

Les laboratoires d'hydrologie isotopique dans les pays en développement

*Leur rôle, leur expérience et leurs problèmes
dans le domaine de la recherche hydrologique et géochimique*

par
Roberto
Gonfiantini
et
Willibald Stichler

La consommation d'eau dans le monde a décuplé au cours de ce siècle et, pourtant, quelque deux milliards d'habitants de cette planète manquent encore d'eau potable. Dans l'avenir, il se peut que la demande d'eau douce propre et saine augmente encore plus rapidement vu l'expansion démographique mondiale et les besoins croissants de l'agriculture et de l'industrie. Il faut donc redoubler d'efforts pour protéger les ressources hydrauliques existantes, mettre en valeur de nouvelles sources durables, renforcer la surveillance et améliorer les réseaux de distribution.

L'ampleur des besoins et des difficultés que connaissent en particulier les pays en développement donne toute son importance à la reconnaissance et à l'étude des ressources hydrauliques qu'il convient d'évaluer et de gérer avec plus de soin.

Un certain nombre de pays ont déjà pris des mesures et créé des laboratoires d'hydrologie chargés de faire des analyses pour les équipes de prospection, en utilisant notamment des techniques fondées sur les isotopes de l'environnement (*voir l'encadré*). Une bonne soixantaine de laboratoires de ce genre ont ainsi été créés dans 28 pays en développement pour faciliter la recherche en hydrologie et dans d'autres domaines des sciences de la terre et de l'environnement (*voir les tableaux*). Nombre d'entre eux ont bénéficié d'une aide substantielle de l'AIEA aux stades de la planification, de l'équipement et de la mise en œuvre, dans le cadre des programmes scientifiques et techniques de cette organisation. La création de ces laboratoires était d'autant plus nécessaire que le propre laboratoire d'hydrologie isotopique de l'AIEA était assailli, depuis quelques années, de demandes de services analytiques.

Nous parlerons ici du rôle, de l'expérience et des problèmes de ces laboratoires, tels que l'AIEA les connaît, et nous donnerons aussi quelques conseils sur d'importantes questions d'organisation, de personnel et d'exploitation.

Implantation des laboratoires

La tâche essentielle d'un laboratoire d'hydrologie isotopique dans un pays en développement est d'assurer un bon service d'analyse permettant d'appliquer les techniques isotopiques à l'étude de problèmes hydrologiques concrets. Ce service peut également appuyer d'autres activités dans des domaines connexes, telles la prospection géothermique, la géochimie, la géologie et l'écologie. Cet élargissement doit être encouragé.

A l'heure actuelle, certains laboratoires relèvent d'organismes nationaux qui s'occupent directement de l'évaluation et de la gestion des ressources en eau, tandis que d'autres dépendent d'instituts de recherche faisant partie d'organismes nationaux de l'énergie atomique ou d'universités. Les deux formules ont leurs avantages et leurs inconvénients.

Etablissements hydrologiques. En principe, les organismes qui s'occupent directement de l'évaluation et de la gestion des ressources hydrauliques sont les mieux placés pour appliquer des techniques isotopiques à l'étude de problèmes hydrologiques pratiques et pour se doter d'un laboratoire d'hydrologie isotopique. Le personnel spécialisé de ces établissements possède normalement une bonne formation en hydrogéologie, hydrologie ou hydraulique. Il a également une grande expérience du forage et du jaugeage des puits, de la mesure des niveaux piézométriques et des débits, de l'échantillonnage des eaux de surface et des eaux souterraines en vue de leur analyse chimique, des levés topographiques, etc. Ces équipes se consacrent donc essentiellement à des tâches pratiques et leur collaboration active avec le personnel scientifique du laboratoire peut donner des résultats très intéressants sur le plan pratique et sur le plan scientifique.

Il faut bien dire que les conditions nécessaires à cette collaboration ne sont pas toujours faciles à réaliser. Cela tient d'abord à la diversité des disciplines scientifiques. Il se peut qu'un physicien ou un chimiste, par exemple, ait quelques difficultés à bien comprendre la structure géologique d'un système hydraulique souterrain (dont la connaissance est générale-

M. Gonfiantini est chef de la Section d'hydrologie isotopique de l'AIEA; M. Stichler est un de ses collaborateurs.

Laboratoires d'hydrologie isotopique de la région Asie et Pacifique**Service analytique**

		IS	T	C	
Chine:	Institut de recherche en géologie de l'uranium, Beijing	IS			
	Institut de géologie, Academia Sinica, Beijing	IS	T	C	
	Institut des gisements, Académie chinoise des sciences géologiques, Beijing	IS			
	Département de géologie, Université de Beijing	IS		C	
	Institut de géologie karstique, Ministère de la géologie et des ressources minières, Guilin, Guangxi	IS	T	C	
	Institut de recherche de Nanjing pour l'hydrologie et les ressources hydrauliques	IS			
	Institut d'hydrogéologie et de géologie appliquée, Ministère de la géologie et des ressources minières, Jengding, Hefei	IS			
	Institut de géologie et de prospection de la houille, Ministère de l'industrie charbonnière, Xian	IS			
	Institut des lacs salés, Academia Sinica, Xining	IS			
Inde:	Institut de géochimie, Academia Sinica, Guangshou	IS	T	C	
	Division des isotopes, Centre Bhabha de recherche atomique, Bombay	IS	T	C	
	Institut national d'études géophysiques, Hyderabad	IS	T	C	
	Division des minerais atomiques, Hyderabad	IS			
	Laboratoire de recherche nucléaire, Institut indien de recherche agricole, New-Delhi	IS			
	Laboratoire de recherche en physique, Navrangpura, Ahmedabad	IS		C	
	Indonésie:	Centre pour les applications des isotopes et des rayonnements, Djakarta*	IS	T	C
		Centre de recherche sur les matières et l'instrumentation nucléaires, Djokjakarta	IS		C
	Malaisie:	Section de l'énergie nucléaire, Ministère des sciences, de la technologie et de l'environnement, Kajang*	IS	T	
Pakistan:	Institut de la science et de la technologie nucléaires, Islamabad*	IS	T	C	
République de Corée:	Institut de hautes études sur l'énergie, Daeduk-Danji, Choong-Nam*	IS			
Viet Nam:	Institut de recherche nucléaire, Centre des techniques nucléaires, Ho-Chi-Minh Ville*			C	

IS = Isotopes stables; T = Tritium; C = Carbone 14

* Laboratoires ayant reçu une aide importante de l'AIEA.

Note: Liste établie d'après les renseignements dont dispose l'AIEA.

ment trop sommaire) ou les méthodes empiriques souvent utilisées sur le terrain. De leur côté, les hydrogéologues peuvent avoir du mal à se familiariser avec les techniques isotopiques, notamment à comprendre les principes des processus physico-chimiques qui régissent le fractionnement des isotopes dans les eaux naturelles. Les experts envoyés par l'AIEA peuvent aider à franchir cet obstacle entre le personnel travaillant sur le terrain et le personnel du laboratoire.

L'association d'un laboratoire avec ce genre d'établissement présente un autre inconvénient, à savoir que l'infrastructure est le plus souvent insuffisante pour assister les travaux courants très spécialisés du laboratoire. Il est fréquent qu'il n'existe pas d'atelier électronique, d'installation pour le soufflage du verre ou de documentation scientifique sur les isotopes dans la bibliothèque.

Les laboratoires installés dans des établissements qui s'occupent de géothermie sont généralement mieux lotis car ces établissements connaissent bien les méthodes géochimiques — dont font partie les techniques fondées sur les isotopes de l'environnement — qui sont communément utilisées pour étudier les champs géothermiques.

Centres de recherche des organismes nationaux de l'énergie atomique. Ces centres sont souvent constitués d'un ensemble de laboratoires d'un haut niveau scientifique et technologique, auprès duquel un laboratoire d'hydrologie isotopique peut en principe se trouver dans les meilleures conditions possibles pour fonctionner de manière efficace. Toutefois, ces centres manquent souvent de compétences en hydrologie, de sorte que le laboratoire doit travailler en étroite collaboration avec des établissements s'occupant des ressources en eau.

Le succès de cette collaboration dépend en grande partie du personnel des deux équipes — de ses aptitudes, de son effort et de l'intérêt mutuel à établir et entretenir de bons contacts scientifiques dans le travail commun. Au début, les experts de l'AIEA peuvent aider à établir les relations de travail entre le laboratoire et l'établissement hydrologique et à choisir les problèmes à résoudre sur le terrain en appliquant les techniques isotopiques. Par la suite, le personnel scientifique du laboratoire devrait acquérir une certaine autonomie. L'idéal serait qu'il se propose et qu'il ait les moyens de prélever lui-même les échantillons du milieu sans devoir toujours recourir aux services de l'établissement spécialisé. Il devrait aussi prendre part à tous les travaux de recherche pour bien se familiariser avec les problèmes et être à même de donner des conseils sur les aspects particulièrement favorables à l'application des techniques isotopiques. Par exemple, certaines opérations d'échantillonnage peuvent présenter des difficultés que seul un spécialiste des isotopes peut aider à surmonter.

De toute façon, le laboratoire doit absolument renoncer à se considérer comme un

service qui attend le client et se borne à donner des résultats. Une telle attitude pourrait nuire aux facultés intellectuelles du personnel dont l'intérêt et les compétences scientifiques ne feraient que s'émousser. Il s'ensuivrait une baisse de qualité des travaux d'analyse et de leurs résultats.

Universités. En principe, les universités offrent un milieu idéal pour la recherche scientifique. Il est aisé d'y créer le climat interdisciplinaire nécessaire aux travaux d'hydrologie, de géochimie et d'écologie. En outre, l'enseignement et la recherche contribuent à la formation de jeunes scientifiques, ce qui assure le progrès et la continuité dans n'importe quel domaine scientifique. Il s'ensuit que le jeune hydrologue (géochimiste, écologiste) connaît bien les principes de ces techniques et pourrait les appliquer dans ses activités professionnelles.

Les universités présentent néanmoins certains inconvénients. Tout d'abord, et surtout dans les pays en développement, elles disposent de ressources financières souvent insuffisantes, ce qui peut nuire à la continuité des travaux d'un laboratoire de pointe. Par ailleurs, il se peut que leur démarche, pour intéressante qu'elle soit sur le plan scientifique, présente peu d'intérêt sur le plan pratique. On peut penser que ce n'est pas là un inconvénient, puisque le but principal d'une université est de former de jeunes scientifiques, et que la recherche scientifique est toujours payante, mais il importe de trouver le juste milieu entre la recherche pure et ses applications pratiques.

Personnel et infrastructure

Les instruments d'analyse dont a besoin un laboratoire d'hydrologie — spectromètre de masse pour déterminer le rapport isotopique et compteur à scintillateur liquide pour les faibles activités — se trouvent communément sur le marché. Il est donc en principe relativement facile d'installer un laboratoire si l'on dispose de fonds suffisants, si l'infrastructure nécessaire existe et si l'on peut recruter un personnel qualifié.

L'infrastructure n'est pas un problème: il faut un minimum d'espace (environ 300 m²) pour un laboratoire entièrement équipé avec un spectromètre de masse pour les isotopes stables, un ou deux compteurs à scintillateur liquide pour le tritium et le carbone 14, et le matériel de préparation nécessaire, plus l'eau courante, l'électricité en permanence, la climatisation (indispensable dans un climat humide et chaud), de la neige carbonique et de l'azote liquide, un atelier d'électronique et, si possible, un atelier mécanique.

L'équipe technique devrait comprendre un nombre suffisant de techniciens chimistes (de préférence au moins un pour chacun des isotopes les plus importants) et un ingénieur électronicien connaissant bien l'emploi des ordinateurs et leurs interfaces. Il faudrait

Laboratoires d'hydrologie isotopique en Amérique latine, au Moyen-Orient et en Europe

Amérique latine		Service analytique		
Argentine:	Instituto de Geocronología y Geología Isotópica, Universidad de Buenos Aires	IS	T	C
Brésil:	Universidade Federal do Ceará Departamento de Física, Fortaleza			C
	Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba*	IS		C
Chili:	Comisión Chilena de Energía Nuclear, Centro de Investigaciones Nucleares de la Reina, Santiago de Chile*	IS	T	C
	Instituto de Asuntos Nucleares, Bogotá*	IS	T	C
Colombie:	Instituto Nacional de Recursos Hídricos, La Habana		T	
Cuba:	Instituto Nacional de Recursos Hídricos, La Habana		T	
Mexique:	Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos	IS		
	Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua, Jiutepec Morelos*	IS		C
	Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF	IS		
Uruguay:	Departamento de Radioquímica, Universidad de la República de Uruguay, Montevideo*			C
Moyen-Orient et Europe				
Albanie:	Institut de physique nucléaire, Tirana*	IS	T	C
Grèce:	Centre national de recherche en sciences physiques, Athènes*	IS	T	C
Iran:	Institut de recherche sur les ressources hydrauliques, Ministère de l'énergie, Téhéran*	IS	T	C
Islande:	Université d'Islande, Reykjavik*	IS	T	
Jordanie:	Service des eaux de Jordanie, Amman*	IS	T	C
Pologne:	Institut de physique et de technologie nucléaire, Académie des mines et de la métallurgie, Cracovie*	IS	T	C
Portugal:	Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Sacavem*	IS	T	C
Roumanie:	Institut de physique atomique, Bucarest		T	C
Turquie:	Direction générale du génie hydraulique, Ankara*	IS		
Yougoslavie:	Centre des applications des radioisotopes en science et dans l'industrie, Skopje*	IS	T	C

IS = Isotopes stables; T = Tritium; C = Carbone 14

* Laboratoires ayant reçu une aide importante de l'AIEA.

Note: Liste établie d'après les renseignements dont dispose l'AIEA.

Laboratoires d'hydrologie isotopique en Afrique

		Service analytique		
Algérie:	Centre de développement des techniques nucléaires, Alger	IS	T	C
Egypte:	Centre régional des radio-isotopes du Moyen-Orient pour les pays arabes, Le Caire		T	
	Etablissement de l'énergie atomique	IS		
Soudan:	Service national des eaux, Département de la recherche sur les eaux souterraines, Khartoum*		T	
Niger:	Département de géologie, Faculté des Sciences, Niamey			C

IS = Isotopes stables; T = Tritium; C = Carbone 14

* Laboratoires ayant reçu une aide importante de l'AIEA.

Note: Liste établie d'après les renseignements dont dispose l'AIEA.

pouvoir disposer, le cas échéant, d'un souffleur de verre.

Quant au personnel scientifique, il faudrait au minimum un physicien, un géochimiste et, le cas échéant, un hydrologue ou un hydrogéologue. Le physicien serait essentiellement responsable de la performance du laboratoire et de la qualité des analyses, tandis que ses collègues seraient chargés de déterminer les problèmes à étudier et participeraient au prélèvement des échantillons et à l'interprétation des données.

L'AIEA peut généralement prêter son concours pour former le personnel scientifique et technique et assurer des services d'experts pour faciliter l'installation du laboratoire. En outre, elle peut fournir certains matériels, notamment des spectromètres de masse pour la détermination des faibles variations des rapports isotopiques dans des composés du milieu naturel, et des compteurs à scintillateur liquide et compteurs proportionnels à gaz pour la détection des très faibles concentrations de radio-isotopes du milieu.

Fonctionnement du laboratoire

Dans de nombreux pays en développement, la bonne marche des travaux courants d'un laboratoire, en particulier après l'installation du matériel et la cessation de l'assistance technique de l'AIEA, est entravée par diverses difficultés, en particulier dans les domaines suivants:

Maintenance du matériel et pièces de rechange. La réserve initiale de pièces de rechange qui accompagne le matériel neuf s'épuise inévitablement au cours des deux ou trois premières années, ou une pièce pour laquelle on n'a pas prévu de rechange vient à se rompre. Pour se procurer de nouvelles pièces détachées chez le fabricant, il faut payer en devises fortes; or, de nombreux pays ont de la peine à se les procurer. Il arrive qu'il faille attendre plus d'un an avant de pouvoir

commander la pièce, délai qui n'est pas sans conséquence sur le plan pratique. Par exemple, si un spectromètre de masse n'est pas utilisé pendant un an, il peut être difficile de le remettre en service à cause de son extrême complexité. Par ailleurs, de longues périodes d'inactivité dans une importante section du laboratoire peuvent nuire au moral du personnel et à sa productivité.

Vu ces problèmes toujours possibles, avant de décider d'installer un laboratoire d'hydrologie isotopique, ou n'importe quel laboratoire dès l'instant où il doit comporter un matériel compliqué, il faut s'assurer que l'on peut disposer d'une petite réserve de devises fortes, généralement de l'ordre de 1000 à 10 000 dollars par an.

Dans certains cas, l'AIEA peut aider à résoudre les difficultés de maintenance du matériel dans le cadre de projets de coopération technique nationaux ou régionaux. Elle peut fournir par exemple les pièces de rechange immédiatement nécessaires, et envoyer des experts pour aider à diagnostiquer les pannes et à faire les réparations. A noter que cette aide n'est offerte que dans des circonstances exceptionnelles, en cas d'avarie grave, et non pour les opérations courantes de maintenance.

Personnel. Le personnel scientifique et technique doit être bien choisi et être motivé, et sa rémunération doit être égale à celle du personnel exerçant des fonctions analogues dans d'autres organismes privés ou publics. On réduit ainsi le risque de perdre un personnel qualifié auquel on a consacré beaucoup de temps et de ressources.

De fait, le personnel qualifié est généralement très mobile dans les pays en développement parce que les établissements de recherche ne sont pas en mesure d'offrir des émoluments et des possibilités de carrière aussi intéressants que chez les concurrents. Malheureusement, ce problème n'est pas facile à résoudre. Il faudrait néanmoins que chaque pays s'en préoccupe, afin d'éviter à l'avenir les défections inopportunes.

Rapports entre scientifiques. Les scientifiques des pays en développement souffrent aussi d'être isolés de leurs homologues du fait qu'ils ne disposent pas des fonds nécessaires pour voyager. La participation à des réunions scientifiques, la visite d'autres établissements et les relations personnelles avec des collègues contribuent non seulement à se tenir au courant de l'actualité scientifique, mais aussi à travailler en commun sur des problèmes déterminés. Cela permet en fin de compte de maintenir le haut niveau de la recherche et d'assurer la bonne marche d'un laboratoire ou d'un établissement scientifique.

L'AIEA peut y contribuer dans une certaine mesure grâce à son programme de voyages d'étude et à l'aide financière associée à ses colloques et à ses séminaires, mais cela ne peut suffire à résoudre le problème.

Les programmes de recherche coordonnée sont un excellent moyen de faciliter la coopé-

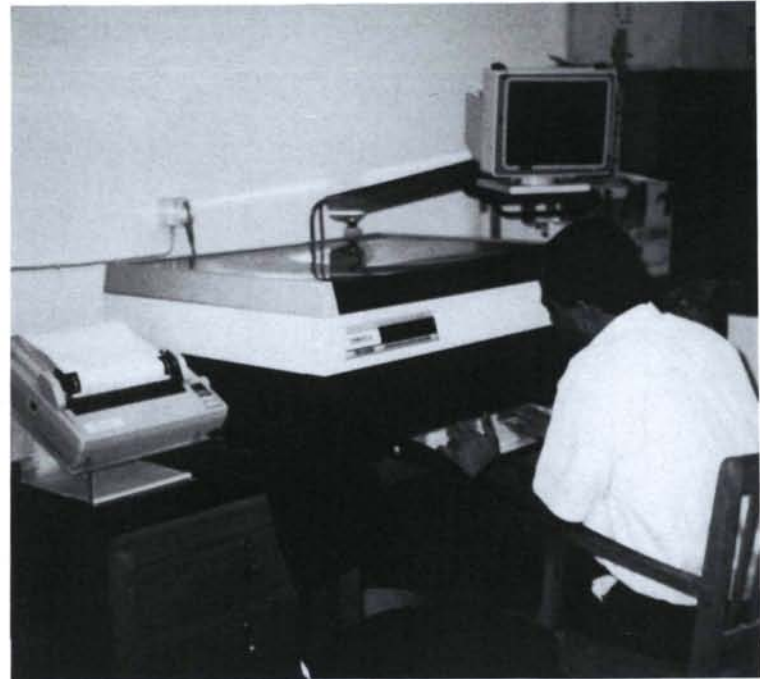
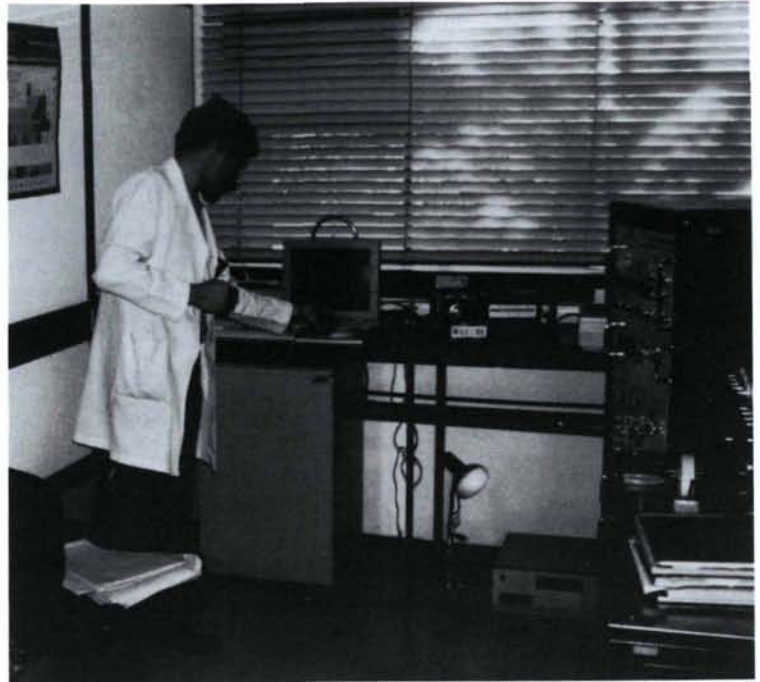
Les isotopes et la recherche hydrologique

Les isotopes de l'environnement abondent dans la nature et leur analyse joue un rôle important dans l'étude scientifique des ressources naturelles de la planète. Fondamentalement, les isotopes sont des formes d'un élément qui diffèrent les uns des autres par leurs propriétés nucléaires, mais non par leurs propriétés chimiques.

Les isotopes de l'environnement sont présents, comme on le sait, en quantités variables dans les différentes masses d'eau, de sorte que les teneurs en divers isotopes et leurs rapports marquent les eaux et permettent d'en déterminer les caractéristiques. Par exemple, ces isotopes indiquent la source des eaux de subsurface, leur alimentation récente par les eaux de pluie et les eaux de surface (problème critique dans les régions arides), l'âge des eaux souterraines et les communications entre les eaux de surface et les eaux souterraines ou entre deux formations aquifères. Grâce à ces isotopes, les hydrologues peuvent étudier les réseaux hydrauliques, généralement d'une grande complexité et, s'il s'agit d'eaux souterraines, directement observables en quelques points seulement. Les isotopes importants pour les hydrologues sont le deutérium (hydrogène 2) et l'oxygène 18, tous deux stables, et le tritium (hydrogène 3) et le carbone 14, qui sont radioactifs.

Les techniques nucléaires fondées sur ces isotopes ont gagné en précision et sont souvent utilisées conjointement avec d'autres méthodes pour l'étude des ressources hydrauliques. Des instruments modernes de grande sensibilité, tels les compteurs à scintillateur liquide, sont capables de détecter avec précision les quantités infimes de radio-isotopes du milieu présents dans les eaux. Ces techniques, parmi d'autres, sont de plus en plus utilisées par les équipes scientifiques des laboratoires d'hydrologie isotopique qui ont été installés dans les pays en développement au cours des 20 dernières années.

En haut: Spectromètre de masse pour la mesure des rapports isotopiques dans un laboratoire de la Commission chilienne de l'énergie atomique.
En bas: Compteur à scintillateur liquide à l'Institut des questions nucléaires de Bogota (Colombie).



ration scientifique car ils mettent en rapport des établissements de pays en développement et de pays industriels. Les liens se resserrent encore lors des réunions de coordination de la recherche organisées à intervalles de 18 à 24 mois, auxquelles assistent des représentants de tous les établissements participants.

A certains égards, les missions d'experts de l'AIEA dans les pays en développement au titre

de projets de coopération technique peuvent contribuer à rompre l'isolement des scientifiques locaux. Récemment, plusieurs experts se sont rendus dans différents pays en développement d'une même région. Tout en présentant des avantages certains, vu que ces experts sont bien au courant des problèmes de la région, cette formule risque de limiter les possibilités qu'ont les scientifiques locaux de se tenir au

courant de la recherche de pointe, et pourrait à la longue aggraver, au contraire, l'isolement des milieux scientifiques locaux et élargir encore le fossé qui sépare les pays développés des pays scientifiquement avancés. Il ne faut cependant pas généraliser, car les qualifications et l'expérience demeurent les principaux critères du choix des experts.

Autres fonctions. Outre l'emploi des techniques isotopiques pour l'étude des problèmes hydrologiques, géochimiques et écologiques, il y a diverses tâches importantes dont un laboratoire d'hydrologie isotopique devrait s'acquitter, avec l'aide et les encouragements de son établissement. En voici quelques-unes:

- Mise en place d'un réseau national permanent de stations d'échantillonnage des précipitations en vue de leur analyse isotopique (tritium, deutérium, oxygène 18). Les résultats permettront à la longue de constituer une base de données qui s'avérera très utile pour les recherches.

- Relevés périodiques de la composition isotopique des cours d'eau, lacs, sources à grand débit et autres masses d'eau, afin de compléter la base de données et de disposer d'une information permettant de décider si d'autres recherches et d'autres applications sont nécessaires.

- Planification et exécution d'expériences de laboratoire pour étudier des processus de fractionnement isotopique qui peuvent se produire dans des conditions particulières rencontrées lors des études *in situ*.

- Donner des cours d'initiation scientifique à l'emploi des isotopes de l'environnement.

- Recevoir des étudiants pour des séances de travaux pratiques en vue de leurs examens universitaires.

Approche équilibrée

Comme il n'y a pas de règle générale régissant l'installation d'un laboratoire d'hydrologie isotopique, chaque cas doit être jugé dans son contexte. La tâche n'est pas facile, bien souvent, mais les quelques considérations ci-après peuvent aider à prendre des décisions judicieuses quant à l'emplacement, au personnel et au fonctionnement du laboratoire envisagé.

Le choix de l'emplacement et le bon fonctionnement du laboratoire dépendent de plusieurs conditions: une bonne infrastructure et des ressources financières suffisantes pour couvrir les frais d'exploitation, l'achat des pièces détachées et les activités sur le terrain.

D'une façon générale, il existe une bonne infrastructure et des services auxiliaires satisfaisants dans les centres de recherche des organismes de l'énergie atomique; les universités sont un peu moins bien dotées à cet égard, mais leur climat intellectuel est stimulant. De leur côté, les organismes qui s'occupent des ressources hydrauliques sont mieux équipés pour recenser et étudier les problèmes hydrologiques d'ordre pratique.

Quant aux besoins financiers, l'appui national au laboratoire d'hydrologie peut s'avérer incertain à la longue pour diverses raisons d'ordre économique ou lorsque les priorités de la recherche sont modifiées. Pour aider les pays, l'AIEA a prévu certains mécanismes dans le cadre de l'Accord régional de coopération (RCA) pour l'Asie et le Pacifique et des arrangements régionaux de coopération pour la promotion des sciences et techniques nucléaires en Amérique latine (ARCAL), qui permettent de fournir un certain appui financier.

Mais le succès d'un laboratoire d'hydrologie isotopique dépend toujours en fin de compte de son personnel. Si le personnel scientifique est bien motivé, compétent et résolu, le laboratoire peut devenir un centre important regroupant les activités nationales en vue de résoudre les problèmes pratiques et protéger les précieuses ressources naturelles.

En Inde, comme dans d'autres pays, on prévoit que la demande d'eau potable augmentera rapidement au cours des prochaines années.

