

VERS UN APPRENTISSAGE PERMANENT FORMATION À L'HYDROLOGIE ISOTOPIQUE

PRADEEP K. AGGARWAL ET DIN D. SOOD

La vie et le développement humains dépendent de l'offre d'eau douce. Ce besoin fondamental a favorisé, chez l'humain, le développement d'une aptitude intuitive à la gestion de l'eau – on recueille l'eau de pluie, par exemple, depuis plus de 4 000 ans dans différentes civilisations. Aujourd'hui, l'eau douce devenant plus difficile à exploiter, on a besoin de méthodes plus perfectionnées pour évaluer et gérer les ressources en eau.

Depuis les années 50, la science de l'hydrologie se donne pour but de comprendre les processus physiques, chimiques et biologiques qui régissent l'apparition, la circulation et la répartition de l'eau sur terre. Dans ce secteur, l'application des techniques nucléaires ou isotopiques est relativement récente, n'étant scientifiquement reconnue que depuis une vingtaine d'années.

L'AIEA a grandement contribué au développement de l'hydrologie isotopique en tant que science et à la création dans le monde d'un cadre de spécialistes. Jusqu'à récemment, les publications de l'AIEA représentaient le seul support écrit de formation à l'hydrologie isotopique. Cette science constituant un instrument précieux de gestion durable des ressources en eau, il est impératif que les hydrologues maîtrisent les techniques

isotopiques. Le présent article examine l'évolution des programmes de formation à l'hydrologie isotopique dans le contexte des besoins des pays en développement et industrialisés.

DES MÉTHODES DE FORMATION ÉVOLUTIVES

Autrefois, l'hydrologie isotopique était le domaine de physiciens et de chimistes capables de mesurer les concentrations d'isotopes dans les substances naturelles. De ce fait, il existait un écart important entre les chercheurs qui pratiquaient l'hydrologie isotopique et les hydrologues qui géraient les ressources en eau. L'AIEA a axé ses activités de développement de l'hydrologie isotopique sur la formation individuelle ou en groupe d'hydrologues actifs dans la recherche et sur le terrain. Ces 40 dernières années, il a été attribué à des fins de formation au Siège de l'AIEA ou dans d'autres centres d'hydrologie isotopique plus de 700 bourses d'étude consistant généralement en une formation théorique et des échanges avec un ou plusieurs experts visant à développer l'aptitude à la collecte et à l'interprétation de données. Une formation en groupe prenant la forme de cours nationaux, régionaux et interrégionaux de durée variable – une à huit semaines – a été proposée à

plus de 600 participants. Les stagiaires se sont perfectionnés grâce à une formation en cours d'emploi associée à des projets de coopération technique.

Une formation plus poussée a été proposée à quelques ressortissants de pays en développement dans le cadre de projets de recherche coordonnée (PRC). Nombre d'entre eux ont reçu leur formation initiale grâce à des bourses de l'AIEA. Un PRC permet à un chercheur peu expérimenté d'améliorer ses compétences au contact d'autres personnes, dont des chercheurs expérimentés, tout en étudiant un thème commun.

L'offre de chercheurs qualifiés en hydrologie isotopique a facilité la mise en œuvre de projets de coopération technique en mettant en contact des moyens autochtones et des compétences extérieures et en développant les capacités de recherche. Cependant, le nombre de stages de formation a constamment augmenté ces dernières années du fait de la croissance exponentielle des projets de coopération technique. Par exemple,

M. Aggarwal dirige la Section de l'hydrologie isotopique à la Division des sciences physiques et chimiques du Département des sciences et applications nucléaires de l'AIEA. M. Sood dirige cette division.

51 projets de coopération technique en hydrologie isotopique ont été menés à bien entre 1980 et 1990. Ce nombre est passé à 141 entre 1991 et 2000. Actuellement, 56 projets sont mis en œuvre dans le cadre du cycle 2001-2002, dont deux projets de développement des moyens.

ÉLÉMENTS D'UNE NOUVELLE STRATÉGIE

On note dans le monde une demande accrue de formation à tous les aspects de l'hydrologie isotopique. C'est même le cas dans des pays où les programmes d'hydrologie se sont consolidés au fil des années. Il faut maintenant transférer les connaissances et compétences enseignées à une nouvelle génération d'hydrologues. On se fonde, pour préconiser la méthode suivante de formation à l'hydrologie isotopique, sur l'analyse approfondie des réussites et échecs du passé.

■ Cours universitaires d'hydrologie isotopique.

Jusqu'à présent, les programmes d'hydrologie isotopique de l'AIEA ont presque exclusivement reposé sur la formation continue, donc post-scolaire. Or, la formation continue peut transmettre davantage de connaissances et de compétences si l'on inclut dans l'enseignement scolaire une formation de base. Il serait donc judicieux de réorienter le programme de l'AIEA pour y inclure une formation structurée à l'hydrologie isotopique.

Les "hydrologues" peuvent provenir de diverses disciplines – géologie, géographie, génie civil, génie agricole, chimie ou météorologie. Ce bagage universitaire est souvent complété

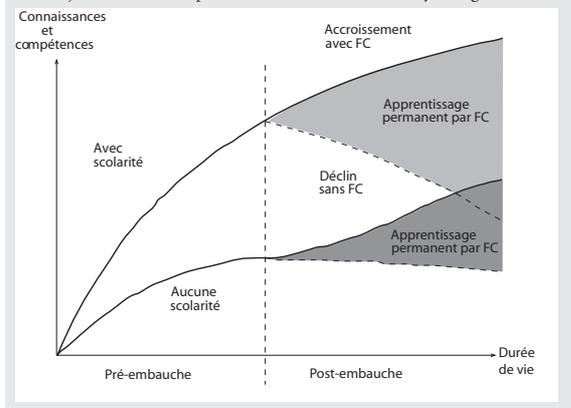
par des cours de troisième cycle d'hydrologie. La Décennie hydrologique internationale (DHI) instituée par l'UNESCO en 1965 a aidé à mieux apprécier l'enseignement de l'hydrologie. Des cours de troisième cycle, puis des programmes diplômants ont été institués dans de nombreux établissements de pays en développement et développés grâce au parrainage de l'UNESCO.

Compte tenu du bagage hétérogène des étudiants attirés par les programmes d'hydrologie, il importe de concevoir un programme d'hydrologie isotopique qui réponde aux besoins des divers étudiants et soit adapté aux offres d'emploi. Des programmes spécialisés qui ne développeraient pas les compétences professionnelles n'attireraient pas longtemps des étudiants. Les cours d'hydrologie dispensés dans le cadre des programmes de sciences et techniques de la terre devraient comprendre une introduction à l'hydrologie isotopique, et les programmes de troisième cycle d'hydrologie un cours structuré sur ce sujet.

Pour faciliter l'intégration de l'hydrologie isotopique dans l'enseignement de l'hydrologie, on peut commencer par l'intégrer aux programmes lancés sous les auspices de l'UNESCO ou en collaboration avec celle-ci. La préparation et la fourniture, par l'AIEA, de matériel pédagogique et d'aides aux enseignants réduiraient la charge financière pesant sur les établissements qui choisissent d'inclure un cours d'hydrologie isotopique dans leur programme d'hydrologie.

UN APPRENTISSAGE PERMANENT DE L'HYDROLOGIE

Comme le montre ce schéma, enseignement scolaire et formation continue jouent un rôle important dans la formation des hydrologues.

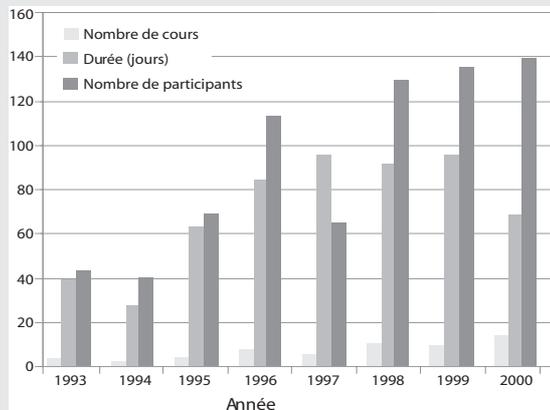


Source : Adapté de A. van der Beek, "Continuing Education in Hydrology", UNESCO (1993).

Une autre possibilité, pour promouvoir l'enseignement de l'hydrologie isotopique, consisterait à parrainer des chaires d'hydrologie isotopique dans certaines universités, ce qui conférerait au bénéficiaire davantage de visibilité et lui permettrait de servir de pôle d'attraction ou de convergence pour les activités nationales ou régionales de recherche appliquée.

■ **Établissement de liens entre centres.** L'octroi de bourses est l'un des principaux mécanismes de formation de l'AIEA. La majorité des bourses d'hydrologie isotopique ont été mises en application dans des centres d'hydrologie isotopique d'Europe et d'Amérique du Nord. Ces bourses, cependant, deviennent difficiles à mettre en œuvre du fait de l'évolution de la recherche dans les pays développés, où les chercheurs se disputent des crédits provenant de sources nationales de plus en plus limitées. Souvent, il faut plus d'un an pour conclure, avec un établissement hôte, un accord de bourse de formation pour se rendre compte, de surcroît, que les besoins et la disponibilité

AIEA : FORMATION À L'HYDROLOGIE ISOTOPIQUE



du boursier proposé ont changé. Cette situation découle du fait que de nombreux hôtes potentiels voient la présence d'un boursier peu formé à l'hydrologie isotopique, étudiant hors de leur domaine de recherche, plus comme un gaspillage de ressources que comme un échange mutuellement bénéfique. De ce fait, il existe de moins en moins de possibilités de cycle de formation individuelle de quatre à six mois.

On pourrait peut-être renforcer l'intérêt pour ces échanges scientifiques en nouant des liens à plus long terme entre établissements de pays en développement et développés. On pourrait, par exemple, demander à un groupe établi d'hydrologie isotopique d'aider à organiser, au niveau national ou régional, une formation de groupe ou universitaire. Certains participants à ces formations pourraient alors recevoir, à l'établissement coopérant, une brève formation de groupe à des techniques plus avancées. Pendant cette période, on pourrait lancer des projets communs de recherche ou de terrain correspondant aux

plans de recherche de l'hôte. Enfin, ces liens donneraient aux établissements de pays en développement les compétences et les moyens leur permettant de mener eux-mêmes certains cours d'hydrologie isotopique, sans apport extérieur ou presque.

■ **Former davantage d'hydrologues.** L'hydrologie est une science interdisciplinaire, pratique et de terrain. Il faudrait proposer une formation continue en hydrologie isotopique aux nombreux hydrologues en exercice qui n'ont peut-être pas été formés aux techniques isotopiques. La meilleure façon de procéder serait de coopérer avec les organismes des Nations Unies et les associations professionnelles.

Un partenaire naturel, dans ce contexte, est le Programme hydrologique international (PHI) de l'UNESCO. Le PHI fonctionne depuis une trentaine d'années, et l'un des éléments les plus précieux de ce programme est l'organisation de comités nationaux du PHI. Ces comités, administrés aux termes d'un accord conclu entre l'UNESCO et les gouvernements, mènent de nombreuses activités de formation d'hydrologues et de coordination de la recherche et de la pratique de l'hydrologie.

Le programme d'hydrologie isotopique de l'AIEA et le PHI coopèrent depuis longtemps, certes dans des domaines limités. Plusieurs guides sur les applications isotopiques de l'hydrologie ont été publiés conjointement par l'AIEA et l'UNESCO. Il serait très possible et avantageux d'étendre cette coopération. C'est pourquoi il a été proposé d'instituer un Programme

international commun d'application des isotopes à l'hydrologie afin d'intégrer les techniques isotopiques à la pratique de l'hydrologie. Dans le cadre de ce programme, il est demandé aux comités nationaux du PHI d'associer des spécialistes des isotopes et de mettre en œuvre des activités et projets pédagogiques communs qui permettront d'intégrer les isotopes à la gestion des ressources en eau.

Une coopération accrue avec des associations professionnelles telles que l'Association internationale des sciences hydrologiques et l'Association internationale des hydrologues servirait également à élargir le public de l'AIEA et à développer les compétences en hydrologie isotopique. Cette coopération est renforcée par le parrainage de conférences et de colloques internationaux des associations susmentionnées et par des cours de brève durée organisés lors de ces conférences. Ces activités servent à accroître la visibilité de l'hydrologie isotopique, à stimuler l'intérêt de la communauté scientifique et à attirer de jeunes chercheurs.

Cette nouvelle stratégie devrait permettre de produire en permanence un grand nombre d'hydrologues ayant une expérience des applications isotopiques. Nombre de ces hydrologues feraient éventuellement carrière dans la gestion des ressources en eau. Ces gestionnaires de l'eau pourraient considérer les techniques isotopiques comme faisant partie intégrante de l'instrumentation d'hydrologie et, au besoin, se perfectionner grâce à la formation continue. □