissage dans le cadre de la formation continue, l'enseignement traditionnel en salle de classe est souvent plus rentable. Pendant une durée déterminée, il y a interaction entre le ou les enseignants et les stagiaires pour une formation continue qui peut être adaptée aux besoins de l'apprenant moyen. L'enseignement en salle de classe regroupe toute la gamme allant des cours magistraux aux stages d'initiation du type séminaire ouvert. Il peut être entièrement théorique ou orienté sur la pratique, adapté spécifiquement aux besoins immédiats de l'entreprise ou être ouvert au grand public. Sa durée peut aller d'une heure à plusieurs semaines, à temps partiel ou à temps complet. Il peut ne représenter qu'une partie d'un grand programme d'activités de formation comprenant des travaux de laboratoire, sur le terrain, etc. (voir la section 3.2, PEB-HRE – Activités d'intégration) ou prendre la forme d'une combinaison d'apprentissage ouvert, de cours, d'ateliers ou de séminaires de courte durée.

#### *Apprentissage ouvert*

L'apprentissage ouvert convient à la fois pour la formation récurrente et pour l'acquisition de nouvelles connaissances.

Particulièrement souple, il peut s'appliquer aussi bien à de grands groupes qu'à des particuliers. Il exige beaucoup d'initiative de la part de l'apprenant, qui peut choisir librement ou définir le programme compte tenu des techniques de soutien qui lui sont offertes. L'apprentissage ouvert fait appel aux cours par correspondance, à des programmes de radio ou de télédiffusion et à des systèmes d'enseignement à distance, à du matériel autodidactique (valises pédagogiques, progiciels) et à la documentation offerte sur Internet. L'apprentissage ouvert suppose un certain suivi sous forme de conseil, d'ateliers, de séminaires itinérants ou par correspondance sauf si l'apprenant est un véritable autodidacte qui n'a besoin d'aucun contrôle.

Pour que cette forme d'apprentissage soit efficace, elle doit être très structurée et organisée avec un mécanisme de contrôle bien conçu et des techniques d'apprentissage perfectionnées. À cet égard, elle est essentiellement différente de l'auto-apprentissage, qui, même si elle fait appel à des techniques de soutien semblables, est la forme d'apprentissage la moins structurée.

Par souci de rentabilité, il faut viser un groupe important d'apprenants, car la mise au point des techniques de soutien appropriées est très coûteuse. C'est pourquoi l'apprentissage ouvert est peu employé en hydrologie.



*Ateliers, cours intensifs et séminaires*

Les ateliers, les cours intensifs, les cours de recyclage, les séminaires, les séminaires itinérants et les cours d'été sont des méthodes dont le point commun est la courte durée (de deux ou trois jours à quelques semaines). Ces méthodes peuvent avoir différents objectifs et faire appel à une vaste gamme de techniques de soutien. Elles sont en général plus intensives que toute autre méthode, ce qui explique que leur champ d'application soit souvent étroit ou limité à un sujet particulier dans le cadre d'une discipline ou d'un secteur donné. Ces diverses méthodes peuvent être décrites de la manière suivante:

*Atelier*: réunion offrant aux participants, ayant un intérêt ou un problème commun, la possibilité de rencontrer des spécialistes, d'acquérir des connaissances directes et d'effectuer des travaux pratiques;

*Cours intensif*: programme d'enseignement organisé et conçu pour faire face à des besoins urgents aussi vite que possible par l'emploi intensif de ressources;

*Cours de recyclage*: activités de révision et d'actualisation d'attitudes, de connaissances et de compétences acquises antérieurement qui sont tombées en désuétude ou qui nécessitent une mise à jour;

*Séminaire*: cours de courte durée ou conférence faisant largement appel à des techniques participatives et consacré à l'étude exclusive d'un sujet en vue d'accroître les connaissances des participants dans ce domaine;

*Séminaire itinérant*: il est possible de réduire le coût élevé d'un séminaire en le rendant itinérant, les enseignants se déplaçant d'un endroit à l'autre pour faire le même cours. L'auditoire et l'objectif doivent être semblables à chaque fois;

*Cours d'été*: créés pour tirer profit des temps de loisir afin d'offrir aux cadres universitaires supérieurs et aux enseignants la possibilité de se perfectionner, de se remettre à niveau et de faire des études novatrices.

*Conférences spéciales*

Une conférence spéciale n'a pas d'objectif caractéristique en matière de formation et n'est pas une méthode de formation pratique des participants. Il s'agit d'un transfert de connaissances, qui peut être complémentaire d'autres techniques de formation continue. Normalement, les participants ne communiquent pas entre eux: ce sont des auditeurs passifs. Le profit qu'ils en tirent est difficile à évaluer. Toutefois, les discussions et les contacts individuels peuvent être considérés comme enrichissants sur le plan personnel. Les conférences servent souvent de catalyseur et d'incitation à entreprendre de nouvelles études indépendamment de l'importance de l'engagement personnel.

*Visites techniques*

Les visites techniques et les visites pédagogiques sont des activités relevant de la formation continue qui illustrent l'application pratique de connaissances ou de compétences acquises par d'autres moyens de formation continue. L'hydrologie en tant que science du génie technique et de l'environnement est étroitement liée aux activités d'observation visuelle. C'est pourquoi les études sur le terrain sont une partie essentielle de l'enseignement général en hydrologie (voir la section 3.2). Les impressions visuelles ont un effet durable sur l'apprenant et ravivent souvent son intérêt. De nombreux points théoriques, que l'apprenant ne perçoit que de façon abstraite, se précisent et font ensuite partie intégrante de son interprétation.

*Auto-apprentissage*

Il faut considérer l'auto-apprentissage comme le niveau le plus bas de l'apprentissage organisé et comme celui qui se prête le moins à des contrôles. Il ne faut cependant pas en sous-estimer la valeur pour la formation continue, car c'est ce type de formation qui demande le plus d'initiatives personnelles et d'engagement. Dans son sens le plus large, l'auto-apprentissage fait songer à l'acquisition de connaissances comme passe-temps, ce qui permet l'auto-identification la plus totale de l'apprenant qui, même s'il considère qu'il s'agit d'une activité complémentaire ou de soutien lui permettant d'accroître ses capacités professionnelles, se sentira pleinement engagé et sera peut-être même prêt à financer personnellement sa formation.

<i>Méthodes et matériel didactiques et techniques de formation continue</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Formation en cours d'emploi	Encadrement très strict Souplesse Économie Déplacement inutile	Nombre d'apprenants et portée limités Difficulté à mesurer les résultats quantitativement
Enseignement en salle de classe	Rentabilité Nombre élevé d'apprenants Résultats escomptés bien définis	Nécessité d'une planification à long terme Méthode ne correspondant pas toujours aux besoins individuels Encadrement limité
Apprentissage ouvert	Libre utilisation du temps Déplacement inutile Indépendant du nombre d'apprenants Possibilité d'un enseignement répétitif Choix des techniques de soutien	Absence de contact direct entre les apprenants et l'enseignant Importance des efforts personnels Risque de démotivation Risque d'incohérence du programme
Ateliers, cours intensifs et séminaires	Objectifs clairs Sujets correspondant aux derniers progrès scientifiques Interaction et contacts Grande efficacité de l'apprentissage Absence minimale du lieu de travail	Coût élevé du déplacement Risque d'hétérogénéité excessive des participants Préparation importante indispensable Enseignants qualifiés indispensables
Conférences spéciales	Discussions et rapports personnels Incitations	Interaction limitée Aucun contrôle Coût élevé
Visites techniques	Effet durable Inspiration Incidences sociales	Coût élevé Préparation didactique intensive indispensable Difficulté à évaluer les résultats
Auto-apprentissage	Engagement total Personnalisation Souplesse de l'horaire et de l'outil/méthode	Rythme d'apprentissage insuffisant Apprentissage non reconnu Coût excessif de certaines techniques
Manuels	Disponibles à tout moment Possibilité d'optimiser la concentration Apprentissage associatif Apprentissage par paliers selon la capacité intellectuelle	Parfois trop généraux ou trop spécialisés Rétroaction de l'auteur impossible
Documents imprimés et photocopiés	Information directe adaptée au groupe d'apprenants Manuels d'utilisation	Risque de présentation médiocre
Matériel pour cours par correspondance et auto-apprentissage	Aucun déplacement Grande souplesse Association optimale des documents écrits et non écrits	Procédure lourde Aucun rapport personnel N'existe que pour les sujets de base
Techniques audiovisuelles	Amélioration et renforcement des méthodes et du matériel	Contraintes temporelles des radios ou télédiffusions
Techniques informatiques (apprentissage assisté par ordinateur, etc.)	Grande souplesse Possibilité de contrôle automatique	Production coûteuse Manque de recherche sur les aspects pédagogiques Matériel et logiciels appropriés indispensables
Techniques avancées d'apprentissage et d'apprentissage en ligne	Possibilité de participation interactive sur Internet Aucun frais de déplacement Possibilité d'établir un contrôle individuellement	Coût de production élevé Manque de recherche sur les aspects pédagogiques Service Internet à haute vitesse nécessaire pour certaines applications

Tableau 5.1 — Méthodes et matériel didactiques et techniques de formation continue: avantages et inconvénients

De nombreuses personnes ressentent la nécessité de se recycler sans attendre une initiative de leur employeur. Elles auraient au contraire tendance à interpréter une telle initiative comme une menace planant sur leur emploi. On peut donc en conclure que l'auto-apprentissage, avec la formation en cours d'emploi en général, est la méthode de formation continue la plus courante.

L'auto-apprentissage exige du matériel didactique tel que livres, valises pédagogiques, systèmes d'apprentissage assisté par ordinateur et autres techniques d'apprentissage perfectionnées, pour que l'apprenant puisse progresser sans l'intervention d'un enseignant ou avec un minimum d'orientation. L'apprenant est totalement indépendant et choisit son propre rythme de travail.

## Matériel didactique

### *Matériel élémentaire*

Les besoins en matériel didactique pour la formation continue ne sont pas différents de ceux de toute autre activité de formation se déroulant dans une école, une entreprise ou à l'université. Il faut des tableaux noirs, du papier, des crayons, des calculatrices, etc. et ces articles ne sont mentionnés ici que par souci d'exhaustivité.

### *Manuels et autres documents imprimés*

Les manuels et autres documents didactiques imprimés sont assurément les éléments didactiques principaux de n'importe quel cours. L'importance de leur rôle est indubitable: ils sont à la base de l'enseignement quel qu'en soit le niveau. L'auto-apprentissage avec documents imprimés, est une méthode individualiste, qui dépend entièrement des habitudes et des capacités d'étude personnelle.

### *Matériel pour cours par correspondance et auto-apprentissage*

Les cours par correspondance se caractérisent par l'échange systématique entre l'enseignant et le ou les apprenants d'un matériel didactique expédié par courrier. Cet échange est une technique de soutien caractéristique de l'éducation des adultes. Les cours conçus pour cette forme particulière d'enseignement à distance peuvent faire appel aux manuels employés par ailleurs en salle de classe, mais en général, ceux-ci ne conviennent pas et ne sont pas suffisants. Les cours par correspondance doivent être préparés dans l'optique de l'auto-apprentissage, avec des tests automatiques ou des exercices d'auto-évaluation, en prévoyant d'autres possibilités et en sélectionnant le matériel.

La procédure est la suivante: une partie d'un cours est expédiée à l'apprenant pour qu'il l'étudie et réponde à des questions en vue de résoudre des problèmes. Ensuite, il envoie son devoir à l'enseignant, qui le vérifie et lui adresse la suite du cours, et la procédure recommence.

Les cours par correspondance font souvent partie des didacticiels multimédias et s'intègrent aux environnements d'apprentissage en ligne.

### *Techniques audiovisuelles et informatiques*

Les techniques multimédias traditionnelles (cassettes audio et vidéo, radio et télévision) améliorent le processus d'apprentissage à tous les niveaux et peuvent ajouter de la valeur à toutes les méthodes de formation continue.

Les techniques informatiques font appel à des ordinateurs avec des logiciels, un matériel d'apprentissage assisté par ordinateur, des disquettes, des CD-ROM et des DVD. Il faut reconnaître que la conception de ce type de matériel d'apprentissage assisté par ordinateur est coûteuse et exige des compétences à plusieurs niveaux. S'il est de qualité, le matériel d'apprentissage assisté par ordinateur est très utile pour de nombreuses méthodes de formation continue.

### *Techniques avancées d'apprentissage et d'apprentissage en ligne*

Les techniques avancées d'apprentissage (ALT) et d'apprentissage en ligne ou de cyberapprentissage sont des associations de techniques ou d'outils fondées sur la technologie de l'information et des communications (TIC) qui permettent à des apprenants, se trouvant en un même lieu ou à plusieurs endroits différents, d'utiliser des logiciels et d'autres ressources de façon synchrone ou asynchrone et de communiquer avec l'enseignant et entre eux. Le tableau 5.2 en présente les possibilités.

Tableau 5.2 — Apprentissage en ligne: modes d'interaction spatio-temporelle (T. Hasan, 2002)

	Lieu unique	Divers lieux
<b>Apprentissage simultané</b>	Synchrone <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salle de classe</li> <li>• Ateliers et séminaires en classe</li> <li>• Formation interne</li> </ul>	Synchrone réparti <ul style="list-style-type: none"> <li>• «Bavardage» sur Internet</li> <li>• Vidéo ou audioconférence</li> <li>• Télévision interactive</li> </ul>
<b>à des moments différents</b>	Asynchrone <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heures prolongées de bibiothèque</li> <li>• Archives</li> <li>• Bibiothèques numériques</li> <li>• Laboratoires d'informatique</li> </ul>	Asynchrone réparti <ul style="list-style-type: none"> <li>• Courriel, hypertexte Internet, forums de discussion, listes de diffusion, etc.</li> <li>• Correspondance imprimée</li> </ul>

L'apprentissage coopératif en ligne évoqué à la section 5.2 tire au mieux parti de ces possibilités, mais il en est toujours au stade expérimental. Il va sans dire qu'on peut escompter qu'il se développera.

#### 5.4 ANALYSE DES BESOINS EN MATIÈRE DE FORMATION ET STRATÉGIES DE FORMATION CONTINUE

Il faut choisir des méthodes appropriées de formation continue et du matériel de soutien adéquat afin d'atteindre les objectifs de la formation et d'obtenir les meilleurs résultats avec un apprenant donné dans un milieu donné. La figure 5.2 illustre cette «harmonisation des paramètres» ou alignement des connaissances et des compétences initiales d'un sujet avec le premier paramètre (objectifs de l'organisation), le deuxième (la méthode de formation continue choisie) et le troisième (engagement du sujet). Comme pour toute activité humaine, la motivation et l'incitation (ou la récompense) sont essentiels. Dans le domaine de la formation continue, la principale incitation est souvent l'avancement professionnel.

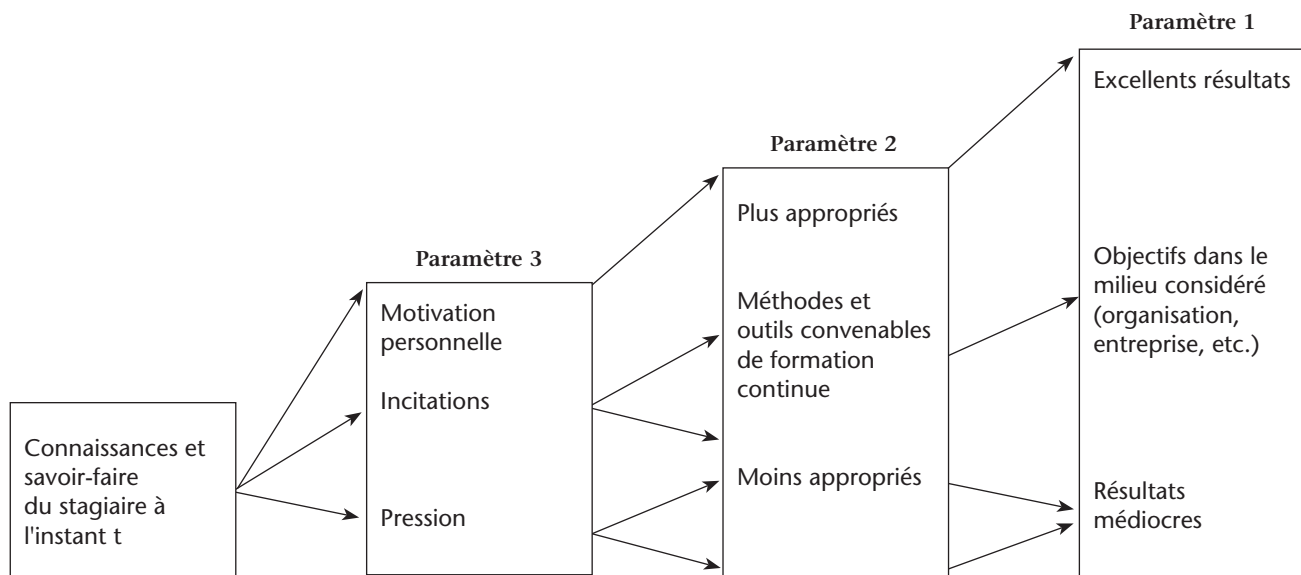


Figure 5.2 — Modèle GILBRICH d'harmonisation des paramètres: les résultats du PPC (objectifs de l'organisation, paramètre 1) seront d'autant meilleurs que l'on aura bien choisi les méthodes et les outils (paramètre 2) et que le stagiaire est personnellement motivé (paramètre 3).

Le groupe cible constitue un autre élément dont il faut tenir compte pour tout programme de formation continue. Cette formation étant coûteuse, sa planification, sa conception et sa mise en œuvre sont souvent adaptées à un groupe d'apprenants qui n'ont pas nécessairement les mêmes connaissances ni les mêmes compétences au départ. En outre, la méthode ou la technique employée risque de ne pas être également adaptée à tous les apprenants. Les incitations peuvent aussi être différentes selon les stagiaires.

Il faut établir un cycle systématique d'identification des besoins, de définition des objectifs, de sélection des méthodes et des techniques de soutien, d'évaluation et de rétroaction (figure 5.3).

Figure 5.3 — Cycle systématique de la formation continue

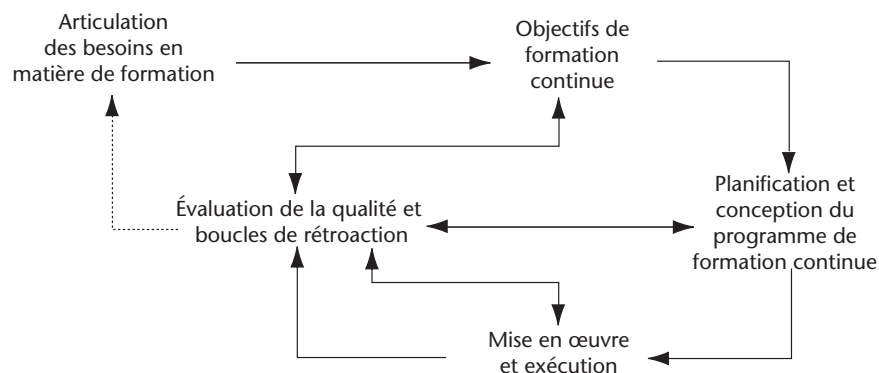
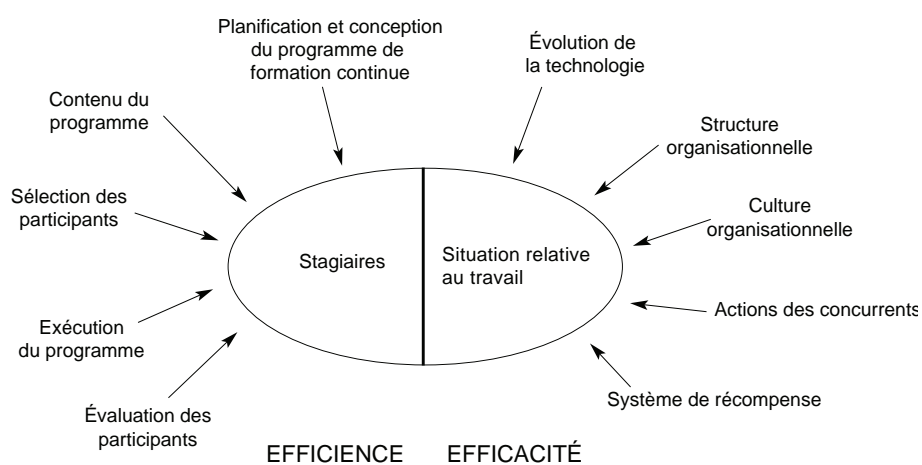


Figure 5.4 — Cadre permettant d'établir une distinction entre l'efficacité et l'efficacité d'un programme de formation continue.



Vu l'aspect qualitatif des activités de formation continue, il est facile de confondre des notions de gestion telles que l'efficacité et l'efficacité. L'efficacité mesure les performances d'un processus dans un système alors que l'efficacité sert à évaluer ce qu'il produit — quel est l'effet du processus — par rapport à ses objectifs. Par exemple, un programme d'éducation peut être efficace parce que son coût par apprenant se situe dans une fourchette satisfaisante, tout en étant peu efficace parce que la formation n'est pas adaptée aux qualifications et aux compétences requises dans le monde du travail. Il convient de noter qu'il est souvent plus difficile de trouver des indicateurs mesurables d'efficacité que des indicateurs d'efficacité. Quoi qu'il en soit, il ne faut pas confondre les deux notions. La figure 5.4 illustre cette distinction.

Dans la formation continue comme dans l'enseignement institutionnalisé, on peut mesurer l'accroissement des connaissances et des compétences des apprenants après cette formation, en général par le biais d'examens. L'efficacité globale de la formation se mesure ainsi, mais elle dépend aussi de la sélection des participants, de la planification, de la conception, du contenu et de la mise en œuvre de la formation continue. Cette mesure n'inclut pas nécessairement une analyse coût-avantages, même si les formateurs ont bien évidemment l'intention de couvrir leurs frais.

Cependant, l'efficacité ou l'impact concerne davantage l'aptitude d'une personne à bien exécuter son travail dans une situation donnée. La structure et la culture de l'organisation, les actions des concurrents, le système de récompense, la satisfaction personnelle, etc. jouent un rôle, ce qui fait que l'«impact» d'un programme de formation professionnelle n'est pas réellement mesurable. Il est difficile voire

impossible de quantifier le manque à gagner par le fait de ne pas parfaire les compétences du personnel.

Ainsi, l'articulation correcte des besoins en matière de formation, la sélection soigneuse des apprenants, le recrutement ciblé d'enseignants, le choix du meilleur programme de formation continue — autrement dit l'appariement de l'offre et de la demande — le rapport coûts-avantages et la pertinence du milieu de travail où les connaissances, les compétences et les aptitudes nouvellement acquises par l'apprenant seront mises en pratique sont des facteurs de grande importance que toute politique de formation continue doit prévoir. L'une des étapes du processus est la mise en place d'un système d'assurance qualité et d'évaluation dans tout programme de formation continue (voir l'appendice 1). Dans certains cas, au Royaume-Uni par exemple, un agrément «professionnel» s'applique tant à la formation continue qu'au perfectionnement professionnel continu.

## 5.5 RAPPORTS ENTRE EMPLOIS ET FORMATION CONTINUE

Dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau, les emplois — c'est-à-dire les postes au sein d'une organisation ou d'une entreprise donnée — exigent des compétences en rapport avec les responsabilités définies dans le tableau 2.2 du chapitre 2.

### Description d'emplois

Si un emploi est bien défini avec des compétences professionnelles correspondantes décrites de façon claire, dans l'idéal, une rétroprévision heuristique devrait conduire à l'identification des connaissances et des compétences à acquérir dans le cadre du programme d'enseignement correspondant spécifiquement à cet emploi.

En réalité, vu la multitude des emplois quelle que soit la profession, et en particulier dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau, il n'est pas possible, sur le plan économique, de mettre en place et de lancer des programmes d'enseignement et de formation institutionnels pour tous les emplois recensés, d'où le regroupement des personnels de l'hydrologie (hydrologues, techniciens en hydrologie, personnel professionnel complémentaire) dont les programmes d'enseignement de base (PEB-HRE, PEB-THTIM, PEB-THTIC, PEB-GSD, PEB-ENV et PEB-SED) ont été présentés au chapitre 2 (fig. 2.1).

L'enseignement et la formation institutionnelle ne peuvent correspondre aux profils de compétences de tous les emplois, mais ils devraient permettre d'acquérir l'attitude et les aptitudes voulues pour continuer à apprendre dans le cadre d'un enseignement et d'une formation non institutionnels, comme la formation continue, et par l'apprentissage non structuré. C'est à l'organisation qui emploie l'apprenant de favoriser sa progression jusqu'au niveau de compétence voulu, et donc de mettre en place et de soutenir pour chaque employé un programme de perfectionnement professionnel continu (PPC) ou de formation axée sur les compétences correspondant aux objectifs de l'organisation.

Ainsi, l'employeur:

- *Décrit* l'emploi par une description générale du poste et des rapports hiérarchiques, des principaux objectifs, des principales fonctions, des résultats escomptés et des compétences nécessaires;
- *Définit* la catégorie de personnel susceptible d'occuper le poste dans les meilleures conditions: hydrologue, technicien en hydrologie ou personnel professionnel complémentaire;
- *Publie* l'avis de vacance de poste;
- *Choisit* le candidat le plus qualifié pour la catégorie de personnel définie;
- *Établit* un programme de PPC ou de formation axée sur les compétences afin de compléter, d'actualiser ou d'accroître la compétence professionnelle de l'employé par le biais de la formation continue.

Un exemple type de description d'emploi pour un administrateur régional est présenté à l'appendice 2 à titre d'information (adapté de Bruen, 1993, p. 56-59).



## Programmation de la formation continue et politique des ressources humaines

De nombreuses organisations du secteur de l'eau subissent actuellement d'importantes mutations techniques en raison de facteurs bien connus tels que l'évolution rapide de la technologie de l'information et des communications, de la modernisation et de la diversification des systèmes d'observation, et notamment de la télédétection, et des progrès sensibles des sciences de la terre et des méthodes et techniques de calcul. Comme nous l'avons déjà noté au chapitre 1, ces organisations modifient aussi leur mission et leur mode de gestion traditionnels pour pouvoir faire face aux nouvelles demandes des secteurs public et privé dans un contexte de libéralisation et de mondialisation galopantes des produits et des services. En fait, on repense les stratégies, la structure et la gestion organisationnelles, les méthodes et les procédures de travail, les critères de performance, la culture et l'image de marque de l'entreprise, ainsi que sa politique en matière de ressources humaines afin qu'ils correspondent aux nouveaux objectifs organisationnels.

Comme l'aspect humain est fondamental dans tout changement organisationnel, le personnel doit comprendre ces changements, être disposé à s'y adapter et pouvoir les mettre en œuvre. Il doit assimiler les nouvelles méthodes et procédures de travail dans un délai relativement court, à savoir acquérir de nouvelles compétences, absorber davantage d'informations, accomplir de nouvelles tâches, améliorer ses connaissances et ses résultats, changer d'attitude quant à la façon de faire les choses et adapter ses jugements de valeur et son comportement. Il est indispensable qu'il change d'attitude concernant le perfectionnement professionnel, y compris l'autoperfectionnement, pour que la transformation souhaitée soit complète. À juste titre, le département des ressources humaines doit:

- Contribuer à la définition de la stratégie de l'organisation et se prononcer sur les besoins à court et à long terme en matière de personnel dans chaque branche d'activités;
- Élaborer un schéma directeur des ressources humaines correspondant à l'évolution de la mission de l'organisation, à son nouveau contexte et à ses nouveaux objectifs; ce schéma devrait comprendre des scénarios de mise en œuvre réalistes et des descriptions d'emplois établies selon le modèle de l'appendice 2;
- Comparer les compétences professionnelles définies aux performances réelles;
- Articuler avec précision la demande de formation et la faire correspondre aux possibilités de formation continue existantes;
- Définir, en matière de formation, une gamme adéquate d'options précisément adaptées au personnel visé du point de vue de la spécificité des branches d'activités, de la motivation, des incitations, du contenu des programmes, de leur durée, de leur mode d'exécution, de leur évaluation et de leur certification en coopération étroite avec les départements et les formateurs;
- Organiser la formation en temps voulu;
- Choisir les apprenants en consultation avec les départements.

Il est en outre nécessaire d'harmoniser les changements organisationnels envisagés et le personnel disponible pour leur mise en œuvre. Ces changements peuvent conduire à une modification des compétences exigées du personnel, y compris à des développements de carrière en tant qu'administrateurs ou gestionnaires, ce qui est souvent l'étape ultime de la carrière des professionnels.

Le principal défi auquel sera confronté le Service des ressources humaines est de se transformer rapidement pour édifier un système réellement intégré englobant plusieurs fonctions: planification des ressources humaines, redéploiement du personnel, sa formation et son recyclage. La mise en place de ces fonctions doit à la fois être durable et correspondre à l'évolution constante des besoins. C'est dans ces conditions uniquement que la politique des ressources humaines permettra de veiller à ce que l'organisation intelligente dispose au moment voulu du personnel qu'il faut avec les compétences nécessaires.





## **PARTIE B**

### **Exemples**

---

**CHAPITRE 6 — Exemples de programmes d'enseignement de base**

**CHAPITRE 7 — Exemples de compétences professionnelles requises dans les principales branches d'activités**

*«Il est assez pénible que l'apprentissage ne se fasse pas une fois pour toutes. Nos ancêtres pouvaient se contenter de l'éducation reçue dans leur jeunesse, mais aujourd'hui il faut reprendre des études au moins tous les cinq ans pour éviter d'être dépassé.»*

*(Johann Wolfgang Goethe in Die Wahlverwandschaften I, 4; 1809)*

La Partie A présente des directives générales concernant la classification des personnels, les principales disciplines, l'instruction obligatoire et la formation professionnelle continue du personnel hydrologique, tandis que la Partie B donne des exemples réels dont les formateurs et les cadres pourront s'inspirer pour définir leurs propres besoins en la matière, en fonction des conditions locales et à des fins précises. L'intention des auteurs de l'ouvrage n'était pas de dresser un inventaire des programmes de formation, des manuels ou du matériel d'enseignement existants.

Les exemples présentés font l'objet de deux chapitres distincts. Le chapitre 6 porte sur les programmes d'enseignement de base pour la qualification initiale des hydrologues et des techniciens en hydrologie, alors que le chapitre 7 illustre les compétences professionnelles requises dans certains des postes les plus courants dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau. Les exemples ont été fournis par P. Chola (Zambie), C. Farías (Venezuela), D. Rabuffetti et S. Barbero (Italie), I. Shiklomanov (Fédération de Russie) et B. Stewart (Australie).



## CHAPITRE 6

### Exemples de programmes d'enseignement de base

---

- 6.1 — Exemples de programmes d'enseignement de base destinés aux hydrologues**
- 6.2 — Exemples de programmes d'enseignement de base destinés aux techniciens en hydrologie**

Le présent chapitre, qui donne des exemples de programmes PEB-HRE, PEB-GSD, PEB-ENV et PEB-SED provenant de Belgique, des Pays Bas, d'Australie et du Royaume-Uni, fait suite au chapitre 3 qui établit le cadre pour les programmes d'enseignement de base destinés aux hydrologues et aux personnels professionnels complémentaires. On trouvera également des exemples de cours de brève durée dispensés à plusieurs reprises en Afrique et de formation en cours d'emploi à long terme organisée au Canada qui correspondent aux deux domaines de spécialisation des PEB destinés aux techniciens en hydrologie dont il est question dans le chapitre 4.

## 6.1

**EXEMPLES  
DE PROGRAMMES  
D'ENSEIGNEMENT DE  
BASE DESTINÉS AUX  
HYDROLOGUES**

Les exemples suivants de PEB ont été choisis pour illustrer la vaste gamme de programmes d'études menant à une maîtrise et susceptibles de préparer un candidat à une carrière dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau. Les renseignements présentés ici ne correspondent pas nécessairement dans le détail à la réalité au moment de la publication des présentes Directives et les lecteurs qui souhaitent obtenir les dernières informations peuvent le faire en consultant les adresses Web indiquées dans le texte.

## Exemple de PEB-HRE

En Belgique, l'Université libre de Bruxelles et l'Université catholique de Louvain offrent conjointement un programme de deux ans conduisant à une maîtrise ès sciences en génie hydro-économique, désigné par l'abréviation IUPWARE (Inter University Programme in Water Resources Engineering). Ce programme s'étend sur une première année d'études complémentaires, suivie d'une deuxième année où l'étudiant choisit l'une des quatre options portant chacune sur deux sujets qui complètent les sujets principaux. L'hydrologie est l'une de ces options et, même si la structure du programme qui comprend le cours d'hydrologie est différente de celle du PEB-HRE résumé au chapitre 3, les programmes d'enseignement sont identiques pour l'essentiel. Le PEB-HRE entre dans le cadre des sciences du système terrestre alors que l'option Hydrologie de l'IUPWARE porte essentiellement sur des applications techniques. Cet exemple a précisément été choisi pour montrer qu'on peut trouver un programme dont le contenu correspond au PEB-HRE dans plusieurs cadres universitaires différents qui correspondent chacun à un type donné d'activité professionnelle.

On trouvera le programme d'études détaillé de chaque cours dans la documentation pertinente (voir <http://www.iupware.be>), régulièrement mise à jour pour ce qui est des modifications apportées à la structure et aux programmes d'enseignement. Les grandes lignes présentées ci-après ne donnent qu'un résumé indicatif du contenu du cours. Le poids relatif de chaque cours est exprimé en crédits suivant la notation du Système européen de transfert de crédits (ECTS). Dans ce système, la charge de travail totale correspondant à une heure de cours par semaine plus une heure d'exercices, d'atelier ou de travaux pratiques pour un semestre nominal de 14 semaines, permet d'obtenir environ 2,5 crédits.

Par souci d'exhaustivité, on trouvera aussi dans ce qui suit des détails sur les trois autres options du programme IUPWARE qui concernent l'irrigation, la qualité de l'eau et l'écologie aquatique.

*Programme d'études et structure  
de l'IUPWARE*

**Cours de première année (45 crédits ECTS, 5 par cours)**

- C1 Bases du calcul infinitésimal (cours relais ne donnant droit à aucun crédit)  
*Révision des méthodes mathématiques de base fréquemment employées ou appliquées en génie hydro-économique, y compris des notions de calcul infinitésimal, d'algèbre linéaire, de vecteurs et de grandeurs scalaires.*
- C2 Méthodes mathématiques  
*Introduction aux méthodes mathématiques avancées nécessaires à l'analyse et à la résolution de problèmes de mécanique des fluides, y compris aux équations différentielles partielles et aux méthodes numériques de résolution.*
- C3 Méthodes statistiques  
*Introduction aux notions de probabilités et de statistiques à utiliser dans les domaines de l'hydrologie et de la gestion de l'eau, y compris aux statistiques descriptives; théorie des probabilités; distributions de probabilité et estimation de paramètres; vérification d'hypothèses; analyse de fréquence; régression et corrélation; introduction à l'analyse des séries chronologiques.*
- C4 Évaluation des sols  
*Méthodes de prévision du degré d'appropriation des terres à des buts précis d'après les sols et le climat et questions de durabilité des cultures irriguées et de conservation des sols.*

- C5 **Hydraulique**  
*Techniques d'analyse et de conception de conduites et de réseaux de conduites; canalisations à écoulement libre et réseaux de canalisations de ce type; pompes et stations de pompage; canaux de drainage.*
- C6 **Hydrologie de surface**  
*Connaissances de base sur le cycle hydrologique et les processus hydrologiques, y compris le rapport entre précipitations et écoulement et la propagation des crues.*
- C7 **Hydrologie des eaux souterraines**  
*Principes et propriétés de la présence et de la dynamique des eaux souterraines et techniques d'exploration, d'exploitation et de gestion de ces eaux.*
- C8 **Agronomie fondée sur l'irrigation**  
*Introduction à l'agroclimatologie, rapports entre le sol, l'eau et les plantes, évaluation des besoins en eau d'irrigation et principes de programmation des cultures.*
- C9 **Écologie aquatique**  
*Introduction à la structure et aux fonctions des écosystèmes d'eau douce et marins, y compris l'évaluation de la qualité de l'eau ainsi que de la gestion et la réhabilitation des milieux aquatiques naturels.*
- C10 **Qualité et traitement de l'eau**  
*Introduction à l'évaluation de la qualité de l'eau, y compris ses caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et microbiologiques, et techniques de traitement de l'eau et des eaux résiduaires.*

**Ateliers (15 crédits ECTS, 3 par atelier)**

- W1 **Technologie de l'information**  
*Introduction à l'utilisation de réseaux de PC pour la résolution de problèmes (y compris des tableurs), transmissions électroniques, extraction de données et présentation de rapports et de résultats.*
- W2 **Hydrométrie**  
*Introduction aux techniques de mesure du niveau, de la vitesse, de l'écoulement, de la pression et des transports solides de l'eau dans diverses situations sur le terrain et en laboratoire.*
- W3 **Aspects politiques, sociaux et économiques des techniques de l'eau**  
*Introduction aux aspects politiques, sociaux et institutionnels des projets de mise en valeur des ressources en eau, illustrés par des études de cas dans le cadre d'organisations internationales.*
- W4 **Évaluation des impacts sur l'environnement**  
*Introduction aux procédures et à la réglementation de l'évaluation des impacts sur l'environnement, établissement de la portée des impacts des projets et propositions de mesures correctives.*
- W5 **Analyse économique des projets hydriques**  
*Analyses économiques et financières, analyse coûts-avantages, analyse de sensibilité et traitement de l'incertitude.*

**Cours de deuxième année (50 crédits ECTS)**

- G1 **SIG et télédétection dans le cadre du génie hydro-économique (5 crédits)**  
*Introduction au traitement de l'information spatiale par SIG, télédétection et traitement d'images.*
- G2 **Hydraulique avancée (5 crédits)**  
*Techniques d'analyse et de conception au moyen de modèles numériques et physiques pour des problèmes d'écoulement variant rapidement, d'écoulement non permanent et de transports solides.*
- G3 **Modélisation de la qualité de l'eau (5 crédits)**  
*Traitement de la structure des modèles de la qualité de l'eau et application aux cours d'eau, aux lacs et aux estuaires.*
- G4 **Approche systémique de la gestion de l'eau (5 crédits)**  
*Application des outils modernes de l'analyse de systèmes à la gestion et au contrôle des ressources en eau et de systèmes écologiques.*

- G5 Gestion de l'utilisation et de la réutilisation de l'eau (3 crédits)  
*Gestion de l'eau en ce qui concerne les ressources et la qualité; convenance de l'eau; conservation des eaux et techniques y afférentes; réutilisation des eaux traitées.*
- G6 Conception intégrée d'un projet (5 crédits); séminaires (3 crédits); thèse (17 crédits)  
*Exercice de constitution d'un esprit de corps; séminaires donnés par des conférenciers invités; thèse individuelle sur un sujet se rapportant au pays d'origine du participant.*

**Option 1: hydrologie (10 crédits ECTS, 5 par cours)**

- G7 Modélisation des eaux de surface  
*Atelier visant à familiariser les participants avec un outil générique de modélisation et de routage des précipitations, de l'écoulement et des transports solides; application à l'évaluation de scénarios de gestion d'un bassin fluvial.*
- G8 Modélisation des eaux souterraines  
*Introduction à la modélisation de l'écoulement des eaux souterraines et à la simulation de la pollution de ces eaux et application de modèles existants à une étude de cas.*

**Option 2: irrigation (10 crédits ECTS, 5 par cours)**

- G9 Caractéristiques techniques et technologie de l'irrigation  
*Conception de systèmes d'irrigation et de drainage, axée en particulier sur les applications sur le terrain de divers types de systèmes, avec études de cas.*
- G10 Planification, exploitation et gestion de projets d'irrigation  
*Techniques et procédures débouchant sur l'exploitation et la gestion optimales et efficaces de systèmes d'irrigation, avec exercices pratiques pour le riz et des cultures multiples.*

**Option 3: qualité de l'eau (10 crédits ECTS, 5 par cours)**

- G11 Hydraulique de la collecte d'eaux résiduaires et de l'alimentation en eau  
*Conception technique de systèmes d'alimentation en eau et de collecte d'eaux résiduaires.*
- G12 Traitement des eaux et des eaux résiduaires  
*Caractéristiques, fonctionnement et conception de divers types de stations de traitement d'eau potable et d'eaux résiduaires, avec exercices de conception et visite de sites.*

**Option 4: écologie aquatique (10 crédits ECTS, 5 par cours)**

- G13 Contrôle de la qualité de l'eau  
*Contrôle de la qualité de l'eau par des méthodes physico-chimiques et biologiques et introduction à l'écotoxicologie.*
- G14 Écologie aquatique avancée  
*Notions d'écologie aquatique axées en particulier sur les habitats tropicaux et subtropicaux et conception d'études expérimentales et sur le terrain pour la collecte de données et la réalisation de modèles.*

Exemple de PEB-GSD En 1991, l'Institut international pour l'hydraulique et l'environnement (IHE) à Delft, Pays-Bas, a lancé, à l'intention d'étudiants ayant déjà de l'expérience, un cours de formation en hydro-informatique menant à un diplôme supérieur. En 1997, ce cours a été refondu pour en faire un programme de maîtrise avec 50 crédits (un crédit correspond à 40 heures de travail de la part de l'étudiant). Voici une version actualisée du programme désormais axé sur les technologies de l'information et des communications ainsi que sur la gestion du savoir (voir <http://www.ihe.nl/hydroinformatics>).

**1. Notions de base (11 crédits)**

- 1.1 Introduction à l'hydro-informatique et au cours
- 1.2 Hydraulique et mécanique des fluides: écoulement uni, bi et tridimensionnel; conservation de la masse et de la quantité de mouvement; turbulence et frottement; progiciels de modélisation; écoulement transitoire; cinématique et approximations des ondes diffusives; problèmes de transport; analyse dimensionnelle.
- 1.3 Emploi d'ordinateurs: progiciels bureautiques pour ordinateurs; MATLAB.
- 1.4 Techniques mathématiques: bases des mathématiques; statistiques; équations aux dérivées partielles; analyse et transformée de Fourier; techniques d'optimisation; analyse fonctionnelle; mathématiques modernes.



- 1.5 Milieu naturel: *biologie et qualité de l'eau; propriétés des systèmes naturels; formulation mathématique des processus chimiques et biologiques; production primaire et cycles nutritifs; métaux lourds et micropolluants; écohydraulique.*
- 1.6 Modélisation mathématique: *nature et contexte de la modélisation; conceptualisation; validation des logiciels; modélisation dans le contexte de projets; constitution, étalonnage et vérification de modèles; incertitude des modèles; pratique de la modélisation.*

### **2. Modélisation physique (11 crédits)**

- 1.7 Modélisation de systèmes fluviaux: *théorie de la propagation des ondes et mécanismes d'emmagasinement fluvial; effets de la rugosité et de la géométrie; théorie des caractéristiques; exercices sur des réseaux simples.*
- 1.8 a) Modélisation côtière et modélisation avancée des cours d'eau: *systèmes côtiers, estuariens et portuaires; morphologie des cours d'eau et transports solides; modélisation bidimensionnelle de l'hydrodynamique fluviale et côtière;*  
 b) Modélisation des réseaux urbains d'approvisionnement en eau: *réseaux urbains d'approvisionnement en eau; modélisation de la distribution d'eau; modélisation de la collecte des eaux résiduaires et des eaux pluviales; stations de traitement des eaux résiduaires; modélisation des incidences des eaux réceptrices; réhabilitation des égouts.*
- 1.9 Modélisation de l'écoulement et du transport des eaux souterraines: *modèle des continus; modélisation de l'écoulement à travers un sol saturé ou non; modélisation du transport des contaminants; logiciels de modélisation.*
- 1.10 Processus et modélisation hydrologiques: *processus hydrologiques et hydrogéologiques; modélisation hydrologique; modélisation physique des bassins versants.*
- 1.11 Méthodes numériques appliquées aux équations différentielles: *différences finies pour les équations différentielles ordinaires; systèmes implicites et explicites; cohérence, stabilité et convergence; problèmes multidimensionnels; éléments finis; volumes finis.*
- 1.12 Méthodes numériques avancées et modélisation numérique appliquée à l'hydraulique (option): *réseaux unidimensionnels et questions topologiques; problèmes multidimensionnels; techniques appliquées aux écoulements discontinus; lois de la conservation; solveurs de Riemann; schémas de Godunov; approches multidimensionnelles.*

### **3. Technologies de l'information et des communications (TIC) (8 crédits)**

- 1.13 TIC: *les TIC dans le secteur de l'eau; équipement interne des ordinateurs et périphériques; traitement parallèle; systèmes d'exploitation; environnement de programmation; architecture Windows; réseaux locaux et étendus; Internet; programmation Internet; algorithmes; structure des données; recherche et tri linéaires et non linéaires; intelligence artificielle; apprentissage machine; soft computing.*
- 1.14 Génie logiciel: *environnements de création de logiciels; langages; types de données; opérateurs et expressions; instructions; prototypage; spécifications et conception de logiciels; conception fonctionnelle et orientée objets; conception d'interfaces; documentation sur les logiciels et validation de logiciels.*
- 1.15 Élaboration de systèmes de modélisation: *mise au point d'éléments graphiques et de modélisation de réseaux relatifs à l'eau au moyen de boîtes à outils standard numériques et infographiques.*
- 1.16 Bases de données, systèmes d'information et systèmes experts: *information et connaissances; rôle d'Internet; modèles hiérarchiques, réseautiques et relationnels de données; conception de systèmes d'information et de bases de données; systèmes de bases de données réparties et client-serveur; commerce électronique; gestion des connaissances; gestion de documents et systèmes collaboratifs.*
- 1.17 Systèmes d'information géographique: *types de données et de cartes réparties dans l'espace; systèmes de coordonnées et projections; opérations de base.*
- 1.18 Systèmes de contrôle: *appareils de contrôle modernes et traditionnels; transport, stockage et visualisation de données; notions, moyens et protocoles de communication; validation, étiquetage et reconstruction de données; préparation à l'emploi dans la modélisation.*
- 1.19 Systèmes avancés de génie logiciel, de bases de données, d'information et de connaissances (option): *programmation orientée objet; encapsulation, héritage et polymorphisme; techniques de liaison et d'incorporation d'objets; technologies Internet; gestion de documents et systèmes collaboratifs.*

**4. Modélisation et apprentissage machine guidés par les données (3 crédits)**

- 1.20 Statistiques appliquées: *tri de données; analyse de fréquence; régression et corrélation; régionalisation; introduction à l'analyse de séries chronologiques; autocorrélation et analyse spectrale; processus autorégressifs de moyennes mobiles intégrées (ARIMA); processus vectoriel et de désagrégation.*
- 1.21 Modélisation guidée par les données: *modèles guidés par les données et modèles physiques; exploration de données, apprentissage machine et soft computing; arbres de décision et d'association; réseaux de neurones artificiels (RNA); apprentissage bayésien; systèmes flous; agrégation et classification; séries chronologiques chaotiques; réseaux RNA compétitifs; réseaux de Kohonen.*
- 1.22 Algorithmes évolutifs et automates intelligents: *algorithmes de recherche, algorithmes évolutifs; programmation évolutive; automates intelligents; calculs émergents.*

**5. Intégration et gestion (8 crédits)**

- 1.23 Contrôle en temps réel: *contrôle en temps réel des réseaux urbains, ruraux et régionaux d'approvisionnement en eau; élaboration de modèles; stratégies de contrôle; cadre conceptuel des systèmes de contrôle; systèmes de commande de surveillance et d'acquisition de données; théorie du contrôle; systèmes de contrôle flous; mise en œuvre pratique de systèmes de contrôle.*
- 1.24 Cours magistraux d'hydro-informatique: *hydro-informatique et modélisation numérique; encapsulation et cadrage des connaissances; sémiotique et post-modernisme; époques symbolique et post-symbolique; aspects sociotechniques de l'hydro-informatique; hommes et femmes et hydro-informatique.*
- 1.25 L'industrie de l'eau en Europe: *introduction historique; analyse de systèmes; législation; administration; privatisation; projets et financement.*
- 1.26 Étude d'impact sur l'environnement: *introduction à l'étude d'impact sur l'environnement; outils; méthodes de notation.*
- 1.27 Analyse de systèmes et aide à la décision: *définition et rôle de l'analyse de systèmes lors de la planification technique; notions de base; modèles de simulation et d'optimisation; fonctions et contraintes liées aux objectifs; objectifs multiples et options; incertitude; processus stochastiques; contrôle en temps réel; systèmes d'aide à la décision.*
- 1.28 Ingénierie collaborative et gestion des connaissances: *organisation; structures; communications; documentation; coordination; outils collaboratifs et partage des applications; plates-formes.*
- 1.29 Étude individuelle

**6. Autres sujets (9 crédits)**

- 1.30 Capita selecta et conférenciers invités
- 1.31 Rédaction technique
- 1.32 Travail sur le terrain en hydrométrie et en microbiologie
- 1.33 Sorties sur le terrain

**Exemple de PEB-ENV**

Les programmes de l'Université australienne de Nouvelle-Galles du Sud, à Sidney, qui conduisent à une maîtrise en sciences de l'ingénieur (MEngSc) sont offerts selon diverses modalités et unités thématiques. Parmi ces programmes, il existe une spécialisation en gestion de la qualité de l'eau, dont le contenu donne un exemple de PEB-ENV. Les 36 crédits principaux de ce programme correspondent à des cours brefs de trois jours. Les 12 autres crédits exigés peuvent être affectés soit à un projet soit à une combinaison d'autres cours. Les cours principaux, qui correspondent chacun à trois crédits (un crédit équivaut à sept heures d'enseignement), sont les suivants:

**1. CVEN7819: processus hydrologiques**

*Cycle hydrologique; circulation atmosphérique; systèmes météorologiques et circulation océanique; humidité de l'atmosphère; mesure de paramètres météorologiques; calcul de l'évaporation et de l'évapotranspiration potentielles.*

**2. CVEN7807: hydrologie des eaux souterraines**

*Propriétés physiques des eaux souterraines. Écoulement de Darcy; essais sur le terrain et en laboratoire.*

*Principes de l'écoulement des eaux souterraines. Stockage et transmissivité. Réseaux d'écoulement; systèmes d'écoulement locaux et régionaux – sources; interactions avec les eaux de surface. Modélisation des eaux souterraines. Écoulement en zone non saturée et calcul de l'infiltration. Mécanismes de recharge des nappes souterraines et calcul du bilan hydrique.*

**3. CVEN7811: zones humides naturelles et artificielles**

*Processus morphologiques des bassins versants et des cours d'eau; réaction d'un cours d'eau à la modification des conditions; potamotechnie et gestion des cours d'eau. Transports solides de matériaux cohésifs et non cohésifs; progiciels de modélisation informatique.*

**4. CVEN7825: chimie aquatique appliquée au génie**

*Introduction aux principes de la chimie des eaux naturelles et des milieux pollués; acidité et alcalinité, précipitation des minéraux, complexion, oxydation/réduction et chimie de surface et des colloïdes. Outils de résolution des problèmes de chimie de l'eau et introduction aux codes machine spécialisés en chimie.*

**5. CVEN7826: microbiologie appliquée au génie**

*Principes de base de la chimie de l'eau et des eaux résiduaires; groupes microbiologiques et réactions dans divers milieux; notions d'équilibre chimique, de vitesse de réaction, de pH, d'alcalinité, d'oxydo-réduction et de complexion; prolifération microbienne, diversité des métabolismes et persistance des micro-organismes pathogènes.*

**6. CVEN7806: Gestion des bassins versants et de la qualité de l'eau**

*Notions fondamentales; gestion intégrale des bassins versants; problèmes des bassins versants non urbains, y compris la contamination et l'érosion de sources non ponctuelles; gestion de la qualité de l'eau des bassins versants, des cours d'eau, des lacs, des réservoirs, des estuaires et des zones côtières.*

**7. CVEN7815: introduction aux modèles de bassins versants**

*Notions et démarche réductionniste de la modélisation des processus des bassins versants qui influent sur la quantité et la qualité du ruissellement de surface dans ces bassins. Modèles et systèmes de modélisation des bassins versants de divers types et mise en œuvre; sources d'informations et données nécessaires pour exploiter des systèmes de modélisation. Étalonnage, validation et fiabilité des systèmes de modélisation de bassins versants.*

**8. CVEN7824: analyse des risques liés aux techniques de l'eau**

*Introduction à la théorie des probabilités; probabilités conjointes, marginales et conditionnelles; distributions de probabilités courantes; valeurs probables et estimation des paramètres des modèles; vérification des hypothèses et limites de confiance; utilisations pour les techniques de l'eau et les travaux maritimes - applications aux crues de projet, à la simulation de Monte Carlo, à l'autoamorçage et à l'évaluation des risques hydrologiques, humains et écologiques.*

**9. CVEN7816: modèles de la surface des bassins versants**

*Processus influant sur l'apparition d'un ruissellement de surface et sur le transport d'éléments polluants par ce ruissellement. Modèles de ruissellement de surface: méthode de l'hydrogramme unitaire, méthodes spatio-temporelles, modèles de réservoirs linéaires et non linéaires et méthodes des ondes cinématiques. Modèles de qualité de l'eau: charge surfacique unitaire, méthodes simples et modèles fondés sur des processus. Sélection des modèles appropriés.*

**10. CVEN 7805: gestion des zones côtières**

*Dangers côtiers et évaluation des options de gestion sur le plan local, étatique et fédéral. Aspects environnementaux et écologiques, y compris les changements climatiques et le biote maritime. Dragage et évacuation des déblais. Gestion des biens et évaluation des risques dans les zones côtières.*

**11. CVEN7827: transport de contaminants dans l'environnement**

*Principes de base de la dispersion communs à tous les milieux environnementaux (air, eau, sol). Processus de dispersion: nature de ces processus, advection et diffusion. Modélisation de la dispersion dans l'atmosphère, les plans d'eau et le sol. Processus de transport dans les zones humides, les lacs, les réservoirs, les estuaires et les eaux côtières. Collecte de données relatives au transport et à la dispersion.*

**12. CVEN7828: transformation et sort des contaminants**

*Grandes variables et principes généraux de la transformation et du sort des polluants. Chimie de l'air: interaction et dégradation des polluants gazeux dans l'atmosphère. Chimie de l'eau: transformation et sort des particules, des contaminants organiques, des éléments nutritifs et des métaux rejetés dans les eaux côtières.*

**Exemple de PEB-SED**

En 2000, le *Centre for Energy, Petroleum and Mineral Law and Policy* (CEPMLP) de l'Université de Dundee, au Royaume-Uni, a mis en place une maîtrise en administration du droit et de la politique de l'eau. Ce diplôme exige au total 24 crédits, qui peuvent être obtenus selon diverses modalités (à plein temps, à temps partiel ou par apprentissage à distance). Il existe trois options spécialisées (correspondant à deux crédits chacune) à suivre au CEPMLP et neuf cours de gestion pour le même nombre de crédits, à suivre dans le cadre d'un programme de base conduisant à une maîtrise en administration. Les trois options sont résumées ci-après (consulter <http://www.dundee.ac.uk/cepmlp>).

**1. Droit international des ressources en eau**

*Notions de base du droit international appliqué à l'utilisation des eaux internationales pour la navigation et à d'autres fins; utilisation de l'eau dans le contexte du droit international; notions de souveraineté; règles de fond et de procédure régissant l'utilisation et l'affectation des eaux internationales; rôle des commissions internationales; résolution des conflits et diplomatie préventive. Travaux de la Commission du droit international de l'ONU, de l'Association de droit international et de l'Institut de droit international.*

**2. Droit et réglementation des eaux nationales**

*Notions historiques et actuelles du droit de l'eau; systèmes existants de droit de l'eau; pays appliquant le droit civil ou le droit coutumier et pays musulmans; questions de propriété et de droits; régimes juridiques gouvernant le droit d'utilisation de l'eau; réglementation de l'usage bénéficiaire des ressources en eau, de la qualité de l'eau et de la pollution de celle-ci; administration des ressources en eau et privatisation de l'industrie de l'eau.*

**3. Économie des ressources naturelles**

*Notions économiques pour l'analyse des questions relatives aux ressources naturelles; antécédents de l'étude des ressources naturelles; prise de décisions dans le temps; droits de propriété; bien-être et rôle des gouvernements; exploitation de ressources non renouvelables: théorie de l'épuisement; exploitation de ressources renouvelables: gestion des ressources; effets externes et pollution; politique relative à la pollution dans la pratique; réglementation et politique gouvernementales en matière de ressources naturelles.*

**6.2**                    **EXEMPLES  
DE PROGRAMMES  
D'ENSEIGNEMENT DE BASE  
DESTINÉS AUX TECHNICIENS  
EN HYDROLOGIE**

On trouvera dans cette section un exemple de cours destiné aux techniciens en hydrologie, qui a été donné à plusieurs reprises en Afrique, et un exemple de formation en cours d'emploi au Canada.

**Exemple de cours de  
courte durée à l'intention  
des techniciens  
en hydrologie**

Dans le cadre du Programme hydrologique international (PHI), l'UNESCO a publié les notes du cours d'hydrologie appliquée destiné aux techniciens (Balek *et al.*, 1994) qui a été dispensé à plusieurs reprises en Afrique sur une période de trois mois. Les groupes cibles de base étaient des techniciens supérieurs de pays en développement situés, en particulier, dans des zones tropicales semi-arides et humides. Le tableau 6.1 est extrait de cette publication. Pour élaborer un cours, il suffit d'actualiser le contenu de cet exemple en suivant les indications

du chapitre 4 et d'utiliser des documents complémentaires pour les conditions climatiques locales dominantes ou des situations hydrologiques particulières. Il convient, bien entendu, de compléter l'enseignement et la formation dispensés en classe par des démonstrations et des travaux sur le terrain.

#### Exemple de formation de longue durée

L'exemple suivant est extrait d'un programme de formation de techniciens en hydrologie dispensé par Environnement Canada, richement documenté et présenté par T. Winkler (1994). Les notes de cours des enseignants ont aussi été compilées, publiées et révisées régulièrement.

Pour l'essentiel, le programme canadien est un programme de formation en cours d'emploi de longue durée, soit 90 jours de formation sur quatre ans et demi, ce qui équivaut à peu près à une formation de 4,5 à 5 mois par semaines de 5 jours. Environ 80 % de la formation se déroule à l'intérieur et 20 % sur le terrain. Il faut souligner que ce programme de longue durée assure au technicien une pratique et un encadrement continus pendant toute la durée de la formation et lui permet aussi d'acquérir l'expérience du caractère saisonnier des phénomènes, par exemple.

La formation est organisée comme le montre le tableau 6.2 sur une période de cinq ans. L'année indiquée est celle du début de la formation, les nombres correspondant aux diverses séquences pédagogiques. Un calendrier de formation permet de planifier l'enseignement et de suivre les progrès accomplis (fig. 6.1). Le superviseur et le technicien savent donc à quel moment la formation aura lieu et peuvent gérer leur temps en conséquence. Ce calendrier est particulièrement important pour une formation de longue durée, car il arrive qu'on oublie ce qui a été fait et ce qui reste à faire.

Les informations présentées par le tableau 6.2 et la figure 6.1 ont été actualisées par Environnement Canada en 2002.

<b>Volume 1</b>	<b>Chapitre 1</b>	<b>Introduction à l'hydrologie</b>	<b>Volume 3</b>	<b>Chapitre 6</b>	<b>Hydrogéologie</b>
	1.1	Définitions		6.1	Introduction
	1.2	Le cycle hydrologique		6.2	Géologie de base
	1.3	Disciplines apparentées		6.3	Sols et humidité du sol
	1.4	Les techniques de l'hydrologie		6.4	Apparition d'eaux souterraines
	1.5	Les problèmes de l'hydrologie appliquée		6.5	Formations géologiques en tant qu'aquifères
	1.6	Points de départ et échelles de temps		6.6	Déplacement des eaux souterraines
	1.7	Crues et tempêtes		6.7	Analyse d'essais de pompage
	1.8	Classification des bassins versants selon leur écologie		6.8	Exploration des eaux souterraines
	1.9	Absence de données		6.9	Extraction d'eau souterraine
	1.10	Hydrologie des contaminants			
1.11	L'hydrologue et le développement intégré				
<b>Chapitre 2</b>	<b>L'eau et l'environnement</b>		<b>Chapitre 7</b>	<b>Qualité de l'eau</b>	
	2.1	Environnement et notion de viabilité	7.1	Introduction	
	2.2	Approche écosystémique	7.2	Définitions chimiques de base	
	2.3	Effets sur l'environnement de la mise en valeur des ressources en eau	7.3	Caractéristiques physiques	
	2.4	Étude d'impact sur l'environnement	7.4	Paramètres régissant la qualité de l'eau	
	2.5	Gestion écologiquement rationnelle des eaux intérieures	7.5	Classification chimique des eaux	
<b>Chapitre 3</b>	<b>Matières de base</b>		7.6	Échantillonnage et conservation	
	3.1	Unités de mesure	7.7	Analyse de base de l'eau	
	3.2	Mathématiques de base	7.8	Normes relatives à la qualité de l'eau	
	3.3	Statistiques			
	3.4	Relevés	<b>Chapitre 8</b>	<b>Mise en valeur des ressources en eau</b>	
	3.5	Lecture de cartes et photos aériennes	8.1	Notion de bassin fluvial	
<b>Volume 2</b>	<b>Chapitre 4</b>	<b>Météorologie et hydrométéorologie</b>	8.2	Évaluation des ressources en eau	
	4.1	Introduction	8.3	Crues de projet	
	4.2	Circulation de l'air dans les zones tropicales	8.4	Exploitation des ressources en eau par l'homme	
	4.3	Sites d'observation météorologique	8.5	Alimentation en eau et assainissement	
	4.4	Précipitations	8.6	Intrusion d'eau salée	
	4.5	Température de l'air			
	4.6	Humidité atmosphérique	<b>Volume 4</b>	<b>Chapitre 9</b>	<b>Analyse hydrologique</b>
	4.7	Vent	9.1	Mémorisation et extraction de données	
	4.8	Insolation et rayonnement	9.2	Analyse élémentaire de données hydrologiques	
	4.9	Pression atmosphérique	9.3	Crues et épisodes de sécheresse	
	4.10	Évapotranspiration et évaporation			
4.11	Stations météorologiques automatiques	<b>Chapitre 10</b>	<b>Introduction à la micro-informatique</b>		
<b>Chapitre 5</b>	<b>Hydrométrie</b>		10.1	Introduction	
	5.1	Hydraulique de base	10.2	Matériel micro-informatique	
	5.2	Écoulement à surface libre	10.3	Logiciels	
	5.3	Débits	10.4	Introduction à la programmation de base	
	5.4	Traitement de données brutes	10.5	Installation et entretien du matériel informatique	
	5.5	Transports solides	10.6	Introduction à l'utilisation de tableurs	
			10.7	Applications de la micro-informatique aux données	
			10.8	Micro-informatique et hydrologie opérationnelle	
			10.9	Micro-informatique et télédétection	

Tableau 6.1 — Table des matières du cours d'hydrologie appliquée de courte durée destiné aux techniciens (Balek et al., 1994)



Année	Séquence pédagogique	Intitulé	Année	Séquence pédagogique	Intitulé	
1	0	Aperçu général			École de conduite préventive/sur neige	
	1	Types de stations de jaugeage				Sensibilisation aux espèces sauvages et sécurité
	4	Mesure du niveau (appareils manuels)				Introduction à l'hygiène et à la sécurité sur le terrain
	5	Mesure du niveau de l'eau (capteurs à flotteurs)				Survie et sauvetage en eaux turbulentes
	5.1	Enregistreur graphique de hauteurs d'eau				Ergonomie
	5.2	Système électronique d'acquisition de données: mesure du niveau de l'eau		2	6	Mesure du niveau (servo-manomètre)
	7	Instruments et procédures de détermination du niveau			25	Transmission des données aux utilisateurs
	8	Calcul de la hauteur d'eau			3	Repères et cote du zéro de l'échelle
	10.1	Mesure du débit (principes)			13	Caractérisation d'une station (terrain et bureau)
	10.2	Mesure du débit (moulinets)			15	Logistique (sortie sur le terrain)
	10.3	Mesure du débit à gué		20	Calcul du débit quotidien (en cas de glace)	
	10.4	Mesure du débit par téléphérique		22	Forme d'analyse d'une station	
	10.5	Mesure du débit à partir de ponts		27	Échantillonnage des sédiments en suspension	
	10.6	Mesure du débit à partir de navires		31	Transport des sédiments en suspension (calcul)	
	10.7	Mesure du débit sous une couche de glace				
	11	Sécurité des téléphériques	3	2	Sélection d'un site	
	14	Conduite de véhicules		16	Relevés climatologiques	
	18	Relation hauteur-débit		21	Relevés annuels	
	19	Calcul du débit quotidien (eau libre)		12	Gestion d'une station de jaugeage	
	26	Sédimentation de type fluviatile		33	Qualité de l'eau (sélection d'un site)	
32	Logiciels de calcul	4	9	Contenu des réservoirs (calculs)		
40	Électricité et électronique de base		17	Stations internationales de jaugeage		
	Premiers secours et réanimation cardio pulmonaire		24	Transmission des données au siège		
	Transport de produits dangereux		28	Échantillonnage des matériaux de fond		
	Petites embarcations et sécurité nautique		30	Analyse des sédiments en laboratoire		
	Exploitants de petites embarcations		34.1	Mesure de la qualité de l'eau in situ		
	Survie en hiver		34.2	Mesure de la qualité de l'eau: prélèvement d'échantillons		
	Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT)	5	23	Étude de données d'archives		
				Relevés, modélisation et calculs relatifs à la qualité de l'eau		

Tableau 6.2 — Programme de formation de techniciens en hydrologie (Environnement Canada, 2002)



Participant _____		Date de nomination _____										Résumé	Notes
Séquence pédagogique	EG-3		EG-4				EG-5						
	Mois												
	6	12	18	24	30	36	42	48	54				
0	Aperçu général												
1	Types de stations de jaugeage												
2	Sélection d'un site												
3	Repères												
4	Mesure du niveau de l'eau												
5	Enregistreur de hauteurs d'eau: généralités												
5.1	Enregistreur graphique de hauteurs d'eau												
5.2	Système électronique d'acquisition de données: mesure du niveau												
6	Manomètres												
7	Détermination du niveau												
8	Calcul de la hauteur d'eau												
9	Réservoirs												
10.1	Mesure du débit: généralités												
10.2	Mesure du débit par moulins												
10.3	Mesure du débit à gué												
10.4	Mesure du débit par téléphérique												
10.5	Mesure du débit à partir de ponts												
10.6	Mesure du débit à partir de navires												
10.7	Mesure du débit sous une couche de glace												
11	Sécurité des téléphériques												
12	Gestion d'une station de jaugeage												
13	Description d'une station												
14	Véhicules												
15	Logistique												
16	Climatologie												
17	Stations internationales de jaugeage												
18	Relation hauteur-débit												
19	Calcul du débit quotidien (eau libre)												
20	Calcul du débit quotidien (glace)												
21	Relevés annuels												
22	Analyses effectuées par les stations												
23	Examen des données												
24	Transmission des données au siège												
25	Transmission des données aux utilisateurs												
26	Sédimentation de type fluviale												
27	Échantillonnage des sédiments en suspension												
28	Échantillonnage des matériaux de fond												
30	Analyse des sédiments en laboratoire												
31	Calcul de la charge												
32	Logiciels de calcul												
40	Électricité et électronique de base												
	Premier secours et réanimation cardio-pulmonaire												
	Transport de produits dangereux												
	Petites embarcations et sécurité nautique												
	Exploitants de petites embarcations												
	Survie en hiver												
	Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT)												
	Conduite préventive/sur neige												
	Sensibilisation aux espèces sauvages et sécurité												
	Introduction à l'hygiène et à la sécurité sur le terrain												
	Survie et sauvetage en eaux turbulentes												
	Ergonomie												
	Sécurité des aéronefs												Selon les besoins
	Accès à des espaces clos												Selon les besoins
	Sécurité des tronçonneuses												Selon les besoins
	Sécurité des armes à feu												Selon les besoins
	Protection contre les chutes												Selon les besoins
	Exploitants de véhicules tout terrain, de motoneiges, etc.												Selon les besoins

Figure 6.1 — Calendrier du programme de formation de techniciens en hydrologie (Environnement Canada, 2002)

## CHAPITRE 7

### Exemples de compétences professionnelles requises dans les principales branches d'activités

---

- 7.1 — Gestion d'une station hydrométéorologique**
- 7.2 — Collecte et traitement de données hydrométéorologiques**
- 7.3 — Gestion de l'information et des systèmes relatifs aux ressources en eau**
- 7.4 — Surveillance des risques de catastrophes naturelles et alerte**
- 7.5 — Évaluation de la qualité de l'eau**

Le présent chapitre porte sur les compétences professionnelles, les connaissances et le savoir-faire exigés des personnels de la gestion intégrée des ressources en eau affectés aux secteurs d'activité indiqués au chapitre 2. Des experts d'institutions spécialisées dans l'eau ont présenté des exemples réels en réponse à des demandes précises de l'OMM. Les textes d'origine ont été mis en forme, en général, mais leur structure a été conservée pour l'essentiel. Il y a donc, dans certains exemples, de légères différences quant au niveau de détail et un degré de chevauchement des sujets. L'appendice 2 offre un exemple type de description du poste d'administrateur régional qui a servi de base à la rédaction des autres exemples.

Les enseignants et les cadres voudront peut-être s'inspirer des cinq exemples pour définir les besoins de leurs établissements en matière de connaissances et de savoir-faire spécialisés et en déduire les résultats escomptés de la formation. Il leur faudra peut-être adapter ces exemples aux priorités locales en accordant à certains sujets plus ou moins d'importance. Il se peut même que certains exemples ne s'appliquent pas du tout à certains pays.

Il ne faut bien évidemment pas s'attendre à ce qu'une seule et même personne possède toutes les compétences dont il est question dans ce chapitre. Toutefois, les cadres et les enseignants devraient faire de leur mieux pour que l'ensemble du personnel de leur établissement ait la formation et les compétences requises.

## 7.1 GESTION D'UNE STATION HYDROMÉTÉOROLOGIQUE

Exemple présenté par I. Shiklomanov (Fédération de Russie)

### Vue d'ensemble du poste

POSTE	Ingénieur hydrologue principal dans une station hydrométéorologique
SUPÉRIEUR HIÉRARCHIQUE	Chef de la station hydrométéorologique
RESPONSABLE DE	5 à 15 ou plus d'ingénieurs et techniciens en hydrologie
FONCTIONS/ COMMUNICATIONS	Organiser et gérer les travaux d'hydrologie effectués dans la branche d'activités de la station (cours d'eau, lac, marécage, bilan hydrique) et y participer et communiquer avec les organisations intéressées (gestion de l'eau, transport, énergie hydro-électrique, écologie, etc.)
PRINCIPAUX OBJECTIFS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organiser le travail et y participer en supervisant les activités des observateurs qui ont des fonctions liées à l'hydrologie (formation, inspection, vérification du matériel d'observation sur le terrain)</li> <li>• Organiser les travaux de développement et de contrôle du matériel d'observation en utilisant l'informatique, ainsi que de compilation d'annuaires hydrologiques, de revues des événements hydrométéorologiques et de bulletins sur l'état des étendues d'eau, etc</li> <li>• Organiser l'optimisation du réseau hydrologique (fermeture, mutation et ouverture de postes en hydrologie)</li> </ul>
FORMATION	Études supérieures, en général une spécialisation en hydrologie faite dans un établissement hydrométéorologique ou une maîtrise d'hydrologie ou de géographie physique

### Principales fonctions et résultats escomptés (ingénieur hydrologue principal)

Principales fonctions	Résultats escomptés
Organiser et faire effectuer la vérification des données primaires d'observation obtenues du réseau de postes hydrologiques desservant la station.	Registres vérifiés des observations sur le terrain des éléments du régime hydrologique des étendues d'eau.
Au moyen de tableurs, contrôler, dans les annuaires hydrologiques, les éléments du régime hydrologique: niveau, débit (mesuré et calculé), turbidité des cours d'eau, écoulement et composition granulométrique des alluvions, glaces et régime thermique, etc.	Annuaire hydrologiques contenant des données sur les éléments mesurés du régime hydrologique des étendues d'eau.
Organiser et superviser l'enregistrement des données sur supports techniques.	Enregistrement sur supports techniques des données d'observation et des données de l'annuaire hydrologique.
Organiser à l'intention des ingénieurs et des techniciens en hydrologie des séminaires de formation continue sur l'étude de processus hydrologiques et l'application de l'informatique au traitement et au contrôle des données, etc.	Exercices pratiques avec des ingénieurs et des techniciens en hydrologie pour parfaire leur formation.
Compiler des bulletins sur l'état d'étendues d'eau aux principaux stades du régime hydrologique (hautes eaux, crues, étiage) et à différents intervalles (selon les besoins).	Bulletins sur l'état d'étendues d'eau aux principaux stades du régime hydrologique (hautes eaux, crues, étiage) et à différents intervalles (selon les besoins).
Traiter par l'informatique et systématiser des données d'observation s'étendant sur plusieurs années.	Ouvrages de référence présentant des données sur les éléments mesurés du régime hydrologique d'étendues d'eau, résumées sur plusieurs années.

Compétences requises  
d'un ingénieur hydrologue  
principal dans une station  
hydrométéorologique

- Connaître les principales lois qui régissent le régime hydrologique de la région, l'hydrologie de base, l'hydraulique, l'hydrographie, la géomorphologie, la météorologie et la climatologie;
- Connaître les grands principes d'organisation des réseaux d'observation hydrologique, hydrochimique et météorologique; bien connaître les instruments, le matériel (installation et suivi de l'évolution) et les méthodes de mesure et de traitement de données d'observation; savoir contrôler la qualité du matériel d'observation sur le terrain et dans la station hydrométéorologique; bien connaître les techniques informatiques de traitement de données hydrométéorologiques; savoir contrôler l'élaboration de bases de données sur supports techniques et leur transmission aux archives hydrométéorologiques d'État de la Fédération de Russie;
- Savoir préparer les publications relatives aux données annuelles sur les ressources en eaux de surface et leurs régimes, au matériel d'observation, aux données pluriannuelles sur les ressources en eaux de surface et la revue de météorologie annuelle, etc.; en résumant les données pour les périodes pluriannuelles, déterminer le rapport qui existe entre les éléments du régime hydrologique et les principaux facteurs déterminants: précipitations, sol, couvert végétal, etc., et produire divers graphiques confirmant ce rapport;
- Connaître la théorie de base des probabilités et les analyses statistiques des variations pluriannuelles des caractéristiques hydrologiques et météorologiques dans le temps et l'espace et savoir contrôler la qualité du matériel d'observation (exhaustivité et fiabilité des observations) au moyen de programmes informatiques;
- Savoir analyser la représentativité des stations hydrométéorologiques et météorologiques:
  - Sur le terrain, en vérifiant l'exhaustivité et la fiabilité du calcul de l'écoulement (en particulier dans les noues) et en évaluant l'ombre portée sur les stations météorologiques par les immeubles résidentiels et les bâtiments industriels, etc.;
  - En laboratoire, en procédant à des analyses hydrologiques et statistiques des observations afin de contrôler la présence de toute erreur systématique et aléatoire de mesure;
- Connaître les techniques de mesure de l'écoulement et de contrôle du résultat aux diverses phases du régime hydrologique et en cas de déformation du lit du cours d'eau, d'élargissement du cours d'eau, etc., y compris:
  - De mesure de la vitesse du courant en employant des méthodes détaillées (5 points verticaux et davantage) et de base (2 points verticaux);
  - De traitement des mesures en dressant le tableau de l'écoulement mesuré et en traçant les courbes  $Q = f(H)$ ,  $w = f(H)$  et  $V = f(H)$  en vue de calculer l'écoulement quotidien de l'eau;
- Bien connaître les techniques de mesure des matériaux en suspension et du débit de charriage; savoir suivre l'application de méthodes d'échantillonnage de l'eau et du charriage de fond et savoir traiter ces échantillons en laboratoire pour déterminer la composition granulométrique et la turbidité de l'eau; savoir contrôler le matériel utilisé pour calculer les alluvions en suspension et dresser des tableaux d'écoulement des alluvions;
- Bien connaître les techniques:
  - De mesure de la température de l'air et de l'eau, de détermination de l'épaisseur de la glace et de définition du régime des glaces des étendues d'eau;
  - De détermination de l'épaisseur de la neige à la station météorologique ou hydrologique et dans les environs;
  - De détermination des réserves d'eau de la couche de neige et du degré de pollution de celle-ci;

- Savoir définir les paramètres de référence des diagrammes d'une station hydrométéorologique et déterminer l'altitude d'une station en faisant référence au réseau géodésique et en employant un niveau ou un théodolite;
- Être capable de préparer le rapport sur les isohypses et de mettre à jour le rapport sur les caractéristiques géographiques;
- Connaître les principes de l'étude du régime hydrochimique des eaux de surface et de leur degré de pollution;
- Connaître le mécanisme de migration des polluants dans l'environnement et savoir analyser les données sur la pollution des étendues d'eau afin d'en déterminer les incidences;
- Savoir organiser et effectuer des échanges de données d'observation et de registres hydrologiques de référence avec les organismes intéressés (gestion de l'eau, transports, énergie hydro-électrique, écologie et agriculture, etc.);
- Savoir travailler au sein d'une équipe de spécialistes et de responsables de divers secteurs de la protection de l'environnement.

## 7.2 COLLECTE ET TRAITEMENT DE DONNÉES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES

Exemple présenté par C. Farías (Venezuela)

Description de poste	Sous supervision générale, effectuer des travaux de difficulté moyenne d'exploitation et d'entretien de stations hydrométéorologiques et/ou traiter et interpréter les données recueillies dans ces stations. Surveiller les activités de subordonnés.
Tâches caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évaluer, traiter et corriger les graphiques produits par des instruments employés en hydrométéorologie;</li> <li>• Réviser et traiter des données hydrométéorologiques et de jaugeage de cours d'eau de taille moyenne;</li> <li>• Se servir d'instruments topographiques;</li> <li>• Dresser des inventaires d'équipements, d'instruments et de matériaux graphiques;</li> <li>• Analyser des échantillons de transports solides pour déterminer la concentration et la distribution granulométrique de la charge solide des cours d'eau;</li> <li>• Calculer le débit quotidien d'évacuateurs et d'autres ouvrages hydrauliques;</li> <li>• Sauvegarder sur support magnétique les données issues du traitement primaire des relevés hydrologiques.</li> </ul>
Exigences minimales	<p>Formation et expérience:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Éducation secondaire, premier niveau du cours d'hydrométéorologie de l'Université centrale (120 heures), plus 3 ans d'expérience en hydrométéorologie;</li> <li>• Deux ans de travail en tant qu'employé subalterne en hydrométéorologie plus le cours indiqué ci-dessus.</li> </ul>
Connaissances et aptitudes requises	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne connaissance des techniques employées en hydrométéorologie;</li> <li>• Bonne connaissance des instruments utilisés dans les domaines de l'hydrologie et de la météorologie;</li> <li>• Capacité à superviser des employés;</li> <li>• Savoir faire des calculs arithmétiques;</li> <li>• Savoir nager;</li> <li>• Conduire des véhicules;</li> <li>• Utilisation d'instruments topographiques.</li> </ul>

### 7.3 GESTION DE L'INFORMATION ET DES SYSTÈMES RELATIFS AUX RESSOURCES EN EAU

Exemple présenté par B. Stewart (Australie)

Poste, programme et supérieur hiérarchique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Administrateur principal de projets (gestion de l'information et des systèmes relatifs aux ressources en eau)</li> <li>• Gestion intégrée des ressources en eau</li> <li>• Directeur, surveillance de l'eau et information</li> </ul>
Objet du poste	<p>Il s'agit d'un poste de direction des travaux techniques relatifs à tous les aspects de la surveillance quantitative et qualitative de l'eau dans l'ensemble du pays. Le titulaire est chargé de fournir au personnel régional la formation, les informations et les conseils dont ils ont besoin, de faire respecter les normes concernant la surveillance de l'eau et d'offrir aux cadres supérieurs des avis autorisés quant à la politique et aux directives établies en ce qui concerne la collecte de données hydrométriques en fonction de l'évolution des besoins.</p>
Cadre organisationnel	<p>Le département a pour mission de soutenir le développement économique par l'utilisation, la mise en valeur et la gestion durables des terres, des étendues d'eau et des ressources végétales sauvages tout en protégeant les droits et les intérêts des particuliers et des collectivités.</p> <p>L'ambition du département est de concilier la durabilité des sols, de l'eau et de la végétation sauvage avec des produits et des services de qualité pour la prospérité du pays.</p> <p>Les responsabilités du département portent sur les services fonciers, la gestion des ressources naturelles, la mise en valeur des ressources en eau, les services commerciaux et l'information intégrée.</p> <p>Le département doit avoir une forte présence régionale et établir des rapports étroits avec les clients.</p> <p>Le programme de gestion des ressources naturelles est l'une des entreprises du département. Les responsables du programme sont chargés essentiellement de la surveillance, de l'évaluation, de la gestion intégrée et de la protection des sols, des ressources en eau et des forêts.</p> <p>La charte du programme a pour origine la sensibilisation au caractère limité, à la fragilité, à la dégradation et à l'aliénation de la base de ressources naturelles dont dépendent la productivité agricole et forestière et les collectivités urbaines et rurales. Elle vise l'utilisation, la mise en valeur et la gestion socialement, économiquement et écologiquement durables des ressources en sols, en eau et en forêts du pays.</p> <p>L'efficacité des services offerts aux clients est assurée par une gestion régionale coordonnée des sous-programmes de chacune des cinq régions. Les directeurs généraux et le personnel régional travaillent en liaison et en collaboration étroite pour mettre en place une stratégie et des politiques efficaces et pour assurer la prestation de services opérationnels de la manière suivante:</p> <p>Les directeurs généraux sont responsables de la politique nationale de gestion des ressources, des résultats des sous-programmes, de la politique en matière de gestion et de prestation de services ainsi que des stratégies et de l'assurance qualité. Les régions sont chargées de l'exécution des sous-programmes conformément aux politiques, aux priorités, aux stratégies et aux normes approuvées.</p>

Des facteurs tels que l'augmentation de la demande d'eau, l'exploitation et la gestion durables des forêts, la dégradation des ressources terrestres, la propagation de plantes et d'animaux nuisibles, la sensibilisation de la communauté et le souci des valeurs environnementales ainsi que les effets de la réforme micro-économique sur l'industrie de l'eau ont donné naissance à un ensemble complexe d'intérêts conflictuels. Les attentes du Gouvernement et de la communauté en ce qui concerne la gestion des ressources naturelles ont par conséquent considérablement augmenté en peu de temps et, pour faire face à la demande en matière d'orientation qui en découle, il faut consulter des protagonistes ayant des perspectives différentes. Ces facteurs font de l'élaboration d'une ligne de conduite dans ce domaine un processus complexe et politiquement sensible.

#### Principales fonctions et responsabilités

Diriger et coordonner l'élaboration, la révision et la mise en œuvre de principes directeurs, de normes, de directives et d'indicateurs de performance pour la collecte des données hydrométriques dans tout le pays et mettre en place les dispositions voulues pour la production de rapports.

Élaborer des stratégies d'évaluation et des directives permettant de juger régulièrement si les normes relatives à la mise en œuvre d'activités de surveillance de l'eau sont respectées dans tout le pays.

Conseiller régulièrement le directeur du Service de surveillance de l'eau et de l'information à propos des politiques, des normes et des opérations.

Participer à la préparation du budget national en fournissant des données précises pour l'amélioration, la révision, l'exploitation régulière et l'entretien de réseaux hydrométriques, en consultation avec le personnel de district. Contrôler régulièrement les dépenses relatives aux activités de surveillance de l'eau et donner des avis autorisés à ce sujet.

S'entretenir avec les responsables d'autres programmes du département de tous les aspects de la collecte de données hydrométriques.

Mettre au point des programmes de surveillance de l'eau, les revoir périodiquement selon les besoins et en organiser la mise en œuvre.

Définir les besoins en matière de modification des normes, des procédures et des techniques de surveillance de l'eau et diriger la mise en œuvre de ces modifications.

Mettre en place des systèmes appropriés de gestion et d'information et en assurer la pérennité.

Établir des réseaux internes et externes et en assurer la pérennité.

Apporter une contribution technique et ses compétences à l'établissement et à la mise en œuvre d'accords sur les niveaux de service conclus entre les responsables de la gestion de ressources et d'autres programmes ainsi qu'avec des clients privés et veiller régulièrement au respect de ces accords.

En liaison avec le personnel régional, définir des pratiques professionnelles et des directives concernant tous les grands aspects des activités de surveillance de l'eau.

Concevoir, élaborer et mettre en œuvre des stratégies de formation pour que les normes techniques soient respectées et les connaissances relatives aux techniques de collecte de données actualisées.

Veiller à ce que les aspects assurance qualité, sécurité et déroulements de carrières progressent et se pérennisent.



Superviser l'acquisition et la distribution dans tout le pays du matériel hydrométrique et assurer la planification du matériel et des exigences en matière de surveillance.

Se tenir au courant des développements dans le domaine des techniques de surveillance de l'eau en liaison avec le personnel d'autres institutions spécialisées dans l'hydrométrie et introduire de nouvelles technologies selon les besoins.

Principales délégations et responsabilités

- Sur le plan financier: selon les délégations financières du département.
- Sur le plan du personnel: selon les délégations du département en matière de gestion des ressources humaines.

Critères de sélection

- 1 Qualités de commandement reconnues, capacité à gérer des projets et grande connaissance de tous les aspects de la surveillance de l'eau.
- 2 Compétences sur le plan conceptuel, de l'analyse, des recherches et de l'évaluation et capacité reconnue de concevoir et de mettre en œuvre des normes et des procédures et de rédiger des rapports complexes à l'intention des clients, des cadres supérieurs et du personnel régional.
- 3 Preuves de réussite dans le domaine de la surveillance de l'eau et de la communication de conseils faisant autorité aux clients, aux cadres supérieurs et au personnel régional.
- 4 Aptitudes à la communication, à la constitution de réseaux, à la présentation et à la négociation et capacité à représenter professionnellement le département lors de manifestations.
- 5 Capacité avérée de concevoir du matériel didactique et de mettre en place et de conduire des actions de formation; connaissance des principes et des pratiques d'équité en matière d'emploi, de conduite éthique et d'hygiène et de sécurité au travail et engagement reconnu à respecter ces principes et ces pratiques.

Autres informations

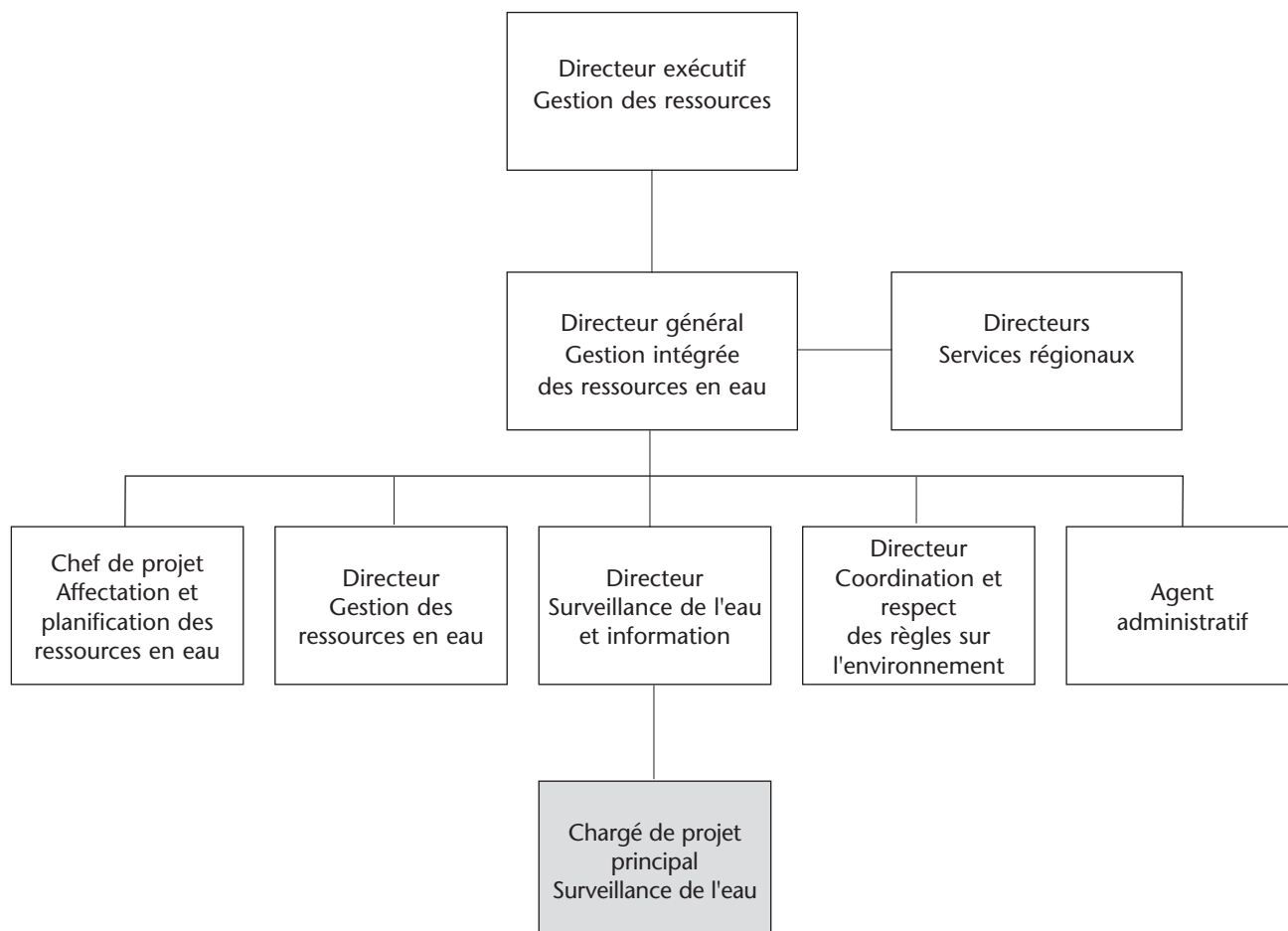
Le département souscrit au principe de l'égalité d'accès à l'emploi.

Pour postuler à cet emploi, il est recommandé de présenter:

- Un formulaire dûment rempli de demande pour un poste annoncé;
- Un original et trois copies d'une déclaration indiquant dans quelle mesure le candidat répond aux critères de sélection. Toutefois, si le candidat ne peut présenter qu'une seule copie de la déclaration, sa demande sera quand même prise en compte.

Il convient d'indiquer «Personnel et confidentiel» sur la demande.

**Gestion des ressources naturelles  
BUREAU CENTRAL  
AFFECTATION ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU**



## 7.4 SURVEILLANCE DES RISQUES DE CATASTROPHES NATURELLES ET ALERTE

Exemple présenté par D. Rabuffetti et S. Barbero (Italie)

### Vue d'ensemble du poste

Poste:	Technicien
Lieu:	Bureau de surveillance des risques de catastrophes naturelles
Supérieurs immédiats:	Superviseur technique, directeurs de services régionaux
Subordonnés:	s/o
En rapport avec:	Autres techniciens faisant partie du personnel
Principaux objectifs:	Contrôler en temps réel les mesures qui parviennent au Bureau en provenance du réseau régional de surveillance (capteurs, radars météorologiques) Veiller en permanence au fonctionnement correct du réseau informatique de l'unité hydrométéorologique
Catégorie de personnel:	Technicien en hydrologie
Niveau d'instruction:	Cinq ans de formation dans une école technique

Tâches principales et résultats escomptés	Tâches principales	Résultats escomptés
	Diffuser des prévisions hydrométéorologiques et des bulletins d'alerte ou d'alarme	Toutes les autorités voulues (Services national et régionaux de la protection civile, préfectures, etc.) sont informées du risque d'occurrence de phénomènes dangereux dus à de fortes pluies ou à des crues.
	Vérifier que le réseau d'observation hydrométéorologique fonctionne toujours correctement	Les directeurs des services régionaux sont au courant des problèmes de capteurs et de répéteurs radioélectriques pour la transmission de données et l'entretien prévu est effectué.
	Suivre la situation hydrométéorologique	Les directeurs des services régionaux sont au courant de l'évolution de la situation hydrométéorologique par rapport aux seuils fixés par les hydrologues, 365 jours par an et 24 heures sur 24 pendant les phénomènes dangereux, pour qu'il soit possible de diffuser des bulletins spéciaux selon les besoins.
	Valider et archiver les données	La base de données météorologiques est toujours actualisée selon les normes de qualité définies par les hydrologues.
	Extraire des données	Des données et des produits spécifiques sont élaborés à partir des données archivées dans la base de données à la demande des clients internes ou de l'extérieur.

- Compétences requises
- Bonne connaissance de l'informatique, de la gestion des réseaux informatiques et de l'administration des systèmes;
  - Principes généraux de la transmission, du traitement et de l'archivage de données;
  - Fonctionnement des stations et de l'appareillage hydrométéorologiques;
  - Connaissance de base en hydrologie et en météorologie;
  - Interprétation des images de METEOSAT, de radars météorologiques et de réseaux d'étude;
  - Compréhension des graphiques issus de modèles hydrologiques;
  - Communication de données au moyen de graphiques, traitement de données d'archives et d'un SIG.

## 7.5 ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Exemple présenté par P. Chola (Zambie)

### Vue d'ensemble du poste

Poste:	Agent préposé à la qualité de l'eau
Ministère:	Ministère de l'énergie et de la mise en valeur des ressources en eau
Département:	Département des affaires hydrologiques
Section:	Gestion des ressources en eau
Service:	Gestion de la qualité de l'eau
Objet du poste:	Compiler et analyser des données sur la qualité de l'eau pour faciliter l'évaluation efficace de la ressource

### Tâches principales et résultats escomptés

Tâches principales	Responsabilités essentielles (principales fonctions)
Compilation et analyse de données	Compiler des données sur la qualité de l'eau pour faciliter l'analyse. Les analyser en temps voulu.
Production de rapports	Produire des rapports techniques sur la situation du pays s'agissant de la qualité de l'eau.
Coordination	Coordonner régulièrement les activités des laboratoires provinciaux pour en faciliter le bon fonctionnement.
Services techniques	Fournir des services techniques sur la qualité de l'eau pour faciliter la prise de décisions.
Gestion	Bien gérer le laboratoire national pour en assurer le bon fonctionnement.

Organisation hiérarchique	Supérieur immédiat: fonctionnaire principal chargé de la qualité de l'eau Autres fonctions: subordination: néant Nombre et niveau des subordonnés: technicien de laboratoire (TS/4) Contacts: contacts réguliers avec le personnel de tous les services pour recueillir et diffuser des données afin de faciliter l'exécution de programmes relatifs à la qualité de l'eau; contacts réguliers avec des parties prenantes lors de la collecte de données.
---------------------------	--

Responsabilités	<p><i>Santé et sécurité d'autrui</i>: faire respecter les règles de sécurité se rapportant à l'évaluation de la qualité de l'eau;</p> <p><i>Responsabilité par rapport aux ressources gouvernementales</i>: matériel employé pour l'évaluation de la qualité de l'eau;</p> <p><i>Niveau d'autorité et prise de décisions</i>: contrôle des activités quotidiennes du laboratoire;</p> <p><i>Conséquences des erreurs</i>: mauvaise compilation des données entraînant une évaluation inadéquate de la situation concernant les ressources en eau;</p> <p><i>Aptitude à communiquer</i>: compétences en communication écrite: capacité à rédiger, à analyser et à présenter des rapports techniques bien écrits et complets; compétences en communication orale: capacité à parler distinctement et à s'exprimer clairement dans la langue officielle.</p>
Connaissances et aptitudes requises	<p><i>Enseignement primaire/secondaire au minimum</i>: cinq niveaux «0» ou l'équivalent;</p> <p><i>Qualification professionnelle minimale</i>: bachelor en chimie, en biochimie, en génie de l'environnement ou équivalent; diplôme national supérieur en technique de laboratoire; deux ans d'expérience;</p> <p><i>Expérience minimale avant d'occuper le poste</i>: titulaire d'un bachelor ou d'un diplôme avec deux ans d'expérience professionnelle;</p> <p><i>Capacités physiques</i>: capacité à effectuer des tests de qualité de l'eau et à faire fonctionner le matériel voulu;</p> <p><i>Autres capacités et qualités</i>: bonne capacité d'analyse, connaissance de l'informatique.</p>
Milieu de travail et autres éléments	<p><i>Milieu de travail</i>: bureau, laboratoire et terrain;</p> <p><i>Efforts physiques nécessaires pour effectuer le travail</i>: efforts modérés exigés pour recueillir et analyser les échantillons;</p> <p><i>Efforts mentaux nécessaires pour effectuer le travail</i>: efforts mentaux importants exigés de l'agent préposé à la qualité de l'eau pour compiler et analyser les données;</p> <p><i>Dangers qu'implique le travail</i>: risque d'accident dans le laboratoire et sur le terrain.</p>



## APPENDICES

---

APPENDICE 1 — Assurance et évaluation de la qualité

APPENDICE 2 — Exemple de description de poste – Administrateur régional

APPENDICE 3 — Glossaire

APPENDICE 4 — Références et bibliographie annotée



## APPENDICE 1

### Assurance et évaluation de la qualité

---

Le texte ci-après concernant l'assurance de la qualité et les procédures d'évaluation est inspiré de Van den Berghe (2000, p. 165-170), avec en outre une référence à l'Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET).

#### QU'EST-CE QUE LA QUALITÉ?

La notion de qualité, multidimensionnelle et relative, n'est pas nouvelle dans le domaine de l'enseignement et de la formation professionnelle. Les institutions, les enseignants, les administrateurs et les décideurs se sont toujours préoccupés de questions de qualité. Cependant, cette notion est souvent imprécise voire non définie. On peut résumer ainsi les divers points de vue dont on considère la qualité en matière d'enseignement et de formation professionnelle:

- La qualité d'un point de vue didactique et/ou pédagogique, c'est l'optimisation du processus d'enseignement et d'apprentissage;
- La qualité d'un point de vue (macro-)économique, c'est l'optimisation des frais d'éducation et de formation;
- La qualité d'un point de vue social ou sociologique, c'est l'optimisation de la réaction à la demande sociale d'éducation et de formation;
- La qualité du point de vue de l'utilisateur, c'est l'optimisation de la demande;
- La qualité du point de vue de la gestion, c'est l'optimisation de l'organisation et du processus d'éducation et de formation.

Selon la norme ISO 8402 l'assurance qualité c'est:

*L'«Ensemble des activités préétablies et systématiques mises en œuvre dans le cadre du système qualité, et démontrées en tant que de besoin, pour donner la confiance appropriée en ce qu'une entité satisfera aux exigences pour la qualité».*

Dans la pratique, pour pouvoir appliquer l'assurance qualité, il faut:

- Avoir défini des normes de qualité;
- Disposer des procédures correctes;
- Contrôler la conformité des procédures;
- Analyser les causes de non-conformité;
- Éliminer les problèmes par des mesures correctives.

L'application des principes de l'assurance qualité exige donc un consensus sur les principaux attributs de la qualité. Ceux-ci ne sont pas toujours évidents en ce qui concerne les programmes d'enseignement et de formation professionnelle, principalement en raison de l'importance non seulement du «produit», c'est à dire de la teneur des cours, mais aussi de celle du «processus d'apprentissage».

La qualité doit être évaluée régulièrement. La référence en matière de qualité dans le domaine de l'enseignement et de la formation professionnelle est l'effet ou l'impact après un certain temps. Pour dire les choses plus simplement:

*Dans le domaine de l'enseignement et de la formation professionnelle la qualité se mesure par l'impact six mois plus tard.*

Dans la réalité, toutefois, il est très difficile et très coûteux d'effectuer de telles mesures, ce qui explique que les prestataires et les utilisateurs en font rarement. La mesure de la qualité la plus courante est le degré de satisfaction des apprenants à la fin de leur cours ou de leur formation professionnelle.

## PROCÉDURES D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ

La mise en œuvre d'un processus d'auto-évaluation régulière tant par le prestataire que par l'utilisateur de l'enseignement et de la formation professionnelle constitue une autre solution pour mesurer la qualité. Dans ce processus, l'organisation doit d'abord définir un certain nombre de normes de qualité, les éléments d'entrée souhaitables et les résultats escomptés du programme d'enseignement et de formation professionnelle. Elle doit ensuite évaluer dans quelle mesure les normes de qualité ont été respectées et les résultats escomptés atteints.

L'auto-évaluation peut avoir deux objectifs:

- En procédant régulièrement à l'auto-évaluation, l'organisation en viendra progressivement à mieux comprendre les effets et les impacts de l'enseignement et de la formation professionnelle dispensés et à cerner ainsi de plus près un critère de mesure de la qualité en la matière;
- Un bon processus d'auto-évaluation sera source de nombreuses idées et suggestions qui se traduiront par une amélioration de la qualité et contribueront au développement d'un contexte d'apprentissage dynamique.

Ces notions sous-tendent l'élaboration d'une «organisation intelligente», c'est-à-dire d'une organisation ayant la capacité intrinsèque d'apprendre et d'évoluer en tant qu'ensemble plutôt qu'en tant que groupe d'individus.

En plus de l'auto-évaluation, on peut envisager soit une évaluation externe, autrement dit une évaluation de la qualité de l'enseignement et de la formation professionnelle par un «tiers» indépendant, notamment un établissement public ou un organe d'agrément, soit un autre type d'évaluation qui fait appel aux utilisateurs pour évaluer l'enseignement et la formation qu'ils ont reçus. Ces divers types de procédures d'évaluation de la qualité ont des avantages et des inconvénients qui sont résumés dans le tableau A.1.

Du point de vue de la gestion de la qualité, l'auto-évaluation est la meilleure solution. En effet, l'évaluation par des organes externes et par les utilisateurs a tendance à être axée sur les apports et les résultats de la formation, alors que la source réelle d'amélioration se trouve dans les processus internes, qui ne peuvent être mesurés correctement que par auto-évaluation. En outre, toute forme d'évaluation extérieure ou réalisée par les utilisateurs risque d'entraîner une réaction défensive et non constructive des personnes évaluées. L'amélioration de la qualité exige une motivation positive à cet effet, plus facilement obtenue par une auto-réflexion que par une évaluation externe. Enfin, l'auto-évaluation, qui est un bon mécanisme d'amélioration de la qualité et la méthode la plus économique, est particulièrement efficace lorsqu'elle est suivie d'un examen critique externe.

Tableau A.1 — Comparaison des procédures d'évaluation de la qualité

Type d'évaluation	Avantages	Inconvénients
Auto-évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût relativement modeste</li> <li>- Porte sur la totalité de l'organisation</li> <li>- Peut impliquer tout un chacun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risque de ne pas être crédible</li> <li>- Risque de manquer de rigueur et de fiabilité</li> <li>- Risque d'interférence avec d'autres activités</li> </ul>
Évaluation par les utilisateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correspond à l'intérêt réel des utilisateurs</li> <li>- Coût peu élevé</li> <li>- Possibilité de mesurer les incidences réelles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Axée uniquement sur les résultats</li> <li>- Satisfaction très variable selon les utilisateurs</li> <li>- Les utilisateurs risquent de ne pas connaître leurs propres besoins</li> </ul>
Évaluation externe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degré de crédibilité élevé</li> <li>- Neutralité et perspective originale</li> <li>- Évaluation comparative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût très élevé</li> <li>- Risque d'incompétence des évaluateurs</li> <li>- Risque d'interférence avec d'autres activités</li> </ul>

Pour résumer, l'auto-évaluation s'applique aux deux partenaires de l'enseignement et de la formation professionnelle, à savoir aux prestataires et aux utilisateurs. Il est important que les deux parties y participent pour:

- Améliorer la qualité;
- Créer une organisation intelligente;
- Progresser vers une société de l'apprentissage.

## BASE DE L'ÉVALUATION ET DE L'ACCREDITATION

Les critères ABET EC-2000 (Engineering Criteria-2000) constituent un exemple utile de points à examiner pour l'auto-évaluation d'un programme d'enseignement ou de formation professionnelle. On trouvera ci-après les critères définis pour le cycle d'agrément 2002-2003 qui sont présentés sur le site Web de l'ABET.

L'établissement qui cherche à faire agréer un programme d'ingénierie doit démontrer clairement qu'il répond aux critères suivants:

### Critère 1: Étudiants

La qualité des étudiants et des diplômés et les résultats qu'ils obtiennent sont des critères importants pour l'évaluation d'un programme d'ingénierie. L'établissement doit évaluer, conseiller et contrôler les étudiants pour déterminer s'il a réussi à atteindre les objectifs de son programme. Il doit définir et appliquer une politique d'acceptation de candidats d'un autre établissement et de validation des cours à crédits suivis ailleurs. Il doit aussi définir et appliquer des procédures garantissant que tous les étudiants satisfont aux exigences du programme.

### Critère 2: Objectifs éducationnels du programme

Tout programme d'ingénierie pour lequel un établissement cherche à obtenir ou à renouveler l'agrément doit avoir:

- a) Des objectifs éducationnels détaillés publiés qui correspondent à la mission de l'établissement et aux présents critères;
- b) Un processus fondé sur les besoins des diverses composantes du programme par lequel les objectifs sont déterminés et périodiquement évalués;
- c) Un programme d'enseignement et un processus garantissant que ces objectifs seront atteints;
- d) Un système d'évaluation permanente qui prouve que ces objectifs sont effectivement atteints et utilise les résultats pour accroître l'efficacité du programme.

### Critère 3: Résultats et évaluation du programme

S'agissant des programmes d'ingénierie, il faut prouver que les diplômés:

- a) Sont capables d'appliquer leurs connaissances en mathématiques, sciences et technologie;
- b) Sont capables de concevoir et de mener des expériences, ainsi que d'analyser et d'interpréter des données;
- c) Sont capables de concevoir un système, une composante ou un processus en fonction des besoins établis;
- d) Sont capables de travailler au sein d'équipes pluridisciplinaires;
- e) Sont en mesure d'identifier, de formuler et de résoudre des problèmes techniques;
- f) Comprennent quelles sont leurs responsabilités professionnelles et éthiques;
- g) Sont capables de communiquer avec efficacité;
- h) Possèdent la formation nécessaire pour comprendre les incidences des solutions techniques dans un contexte global et sociétal;
- i) Admettent la nécessité d'une éducation permanente et sont capables de s'y engager;
- j) Connaissent les problèmes d'actualité;
- k) Ont le savoir-faire pour utiliser les techniques et les outils modernes nécessaires à la pratique de l'ingénierie.

À chaque programme doit correspondre un processus d'évaluation avec des résultats étayés. Il faut prouver que les résultats importants pour la mission de l'établissement et les objectifs du programme, y compris ceux qui sont indiqués ci-dessus, ont été mesurés et qu'ils sont appliqués pour développer et améliorer le programme. Pour cela, on peut se servir notamment des dossiers des étudiants, y compris de leurs projets de conception, d'examen dont les sujets répondent à des normes nationales,

d'enquêtes sur les réalisations professionnelles et la carrière d'anciens élèves, d'enquêtes effectuées par des employeurs et de données sur le placement des diplômés.

**Critère 4: Composante professionnelle**

Les exigences quant à la composante professionnelle précisent les matières propres à l'ingénierie, sans pour autant prescrire de cours précis. Les professeurs d'ingénierie doivent veiller à ce qu'on accorde suffisamment d'attention et de temps à chaque composante dans le cadre du programme d'enseignement, conformément aux objectifs du programme et de l'établissement. Les étudiants doivent être prêts à pratiquer l'ingénierie en ayant suivi un programme d'enseignement aboutissant à une vaste expérience sur la base des connaissances et des savoir-faire acquis au fil des travaux de cours relatifs notamment aux normes techniques et aux contraintes réalistes dans la plupart des domaines suivants: économie, environnement, durabilité, facilité de production, éthique; santé et sécurité, questions sociales et politiques. La composante professionnelle doit inclure: *a*) un an de mathématiques et de sciences fondamentales de niveau collégial (avec, dans certains cas, une expérience pratique) correspondant à la discipline, *b*) un an et demi d'études techniques comprenant les sciences de l'ingénieur et la conception technique correspondant au domaine d'étude de l'étudiant, *c*) une formation générale complémentaire du contenu technique du programme d'enseignement, conformément aux objectifs et au programme de l'établissement.

**Critère 5: Corps enseignant**

Le corps enseignant est au cœur de tout programme d'enseignement. Il doit comprendre un nombre suffisant d'enseignants, qui doivent avoir les compétences nécessaires pour couvrir tous les sujets du programme. Les enseignants doivent être suffisamment nombreux pour pouvoir communiquer convenablement avec les étudiants, les conseiller et les orienter, participer à des services universitaires et à des activités de perfectionnement professionnel et dialoguer avec des représentants de l'industrie et des membres des professions libérales ainsi qu'avec les employeurs des étudiants. Les enseignants chargés du programme doivent avoir les qualifications voulues et une autorité suffisante pour assurer la direction du programme et pour concevoir et mettre en œuvre des processus d'évaluation et d'amélioration continue du programme, de ses objectifs pédagogiques et de ses résultats. La compétence globale du corps enseignant peut se juger à l'aune de l'éducation, de la diversité des origines, de l'expérience technique et pédagogique, de l'aptitude à communiquer, de l'enthousiasme dans la recherche d'un gain d'efficacité des programmes du niveau des missions professorales, de la participation à des sociétés professionnelles et de leur inscription à la corporation des ingénieurs professionnels.

**Critère 6: Installations**

Les salles de cours, les laboratoires et le matériel connexe doivent être adaptés aux objectifs du programme et constituer un environnement favorable à l'apprentissage. Les installations doivent favoriser les rapports entre enseignants et étudiants et créer un climat encourageant les activités et le perfectionnement professionnels. Les programmes doivent offrir aux étudiants la possibilité d'apprendre à se servir des outils techniques modernes et il faut toute l'infrastructure de calcul et d'information nécessaire pour soutenir les activités universitaires des étudiants et des enseignants et atteindre les objectifs pédagogiques des critères 2002-2003 d'agrément des programmes techniques.

**Critère 7: Soutien institutionnel et ressources financières**

Le soutien institutionnel, les ressources financières et la direction doivent être à la hauteur pour assurer la qualité et la continuité du programme d'ingénierie. Les ressources doivent être suffisantes pour attirer et retenir des enseignants qualifiés et leur permettre d'évoluer sur le plan professionnel. Elles doivent également être suffisantes pour acquérir, entretenir et exploiter les installations et le matériel adaptés au programme. En outre, le personnel de soutien et les services institutionnels doivent correspondre aux besoins du programme.

**Critère 8: Critères applicables aux programmes**

Chaque programme doit être conforme aux critères qui lui sont applicables, et dont la spécificité permet d'interpréter les critères de base s'appliquant à une discipline donnée. Les critères fixent des exigences qui se limitent aux matières du programme et aux qualifications des enseignants. Si un programme, du fait de son titre, relève de plusieurs séries de critères, il doit être conforme à chacune de ces séries. Il suffit toutefois de remplir une seule fois des conditions requises qui se chevauchent.

## APPENDICE 2

### Exemple de description de poste – Administrateur régional

---

L'exemple suivant, présenté uniquement à titre d'information, est adapté d'après M. Bruen (1993, p. 56-59). Il comprend trois grandes parties: A. Généralités, B. Fonctions principales et résultats escomptés, et C. Compétences requises

#### A. GÉNÉRALITÉS

POSTE	Administrateur régional
LIEU	-
SUPÉRIEUR IMMÉDIAT	Directeur du Service de surveillance des ressources en eau, Ministère de l'environnement
SUBALTERNES	Trois techniciens en hydrologie et personnel temporaire, selon les affectations
RELATIONS DE TRAVAIL	Service de surveillance des ressources en eau. Administrateurs et personnel, autres Services du Ministère de l'environnement, personnel des régies régionales des eaux et clients (services des eaux, industries, public, etc.)
PRINCIPAUX OBJECTIFS	<p>Veiller à ce qu'à tout moment, l'équipe de surveillance agisse de façon professionnelle et respecte les normes de qualité requises par ses clients;</p> <p>Produire, pour le domaine de compétence de l'équipe de surveillance, des informations sur les ressources nationales en eau, à archiver dans les archives concernant ces ressources;</p> <p>Produire, pour d'autres clients, des informations sur les ressources en eau et des informations connexes ayant la qualité voulue;</p> <p>Réduire au minimum le coût pour le Service public du travail de l'équipe de surveillance en assurant le bon fonctionnement de l'équipe et en recouvrant les coûts à un niveau permettant une stabilité à long terme.</p>
CATÉGORIE DE PERSONNEL	<p>Hydrologue; ou</p> <p>Personnel professionnel complémentaire dans le domaine des ressources en eau, ayant la compétence qu'il faut; ou</p> <p>Technicien supérieur en hydrologie ayant au moins dix ans d'expérience de la surveillance des ressources en eau et ayant eu un parcours de perfectionnement professionnel.</p>

## B. FONCTIONS PRINCIPALES ET RÉSULTATS ESCOMPTÉS

Fonctions principales	Résultats escomptés
Vérification et archivage des données	Données archivées selon les normes établies. Rapports annuels d'audit de chaque site terminés et vérifiés pour le 30 juin de l'année suivante. Clients satisfaits des suites données à leurs demandes d'information.
Tenue des registres des sites	Localisation des enregistrements et situation concernant les sites et les données clairement documentées.
Services commerciaux; travaux spécifiques pour les clients	Accroissement de la demande de services. Les capacités de l'équipe sont bien connues d'autres organisations. Jusqu'à 40 % du budget total de la surveillance des ressources en eau sont recouverts. La charge de travail est prévue d'avance. Les clients sont satisfaits.
Formation et perfectionnement du personnel	Le personnel est bien formé et travaille à pleine capacité. Les aptitudes de chacun correspondent aux exigences du poste. Les membres du personnel connaissent leur performance et leurs possibilités de carrière. Développement des capacités dans divers domaines, tant sur le plan technique qu'administratif. Programmes annuels méthodiques de formation du personnel compte tenu des besoins opérationnels. Les descriptions de postes du personnel sont à jour.
Aptitudes techniques et administratives	Les dernières techniques et méthodes sont connues. Soutien technique aux membres de l'équipe. Adoption de techniques novatrices. Gestion efficace. Meilleure prestation de services possible aux clients.
Engagement en matière de qualité	Tous les travaux sont effectués en temps voulu et selon les normes définies par les clients.
Élaboration de programmes annuels et trimestriels	Programme annuel comprenant les travaux du Ministère de l'environnement. Les ressources nécessaires pour exécuter le programme et les ressources disponibles pour des activités non programmées sont connues. Les programmes trimestriels sont réalisables et les objectifs atteignables mais stimulants.
Direction et administration des travaux de l'équipe des relevés	Programmes hebdomadaires, trimestriels et annuels exécutés en temps voulu et conformément aux normes définies par les clients. Utilisation efficace de l'ensemble des ressources et du personnel. L'ensemble du personnel travaille au maximum de ses capacités. Les communications sont claires et les rapports harmonieux au sein du personnel. Les installations fonctionnent bien et les projets se déroulent correctement. Les dépenses correspondent au budget.
Mobilisation de ressources	Les budgets annuels sont suffisants pour exécuter les activités, programmées ou non. Le matériel et les ressources permettent au personnel d'atteindre les objectifs fixés. Il y a le personnel qu'il faut pour atteindre ces objectifs.
Installation, entretien et exploitation du matériel	Toutes les installations fonctionnent bien et les projets se déroulent bien. Les registres sont toujours complets, à jour et conformes aux normes.
Contrôle et pérennité des systèmes de travail	L'équipe et les membres pris individuellement travaillent avec compétence et efficacité. Les objectifs sont atteints en temps voulu et dans les limites du budget. Les clients bénéficient d'un service satisfaisant. Le personnel propose et apporte des améliorations.

### C. COMPÉTENCES REQUISES

- Compréhension des principes de base de l'hydrologie et de la météorologie.
- Systèmes de contrôle, d'enregistrement et de transmission de données. Connaissance des principes généraux de la gestion des données et des systèmes d'information pour la gestion des ressources en eau. Traitement des données: saisie et mise en forme, validation, correction, complétage, transformation, compilation et analyse; besoins fonctionnels en matière de systèmes de gestion et de traitement de bases de données.
- Transmission d'informations: présentation de données sous forme graphique; rapports. Utilisation de systèmes de bases de données: systèmes autonomes ou liés à des modèles de simulation et à des SIG. Échange de données entre modèles, systèmes d'information géographique, tableurs et bases de données.
- Assurance qualité des jeux de données, analyse de fréquence et régionalisation des séries chronologiques hydrologiques. Mesure de toutes les variables hydrométéorologiques. Tenue, contrôle et correction de registres.
- Sélection de sites et de techniques de mesure. Sélection des types de capteurs et d'enregistreurs; conception de puits de mesure et précision des mesures de la hauteur d'eau. Niveau des lits: détermination de la position, notamment par le système GPS et par l'emploi d'un télémètre et d'un sextant; sondage de coupes verticales, notamment à l'aide d'instruments.
- Mesure des débits, en portant une attention particulière aux méthodes les plus importantes: méthodes faisant appel à des moulinets, y compris des profileurs de courant à effet Doppler (ADCP), méthode de dilution, méthode de la relation hauteur-débit et méthode acoustique.
- Transports solides: méthodes et instruments de mesure de la charge de fond, de la charge solide en suspension et de la charge de ruissellement; échantillonnage de fond.
- Structures de mesure de l'écoulement: sélection du type de structure; relation hauteur-débit.
- Nette appréciation de l'importance de la collecte systématique et économique de données hydrologiques et techniques de conception d'un réseau d'observation hydrologique.
- Compréhension des principes de la qualité de l'eau et de la qualité écologique. Mesures sur le terrain et échantillonnages pour déterminer la qualité de l'eau des cours d'eau. Échantillonnage et mesure des eaux souterraines. Compréhension de la prévention de la pollution des eaux souterraines et de la protection contre celle-ci.
- Compréhension du contexte institutionnel, socioéconomique et juridique de la planification et de la gestion des ressources en eau. Connaissance des principes de l'évaluation d'impact sur l'environnement.
- Capacité à dialoguer avec des équipes pluridisciplinaires.



## APPENDICE 3

### Glossaire

---

<i>ABET</i>	Accreditation Board for Engineering and Technology (États-Unis d'Amérique).
<i>Agrément</i>	Action de reconnaître qu'un établissement d'enseignement ou de formation adhère à des normes permettant aux étudiants diplômés de s'inscrire dans un établissement de plus haut niveau ou plus spécialisé ou d'entrer dans la vie active.
<i>Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)</i>	Organisation non gouvernementale ayant son siège à Baltimore, dans le Maryland (États Unis d'Amérique), qui agrée des programmes d'ingénierie et des programmes techniques aux États-Unis et, sur demande, hors des États-Unis.
<i>Apprentissage par la pratique</i>	Forme d'apprentissage incrémental en situation de résolution de problèmes.
<i>Assurance qualité</i>	Système assurant la qualité des résultats, comprenant l'évaluation, l'analyse et les mesures à prendre pour apporter les changements voulus. On parle aussi d'évaluation de la qualité, de contrôle de la qualité et de gestion de la qualité totale (TQM en anglais).
<i>Attestation</i>	Document attestant qu'un sujet a suivi et achevé avec succès un enseignement ou une formation institutionnel ou non. Contrairement à un diplôme ou à un grade, une attestation n'est généralement pas considérée comme conférant une qualification professionnelle.
<i>Compétence</i>	Connaissances et savoir-faire nécessaires pour occuper correctement un poste donné. La compétence implique de nombreuses caractéristiques personnelles telles que l'attitude, l'aptitude, le comportement, le sens de l'éthique, le jugement, les opinions, etc.
<i>Connaissance</i>	Capacité de comprendre et de faire preuve d'esprit critique, rationnel et stratégique. La connaissance facilite l'adaptation d'un sujet à un milieu en évolution.
<i>Crédit</i>	Mesure du travail d'un étudiant dans le cadre d'un enseignement institutionnel ou non institutionnel.
<i>EC-2000</i>	Critères d'agrément fondés sur les résultats qui ont été adoptés par la Commission d'agrément technique de l'ABET.
<i>Écosystème</i>	Unité discrète composée d'éléments vivants ou non, dont les interactions en font un système stable. Les concepts fondamentaux d'un écosystème incluent les transferts d'énergie par la chaîne alimentaire et les réseaux alimentaires ainsi que les cycles biogéochimiques des éléments nutritifs (d'après la troisième version préliminaire de la troisième édition du Glossaire d'hydrologie UNESCO/OMM).
<i>ECTS</i>	Système européen de transfert et d'accumulation de crédits.
<i>Éducation</i>	Processus d'apprentissage visant le transfert de connaissances à un sujet.
<i>Éducation permanente</i>	Concept selon lequel l'accélération du renouvellement des connaissances et la multiplication des nouvelles aptitudes à acquérir obligent d'intégrer à la vie professionnelle un processus continu d'enseignement institutionnel, de formation continue, de perfectionnement professionnel et de formation axée sur les aptitudes.
<i>Efficacité</i>	Capacité d'un système à atteindre ses objectifs.

<i>Effcience</i>	Rapport entre le résultat obtenu et les ressources utilisées.
<i>Enseignement institutionnel</i>	Enseignement scolaire ou universitaire régulier dispensé ou agréé par un établissement privé ou public. L'enseignement institutionnel repose sur la formation en classe, les classes dirigées et les examens, selon un programme fixe.
<i>Enseignement non institutionnel</i>	Enseignement fondé sur la formation en cours d'emploi, l'encadrement (coaching), le mentorat, les activités en milieu de travail, etc.
<i>ENV</i>	Gestion de l'environnement
<i>Évaluation</i>	Appréciation de tout aspect d'un programme de formation générale (intrants, résultats, étudiants, etc.) par rapport à des critères établis.
<i>FAC</i>	Formation axée sur les compétences.
<i>Faciès</i>	Ensemble des caractères d'une formation rocheuse défini par sa composition, sa texture, sa teneur en fossiles, etc.; formation ou masse présentant un ensemble unifié de propriétés.
<i>Formation</i>	Processus d'apprentissage institutionnel ou non institutionnel qui se traduit par un transfert de capacités et de savoir-faire à un sujet. Toute mesure conduisant à l'accroissement des savoir-faire.
<i>Formation axée sur les compétences (FAC)</i>	Formation structurée, non institutionnelle, dispensée au personnel, surtout sur le lieu de travail.
<i>Formation continue</i>	Tout enseignement et/ou formation institutionnel ou non institutionnel conçu pour des sujets qui possèdent déjà une qualification professionnelle ou un titre universitaire dans le domaine correspondant ou un domaine connexe.
<i>Gestion intégrée des ressources en eau</i>	Modèle général de la (nouvelle) philosophie en matière de gestion des ressources en eau qui suppose une démarche globale. La gestion intégrée des ressources en eau est un processus visant à assurer la mise en valeur et la gestion coordonnées de l'eau, du sol et des ressources connexes pour optimiser le bien-être économique et social sans compromettre la viabilité des systèmes écologiques. Dans son acception la plus large, la gestion intégrée des ressources en eau suppose qu'il soit tenu compte simultanément des aspects qualitatifs et quantitatifs des ressources en eaux de surface et en eaux souterraines intégrés dans l'approche analytique systémique d'autres activités sectorielles telles que les industries, l'aquaculture, l'agriculture, la santé publique et la protection de l'environnement. La gestion intégrée des ressources en eau suppose une approche inter- et pluridisciplinaire ainsi que la participation et la sensibilisation du public, etc. Il y a un besoin manifeste d'enseignement et de formation professionnelle pour former les experts qui seront à même de mettre en œuvre ce concept dans la pratique.
<i>Gestion de l'environnement (ENV)</i>	Gestion de la qualité de l'environnement au niveau du bassin hydrographique ou fluvial, y compris l'évaluation des impacts sur l'environnement.
<i>Gestion de systèmes de données (GSD)</i>	Acquisition, traitement, diffusion et archivage de données, y compris l'acquisition et l'entretien du matériel et des logiciels.
<i>GSD</i>	Gestion de systèmes de données.
<i>H</i>	Hydrologue.
<i>HRE</i>	Hydrologie et ressources en eau.

<i>Hydraulique</i>	Branche de la mécanique des fluides qui traite de l'écoulement de l'eau (ou d'autres liquides) dans des conduites, canaux découverts et autres ouvrages (UNESCO/OMM, 1992).
<i>Hydrologie</i>	Science qui traite des eaux que l'on trouve à la surface de la Terre, ainsi qu'au-dessus et au-dessous, de leur formation, de leur circulation et de leur distribution dans le temps et dans l'espace, de leurs propriétés biologiques, physiques et chimiques et de leur interaction avec leur environnement, y compris avec les êtres vivants (UNESCO/OMM, 1992).
<i>Hydrologie appliquée</i>	Branche de l'hydrologie se rapportant à l'aménagement et à la gestion des ressources en eau.
<i>Hydrologie et ressources en eau (HRE)</i>	Planification, surveillance, prévision, conception, construction, entretien et gestion d'installations et de systèmes d'exploitation productive de l'eau.
<i>Hydrologie de l'ingénieur</i>	Branche de l'hydrologie appliquée qui traite de l'utilisation de l'information hydrologique pour la planification et la conception des aménagements ainsi que pour leur exploitation et la maintenance des ouvrages.
<i>Hydrologie finale</i>	(voir potamologie).
<i>Hydrologue (H)</i>	Sujet ayant suivi un enseignement spécialisé qui fait appel à des notions et à des techniques du génie pour observer et prévoir le cycle de l'eau, depuis le moment où l'eau tombe sur les continents sous forme de précipitations jusqu'à celui où elle retourne dans les océans. Cet enseignement spécialisé aboutit à une licence en génie civil, en physique, en géophysique, en génie agricole, en foresterie, etc., généralement suivie d'un cours institutionnel d'un an en hydrologie correspondant au programme d'enseignement de base en hydrologie et sanctionné par une maîtrise.
<i>Métrologie</i>	Branche des sciences se rapportant aux mesurages.
<i>Partie prenante</i>	Terme général désignant les «dispensateurs» de la formation continue (écoles, universités, établissements de formation) et les «utilisateurs» (organismes publics, groupes d'intérêt, entreprises, particuliers, consommateurs d'eau et collectivités ou leurs représentants) qui participent à des activités de formation continue, constituant ainsi la société de l'apprentissage. Le terme s'applique également à la gestion intégrée des ressources en eau et aux processus connexes de participation.
<i>PEB</i>	Programme d'enseignement de base.
<i>Perfectionnement professionnel continu (PPC)</i>	Activités de formation continue dans une profession donnée afin d'acquérir les compétences nécessaires pour accomplir de nouvelles tâches.
<i>Personnels professionnels complémentaires dans le domaine des ressources en eau</i>	Personnels professionnels s'occupant de la gestion de systèmes de données, de la gestion d'écosystèmes et des aspects socioéconomiques et juridiques de la gestion intégrée des ressources en eau.
<i>Potamologie</i>	Branche de l'hydrologie dont l'objet est l'étude des cours d'eaux.
<i>PPC</i>	Perfectionnement professionnel continu.
<i>Programme d'enseignement</i>	Totalité de l'expérience d'apprentissage organisé pour un profil professionnel donné. Un programme d'enseignement offre la structure conceptuelle et établit le cadre temporel permettant d'acquérir un diplôme pouvant être reconnu et en définit le contenu global. Citons en exemple le programme d'enseignement menant en cinq ans à un diplôme en génie civil dans un établissement donné d'enseignement supérieur: le programme d'enseignement correspond au choix de l'étudiant dans

	le cadre du programme d'études offert par l'établissement. Un cours englobe une expérience d'apprentissage organisé dans un domaine donné, par ex. un cours de dynamique des fluides au sein du programme d'enseignement en génie civil.
<i>Programme d'enseignement de base (PEB)</i>	Programme-cadre d'enseignement recommandé pour la formation professionnelle initiale du personnel qui sera employé dans les domaines de l'hydrologie et des ressources en eau. Selon la nouvelle classification OMM des personnels, il existe deux PEB distincts: l'un qui qualifie les hydrologues diplômés de niveau débutant (PEB-H), l'autre les techniciens en hydrologie de niveau débutant (PEB-TH).
<i>Protagoniste</i>	Les protagonistes de la formation continue sont les apprenants ou stagiaires et les enseignants ou formateurs. Dans le cadre du PPC, apprenants et enseignants peuvent permuter leur rôle selon les besoins lorsque des connaissances et des savoir-faire nouveaux sont transmis dans des domaines précis.
<i>Résultats</i>	Compétence réelle d'étudiants ayant terminé un programme d'enseignement ou une formation.
<i>Ressources en eau</i>	Ensemble des eaux disponibles ou que l'on peut mobiliser pour satisfaire en quantité et en qualité une demande donnée en un lieu donné, pendant une période appropriée.
<i>Savoir-faire</i>	Capacité d'accomplir mentalement et physiquement des tâches régulières. Le savoir faire est essentiel pour qu'un sujet agisse avec efficacité dans une société donnée.
<i>SED</i>	Socioéconomie et droit.
<i>Socioéconomie et droit (SED)</i>	Cadre juridique, économique et institutionnel de la législation relative à l'eau, de l'affectation des ressources en eau, de la fixation du prix de l'eau, de la résolution de conflits concernant l'eau, etc.
<i>Sujet d'études</i>	Subdivision d'une unité thématique.
<i>Système européen de transfert et d'accumulation de crédits (ECTS)</i>	Système harmonisé adopté par les universités de l'Union européenne qui permet d'attribuer des crédits à toutes les composantes d'un programme d'études.
<i>Technicien en hydrologie (TH)</i>	Personne qui, après l'enseignement obligatoire (minimum de 9 ans de scolarité) a suivi une formation en hydrologie dispensée dans un établissement conformément aux conditions énoncées dans le programme d'enseignement de base pour techniciens en hydrologie.
<i>Technologie des instruments et des mesures (TIM)</i>	Mesures, exploitation et entretien d'instruments destinés à l'acquisition de données sur les réseaux hydrographiques, y compris le traitement et la transmission des données.
<i>Technologie de l'information et des communications (TIC)</i>	Application des technologies de l'information et des communications à la gestion intégrée des ressources en eau.
<i>TH</i>	Technicien en hydrologie.
<i>TIC</i>	Technologie de l'information et des communications.
<i>TIM</i>	Technologie des instruments et des mesures.
<i>Unité de cours</i>	Groupement d'unités thématiques à des fins d'organisation.
<i>Unité thématique</i>	Groupement de sujets d'études dans une discipline donnée.

## APPENDICE 4

### Références et bibliographie annotée

---

- Alaerts G.J., F.J.A. Hartvelt et F.-M. Patorni (sous la direction de), 1999: *Water Sector Capacity Building: Concepts and Instruments*. Compte rendu du deuxième colloque du PNUD sur le renforcement des capacités dans le secteur de l'eau, Delft, 1996. Rotterdam/Brookfield, Balkema, 455 p. (Monographie concernant toutes les questions relatives au renforcement des capacités des institutions et des particuliers.)
- Balek, J., M. Bruen, W.H. Gilbrich, G. Jones, D. Lundquist et E. Skofteland, 1994: *Applied Hydrology for Technicians*, Volumes I à IV, PHI-IV. Projet E-1.2. Documents techniques d'hydrologie, UNESCO, Paris.
- Banque mondiale, 1993: *Water resources management*. Document d'orientation de la Banque mondiale, Banque mondiale, Washington, D.C., 140 p.
- Bogardi, J. (sous la direction de), 2000: Water-Education-Training (W-E-T): Towards a sector vision of educators and those to be educated. Document-cadre sur la vision à long terme concernant l'eau, la vie et l'environnement au XXI<sup>e</sup> siècle, 54 p. (On trouve ce document sur le CD-ROM de Cosgrove et Rijsberman (2000). On trouvera aussi un rapport sur les débats du Forum mondial de l'eau à l'adresse <http://www.worldwaterforum.net/index2.html>)
- Bogardi, J. (sous la direction de), 2001: W-E-T: Towards a strategy on human capacity building for integrated water resources management and service delivery. Publication présentée et discutée au Colloque international sur le renforcement des capacités humaines dans le secteur de l'eau par l'innovation et la collaboration, Delft, novembre 2001, 44 p. (On trouvera les conclusions du Colloque et les documents connexes à l'adresse <http://www.ihe.nl/news/wet/index.htm>)
- Bruen, M., 1993: *Education systems for hydrology technicians*, PHI-IV. Projet E-1.1. Documents techniques d'hydrologie, UNESCO, Paris.
- Collis, B., 1996: *Tele-learning in a digital world: the future of distance learning*. International Thomson Publishing, Londres.
- Commission européenne. ECTS (Système européen de transfert de crédits). Guide d'utilisation et informations disponibles à l'adresse [http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects_en.html)
- Cosgrove, W.J. et F.R. Rijsberman, 2000: *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*. Pour le Conseil mondial de l'eau, Londres, Earthscan Publications, 108 p. (Conclusions du deuxième Forum mondial de l'eau, organisé à La Haye, Pays-Bas, en mars 2000. Ce document est fondé sur les contributions d'experts ayant participé à des consultations régionales, nationales et sectorielles. Il offre un diagnostic des ressources en eau et des pressions qui s'exercent sur celles-ci et présente les mesures à prendre. Le CD-ROM qui l'accompagne contient tous les documents de référence.)
- Environnement Canada, 2002: *Hydrometric Technician Career Development Programme*. National Water Quantity Survey Programme. (Voir [http://www.msc.ec.gc.ca/wsc/index\\_e.cfm?cname=main\\_e.cfm](http://www.msc.ec.gc.ca/wsc/index_e.cfm?cname=main_e.cfm))
- Fattorelli, S., G. Dalla Fontana et D. Da Ros, 1999: *Flood hazard assessment and mitigation, dans Floods and landslides: integrated risk assessment*, sous la direction de R. Casale et C. Morgottini, Springer Verlag, Berlin, p. 19-38.
- Global Water Contract, 2001 (Initiative du Groupe de Lisbonne avec plusieurs associations nationales pour promouvoir et présenter le document lors du sommet Planète Terre Rio + 10, Johannesburg, septembre 2002. On en trouvera le texte en français à l'adresse <http://users.skynet.be/bs133510/ACMEBE/>.)
- Hassan, T., 2002: Appropriate mix of online and in-class delivery of management training and development, *Human Resources Development Quarterly*, N° 86, p. 5-15; publié par l'Union internationale des télécommunications, Genève.
- Kobus, H., E. Plate, H.W. Shen et A. Szollosi-Nagy, 1994: Education of hydraulic engineers, *Journal of Hydraulic Research*, 32(2), 163-181.

- Linsley, R.K., 1967: The relation between rainfall and runoff, *Journal of Hydrology*, 5, p. 297-311.
- Maniak, U., 1989: *Model curriculum for short-term training courses for senior hydrology technicians*. IHP: SC.89/WS/16, Documents techniques d'hydrologie, UNESCO, Paris.
- Mulvaney, T.J., 1851: On the use of self-registering rainfall and flood gauges in making observations on the relation of rainfall and of flood discharges in a given catchment, *Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland*, 4(2), p. 18-31.
- Nash, J.E., P.S. Eagleson, J.R. Philip et W.H. Van der Molen, 1990: The education of hydrologists, *Hydrological Sciences Journal*, 35 (b), 597-607.
- Nash, J.E., 1992: Hydrology and hydrologists – reflections, chapitre 12 de *Advances in theoretical hydrology: A tribute to James Dooge*, sous la direction de J.P. O'Kane. Elsevier, Amsterdam, p. 191-199.
- National Research Council, 1991: *Opportunities in the Hydrologic Sciences*. National Academic Press, Washington, D.C., 348 p. (Ce rapport, rédigé par un comité de la Commission des sciences de la Terre, de l'environnement et des ressources du National Research Council, porte principalement sur des questions se rapportant à la recherche, mais contient un chapitre important sur l'enseignement de l'hydrologie.)
- OMM-N° 258, 2002: *Directives pour la formation professionnelle des personnels de la météorologie et de l'hydrologie opérationnelle*, Volume I: Météorologie, quatrième édition.
- Selborne, J., 2000: *The ethics of freshwater use: a survey*. Rapport de l'UNESCO/COMEST (Commission mondiale sur l'éthique de la connaissance scientifique et de la technologie) et de sa sous-commission sur l'éthique de l'eau douce, 49 p. (Le rapport peut être téléchargé à l'adresse [http://portal.unesco.org/shs/en/file\\_download.php/fb482d84df63ca0157badbb8571196b7Freshwater+Use+Survey.pdf](http://portal.unesco.org/shs/en/file_download.php/fb482d84df63ca0157badbb8571196b7Freshwater+Use+Survey.pdf).)
- Sherman, L.K., 1932: Streamflow for rainfall by unit-graph method, *Engineering News Record*, 108, p. 501-505.
- UNESCO/OMM: *Glossaire international d'hydrologie*, deuxième édition, 1992.
- Van den Berghe, W., 1995: *Achieving Quality in Training. European guide for collaborative training projects*. Tilkon, Wetteren, 308 p. (ISBN 90-75427-01-8). Également publié en italien sous le titre: *La qualità della formazione*, Diade, Padoue (ISBN 88-87157-01-4). (Ouvrage de référence, guide et manuel in situ avec 80 outils prêts à l'emploi pour quiconque organise, met en œuvre et suit des projets de formation.)
- Van den Berghe, W., 1999: *Self-assessment as the cornerstone of quality management in training*. Publié dans Van der Beken et al., 2000, p. 165-170.
- Van der Beken, A., 1993: *Continuing education in hydrology*. Documents techniques d'hydrologie, SC-93/WS.27, UNESCO, Paris, 47 p.
- Van der Beken, A., 2000: Méthodes et stratégies d'enseignement et de formation continues. *Bulletin de l'OMM*, Vol. 49, N° 2:151-156.
- Van der Beken, A., M. Mihailescu, P. Hubert et J. Bogardi (sous la direction de), 2000: *The Learning Society and the Water Environment*. Compte rendu du colloque international organisé à Paris du 2 au 4 juin 1999 par le PHI de l'UNESCO, ETNET ENVIRONMENT-WATER, TECHWARE, l'AIRH, l'AISH et l'OIE et coparrainé par l'OMM et le PNUE. Commission européenne, Luxembourg, 512 p. (Cet ouvrage contient les discours liminaires, les documents, les résumés analytiques complets des communications affichées ainsi que le résumé des sept thèmes présentés, rédigé par les rapporteurs. Une liste des CD-ROM et des cours sur Internet, extraite des documents, est dressée. On peut télécharger l'ouvrage à l'adresse <http://etnet.vub.ac.be> en choisissant la section About ETNET 1996-1999.)
- Wessel, J., 1999: *A guide to the needs of education and training in the water sector. Towards a compendium of water related competencies*. Publié par ETNET ENVIRONMENT-WATER, VUB, Bruxelles, 64 p. (On peut télécharger cette publication à l'adresse <http://etnet.vub.ac.be/ePUBLICATIONS/>.)
- Winkler, T., 1994: *Curriculum for long-term training of hydrology technicians*. Documents techniques d'hydrologie, UNESCO, Paris.