

# DES PARTENARIATS POUR L'EAU

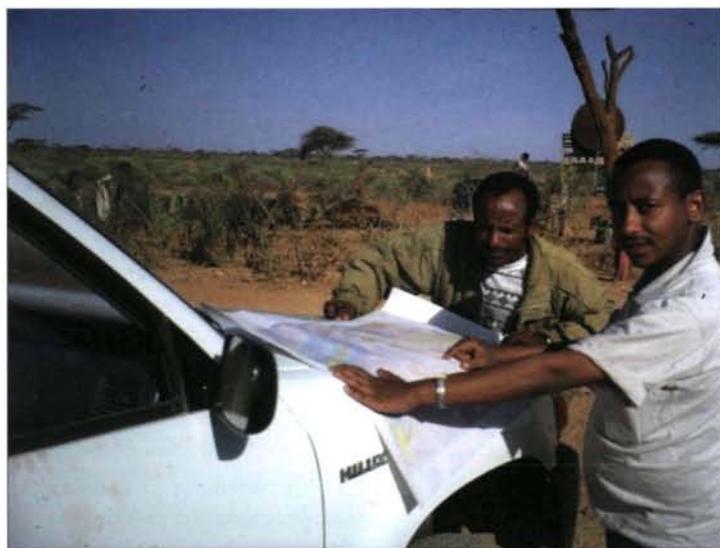
## DES PROJETS RÉGIONAUX DE L'AIEA EN FAVEUR DE L'AFRIQUE METTENT EN VALEUR LES COMPÉTENCES

ALI BOUSSAHA ET ROYAL F. KASTENS

L'eau douce est une ressource précieuse et limitée. Seulement 0,007% environ des eaux de la planète sont accessibles pour la consommation humaine. Si l'on comparait les réserves totales en eau de la Terre à quatre litres, l'eau douce (y compris la neige et la glace) représenterait moins de la moitié d'une tasse (environ 3%), et l'eau facilement accessible ne représenterait qu'environ deux gouttes !

La concurrence pour ces gouttes s'intensifie de façon exponentielle : depuis 1900, la demande d'eau douce, dans le monde, a augmenté de plus de six fois – soit plus de deux fois plus que la population. D'après les estimations, quelque 400 millions de personnes vivent actuellement dans des régions touchées par de graves pénuries d'eau. Dans cinquante ans, quatre milliards d'individus risquent de connaître cette situation. Chaque année, quelque 90 millions d'individus s'ajoutent à la population mondiale ; au cours des trois prochaines décennies, presque tous les pays connaîtront une diminution par habitant de leurs ressources en eau disponibles.

Mais c'est peut-être l'Afrique qui, de toutes les régions, connaît la situation la plus difficile. Son taux annuel de croissance démographique est déjà élevé, et l'on s'attend à ce que cette croissance demeure, dans l'immédiat, supérieure à 2%. La situation de ce continent est exacerbée, dans les zones arides et



semi-arides, par des sécheresses prolongées conjuguées à de fortes pressions démographiques, en particulier dans les zones urbaines, ainsi qu'à une concurrence croissante pour l'eau dans l'agriculture et l'industrie. La plupart des centres urbains africains ont des difficultés à satisfaire, en matière d'approvisionnement en eau et d'assainissement, les besoins de leur population actuelle, et voient se dessiner, s'agissant des problèmes sanitaires, sociaux, économiques et écologiques que

leur réserve l'avenir, des perspectives difficiles.

Les problèmes liés à la rarefaction de l'eau figurent en première place dans les programmes gouvernementaux. Les efforts déployés par les États membres africains de l'AIEA pour résoudre ces problèmes reposent sur des outils d'analyse, des techniques et des moyens institutionnels de plus en plus complexes. Les programmes nationaux de gestion des ressources en eau font l'objet d'une attention croissante et un

---

*M. Boussaha est chef de la Section de l'Afrique de la Division de l'Afrique, de l'Asie orientale et du Pacifique au Département de la coopération technique, et M. Kastens est chef de la Section concepts et planification de ce Département. Ont contribué au présent article M. Pradeep Aggarwal, chef de la Section de l'hydrologie isotopique de la Division des sciences physiques et chimiques au Département des sciences et applications nucléaires et M. C.B. Gaye, de la Section de l'hydrologie isotopique de ce Département.*

*Photo : Dans le cadre d'études financées par l'AIEA, des hydrologues éthiopiens cartographient de façon scientifique les ressources en eaux souterraines (Crédit : Kinley/AIEA)*

grand nombre de partenaires de développement bilatéraux et multilatéraux s'emploient activement à apporter un soutien technique et financier.

Ces dernières années, des institutions du système des Nations Unies, des bailleurs de fonds et des organisations non gouvernementales (ONG) ont joué un rôle essentiel comme promoteurs de politiques et conseillers techniques. Parmi les sources de capitaux d'investissement, c'est la Banque mondiale qui a joué le rôle le plus déterminant. Elle a financé, de 1961 à 1995, de nombreux projets achevés ou en cours relatifs à l'eau, qui représentent un montant total avoisinant 60 milliards de dollars.

Pourtant, d'importants problèmes demeurent. L'aptitude des gouvernements à résoudre les problèmes liés à l'eau est souvent limitée par l'absence de politique appropriée et de cadres d'analyse, y compris les aspects réglementaires de la gestion de l'eau et de la prestation des services. Il en résulte une fragmentation des efforts ainsi qu'une formulation et une mise en œuvre inefficaces de programmes d'évaluation et de gestion des ressources en eau. Même un examen rapide des documents d'orientation, des évaluations de pays et des compilations analytiques établis par les gouvernements et par la communauté internationale révèle que les systèmes de données utilisés pour la gestion des ressources en eau nationales sont généralement inadéquats dans l'ensemble de la région.

L'absence d'informations fiables a d'évidentes conséquences et représente, en particulier, un important obstacle pour appliquer des stratégies et des programmes nationaux efficaces de gestion des ressources en eau.

Les pays africains, avec la coopération active de leurs partenaires de développement, s'emploient de plus en plus à renforcer les infrastructures nationales de gestion des ressources en eau, notamment par le développement des moyens et par l'amélioration des compétences nationales pour ce qui est de planifier, de formuler et de mettre en œuvre des projets de développement dans le secteur de l'eau. Les activités actuelles visent notamment, dans le cadre du développement des moyens techniques nationaux, à intégrer les outils nécessaires pour améliorer encore la mise à disposition de données à l'appui d'une prise de décisions rationnelle.

#### COOPÉRATION TECHNIQUE DE L'AIEA

Un important aspect du renforcement des moyens nationaux de gestion des ressources en eau est la nécessité de mieux comprendre l'interaction humaine et les processus naturels qui entrent en jeu, à divers niveaux, dans le cycle hydrologique. Par exemple, les eaux de surface restent la principale source d'eau douce pour les deux tiers de la population, tandis que pour les populations rurales, les eaux souterraines sont de plus en plus importantes comme principale source d'irrigation permettant de répondre aux besoins nationaux en matière de sécurité alimentaire. De surcroît, les eaux souterraines sont sur-utilisées dans de nombreuses régions, où l'eau est puisée plus rapidement qu'elle ne se reconstitue. Certaines eaux souterraines, appelées "eaux fossiles", ne peuvent se reconstituer car elles se sont déposées à des époques antérieures.

Le pompage excessif d'eaux souterraines a entraîné, dans

certaines régions, une diminution de plusieurs mètres des niveaux d'eau, rendant de plus en plus difficile et onéreux le maintien d'un accès à cette eau ou modifiant la qualité des sources en introduisant une interaction avec des polluants naturels ou artificiels. Ce pompage peut aussi avoir une incidence importante sur le débit de base des cours d'eau, avec des conséquences négatives pour la pêche et les écosystèmes. Le problème de la surexploitation des eaux souterraines devrait s'aggraver au cours des 30 prochaines années.

Dans cette perspective, il est nécessaire de disposer d'informations exactes et opportunes concernant l'âge, la vitesse et les zones d'alimentation des nappes, le mélange entre les masses d'eau, les sources de salinisation, surtout dans les zones arides et semi-arides, ainsi que d'autres paramètres ayant une incidence sur la quantité, la qualité et la durabilité des ressources.

**Applications nucléaires et apparentées.** L'application de techniques nucléaires dans le domaine de l'hydrologie est un moyen important, parfois unique, d'obtenir des informations critiques nécessaires à la gestion des ressources en eau. Dans la plupart des cas, les méthodes d'hydrologie isotopique donnent, pour un problème hydrologique, une définition ou une solution qualitative tandis que parfois, la quantification de paramètres hydrologiques ne peut s'effectuer qu'en appliquant ces méthodes. Ces informations sont indispensables pour déterminer la productivité à long terme d'une nappe, protéger contre la pollution des zones de réalimentation vulnérables, ou limiter l'invasion par de l'eau de mer. Les isotopes fournissent également des données utiles pour contraindre

et valider des modèles de nappes utilisés pour la gestion des eaux. Dans de nombreuses études, les isotopes sont pratiquement "indispensables" (voir encadré, page 20).

L'utilisation des méthodes d'hydrologie isotopique présente d'importants avantages techniques et économiques, en particulier dans le cadre des activités de gestion des eaux. Pour tirer parti de ces avantages, les services de gestion des eaux doivent pouvoir mesurer avec précision les concentrations d'isotopes et bénéficier de la formation nécessaire pour appliquer, développer ou adapter les techniques existantes aux conditions locales.

Dans d'autres domaines, la coopération technique en matière d'hydrologie isotopique est bien définie, tant sur le plan du mandat de l'Agence que sur celui de sa compétence technique. Depuis plus de 40 ans, le programme d'hydrologie isotopique de l'Agence met en place, au niveau national, les moyens permettant de rassembler, d'interpréter et d'appliquer les données isotopiques en

hydrologie. Compte tenu des vastes possibilités qu'offre l'hydrologie isotopique, en particulier dans le contexte de l'Afrique, le Conseil des gouverneurs de l'AIEA a approuvé, en 1994, une stratégie régionale intégrée visant à maximiser les avantages offerts par les activités de transfert de technologie soutenues par l'Agence dans le secteur de l'eau. Depuis 1995, des efforts concertés et systématiques ont été entrepris pour intégrer effectivement les techniques d'hydrologie isotopique aux activités hydrologiques menées dans les États membres. Le lancement, en 1997, de la nouvelle Stratégie de coopération technique de l'Agence a fourni le cadre idéal et les modalités permettant de consolider davantage les mesures prises par les États membres et par l'Agence pour renforcer l'impact des projets d'hydrologie isotopique mis en œuvre en Afrique.

### ÉTUDE DE CAS : PROJETS RÉGIONAUX AFRICAINS

Les pays sont de plus en plus conscients du rôle important que

joue l'hydrologie isotopique et de la contribution potentielle qu'elle peut apporter dans la résolution des problèmes concrets posés par la gestion des ressources en eau. C'est ce qui a incité plusieurs États membres africains à solliciter l'aide de l'Agence pour mettre au point une méthode appropriée d'intégration des techniques isotopiques aux programmes nationaux de gestion des ressources en eau.

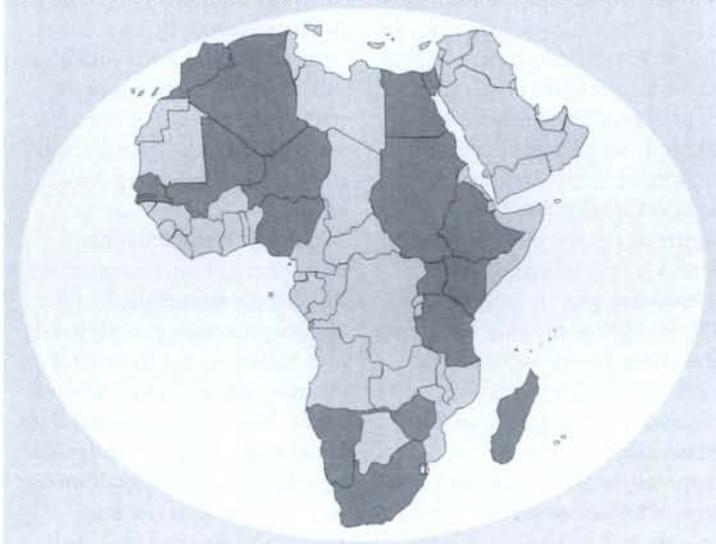
#### Projet modèle régional sur le rôle des isotopes dans la mise en valeur des aquifères.

Répondant à ces demandes, l'Agence a mis au point un projet régional de coopération technique lié à d'importants investissements opérés dans le secteur de l'eau avec le soutien financier des pouvoirs publics et/ou de bailleurs de fonds. Lancé en 1995, ce projet s'est ouvert par une première phase (1995-1997) associant quatre pays (Égypte, Éthiopie, Maroc et Sénégal). Il a été prolongé en 1997 pour inclure, dans une deuxième phase, cinq autres pays (Algérie, Mali, Niger, Nigeria et Soudan).

Cette entreprise avait pour objet 1) de démontrer l'impact concret, à court terme, des techniques d'hydrologie isotopique et 2) de contribuer aux activités de développement infrastructurel à long terme mises en œuvre par les États membres pour pouvoir mieux gérer leurs ressources en eau.

Un but important a été d'établir le dialogue avec les utilisateurs finals afin de maximiser les avantages de la coopération technique. Lors de la conception et de la formulation des activités opérationnelles, il a été porté une attention particulière au cadre institutionnel et opérationnel national, et des efforts particuliers ont été consentis pour établir des liens avec d'autres programmes

#### PAYS PARTICIPANT À DES PROJETS RÉGIONAUX DE GESTION DES EAUX MIS EN ŒUVRE PAR L'AIEA EN AFRIQUE



## DÉVELOPPEMENT ET RESSOURCES EN EAU

Les méthodes isotopiques fournissent de précieuses informations et données qui permettent de mieux comprendre les problèmes de développement inhérents à la gestion des ressources en eau. Ces méthodes sont notamment les suivantes :

### Amélioration de l'évaluation des ressources en eau

■ *Réalimentation/rejets naturels – estimation du bilan hydrologique.* Détermination des sources et des zones de réalimentation (essentielle pour déterminer le bilan hydrologique et l'offre d'eau) ; détermination des processus de réalimentation (mode et dynamique) ; estimation de la vitesse de réalimentation ; et estimation de la vitesse de diffusion des rejets.

■ *Eaux fossiles – fréquentes dans les zones arides.* Cartographie de l'occurrence des eaux, en particulier des aquifères transfrontaliers ; amélioration de l'évaluation de la relation hydraulique avec les masses d'eaux de surface/souterraines adjacentes ; estimation des ressources.

■ *Vérification du bilan hydrologique par la modélisation des flux souterrains.* Les applications isotopiques peuvent permettre de confirmer des

observations réalisées au moyen d'études hydrologiques traditionnelles.

### Gestion des eaux souterraines

■ *Pollution des eaux souterraines.* Identification de certaines sources et processus ; établissement des modes de transport des polluants et de leur dynamique ; validation/étalonnage de modèles de transport des polluants ; évaluation, aux fins de la prise de décisions, de la vulnérabilité des nappes à la pollution.

■ *Exploitation et surexploitation des eaux souterraines.* Évaluation de la source et du processus de salinisation des eaux souterraines ; évaluation des conséquences néfastes de l'exploitation.

■ *Réalimentation artificielle des eaux souterraines.* Évaluation de l'efficacité de différentes méthodes de réalimentation ; identification des sites les plus appropriés de réalimentation compte tenu des conditions hydrogéologiques.

■ *Incidence de la réutilisation des eaux usées sur les eaux souterraines.*

financés, dans certains pays, par des bailleurs de fonds.

Pendant le processus de formulation, d'importantes consultations ont eu lieu avec les États membres. Ces consultations avaient pour but d'obtenir des autorités nationales chargées de la gestion de l'eau qu'elles participent et contribuent activement aux projets d'hydrologie isotopique. Le fait d'associer à un stade précoce ces autorités ou les utilisateurs finals aux projets de coopération technique avait pour but d'établir de solides relations fonctionnelles avec les autorités nationales chargées de l'énergie atomique, les établissements techniques intéressés et les départements universitaires d'hydrologie.

Dans tous les pays, les activités de projet ont porté sur des problèmes de développement revêtant une grande importance. Quelques exemples précis d'études de terrain et d'activités menées dans certains pays illustrent bien le travail accompli.

■ *Égypte.* L'Égypte fait face à une grave pénurie d'eau douce. La réalisation du haut barrage d'Assouân et la régulation par les pouvoirs publics des déversements d'eau en aval du barrage ont aidé à limiter les déversements d'eau dans la mer. En conséquence, un volume plus important d'eau a été mis à disposition pour la mise en valeur de nouvelles terres en bordure de la plaine alluviale du Nil. Cependant, en raison de la quantité limitée d'eaux de surface, les nouveaux projets de mise en valeur de terres dépendent totalement d'eaux souterraines pompées localement. Deux projets de ce type mis en œuvre à Wadi Qena et à Esna ont été sélectionnés pour le projet d'hydrologie isotopique. Ces deux sites couvrent une superficie de 4500 km<sup>2</sup>, où les nappes descendent jusqu'à environ 200 mètres. La durabilité de l'approvisionnement en eau dépend fortement du maintien de l'existence d'eaux souterraines,

tant en qualité qu'en quantité. Les résultats d'études antérieures ont fait ressortir une importante interaction entre les eaux souterraines de différentes nappes.

Les études d'hydrologie isotopique ont mis en évidence des caractéristiques isotopiques distinctes entre les eaux souterraines du système aquifère du Nil et celles des nappes de grès nubiennes voisines. La relation entre les eaux récentes du Nil, les eaux anciennes (en amont du barrage d'Assouân) et leur contribution à la réalimentation des nappes a également été définie.

Outre la réalimentation provenant des eaux actuelles du Nil, il a été estimé que les eaux fossiles provenant des nappes de grès nubiennes représentaient environ 30% de l'alimentation totale des nappes exploitées dans le cadre de programmes de mise en valeur de terres. Les données de réalimentation des eaux souterraines compilées dans le

cadre de cette étude devraient faciliter le développement durable des ressources en eau et permettre la mise en œuvre d'autres projets de mise en valeur de terres en bordure du désert.

■ **Sénégal.** Au Sénégal, on a réévalué le potentiel représenté par les réserves d'eaux souterraines de la péninsule du Cap-Vert. Cette région englobe la capitale Dakar, qui souffre d'une grave pénurie d'eau. Les études isotopiques ont fourni des données critiques qui faciliteront la gestion durable des systèmes aquifères utilisés pour approvisionner la ville en eau d'alimentation.

■ **Maroc.** Deux régions des zones pauvres en eau du sud du Maroc (Tafilalet et Guelmine) ont été sélectionnées pour le projet régional. Les études isotopiques ont permis de mieux comprendre les systèmes aquifères des deux régions. Dans la région de Tafilalet, il est apparu que l'une des nappes était exploitée en présence d'activités minières ; il a donc été décidé de fermer cinq puits artésiens. Dans la région de Guelmine, on a établi qu'il était possible de réalimenter artificiellement la nappe de Seyyad à l'aide d'eaux de surface ; un site adapté a donc été choisi à cette fin grâce à l'étude isotopique.

■ **Éthiopie.** L'étude de la réalimentation des eaux souterraines a porté sur la région de Moyale, située dans le sud de l'Éthiopie. Les sécheresses récurrentes dans cette région, qui compte environ trois millions d'habitants, créent une pénurie chronique d'eau d'alimentation et d'irrigation. Les résultats des études d'hydrologie isotopique font apparaître une réalimentation généralisée des eaux souterraines par les précipitations, mais à une vitesse nettement inférieure aux estimations antérieures. L'étude a

également mis en évidence le potentiel durable que présentent deux nappes situées dans des formations sédimentaires et fracturées de la région de Moyale, qui pourraient éventuellement servir pour l'approvisionnement en eau des exploitations rurales.

**Projet modèle régional de mise en valeur durable des eaux souterraines.** Suite au succès rencontré par le projet régional de 1995 et aux enseignements tirés en matière de formulation et de mise en œuvre des projets, un deuxième projet modèle régional a été lancé en 1999 pour l'Afrique méridionale et orientale. Ce projet, qui associe sept pays (Kenya, Madagascar, Namibie, Afrique du Sud, Tanzanie, Ouganda et Zimbabwe), revêt la forme d'une série de sous-projets nationaux parallèles orientés vers l'action de terrain. Le volet régional du projet a été conçu pour promouvoir la coopération ainsi que l'échange d'informations et de données d'expérience entre les pays participants, et pour renforcer encore l'offre régionale d'applications isotopiques. Il a globalement pour objectif de résoudre les problèmes concrets posés par la mise en valeur et la gestion des eaux souterraines présentes dans les formations de roches dures fracturées et dans les systèmes aquifères alluviaux, où les problèmes de salinisation, de pollution et de surexploitation suscitent de vives préoccupations.

Certaines activités mises en œuvre au niveau national sont décrites ci-après.

■ **Madagascar.** À Madagascar, l'assistance de l'AIEA a pour objectifs spécifiques d'établir la dynamique des eaux souterraines et d'évaluer la nature et l'origine des problèmes de qualité des eaux souterraines dans la partie méridionale du pays. Ces activités complètent, tout en s'intégrant à ces dernières, les activités plus

vastes de mise en valeur et de gestion des ressources en eau menées par divers organismes internationaux, dont le Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF), la Banque mondiale, le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et l'Agence japonaise pour la coopération internationale. Ce projet est exécuté conjointement par la Direction de l'exploitation des eaux et par l'Institut national des sciences et des techniques nucléaires. Par ailleurs, un comité national de direction du projet associant toutes les parties concernées du secteur de l'eau est en cours d'organisation.

■ **Afrique du Sud.** Le sous-projet sud-africain porte sur l'évaluation des eaux souterraines disponibles dans la région de la faille de Taaibosch (Province du Nord). Il a été procédé à l'étude préliminaire d'un système d'approvisionnement en eau de plusieurs villages comptant une population totale d'environ 60 000 habitants. La mise en œuvre du projet dépendra du fait de savoir si les ressources en eaux souterraines locales sont suffisantes pour répondre, à long terme, à la demande prévue. L'équipe de projet est administrée par le Département des eaux et forêts, et l'administration considère le projet de Taaibosch comme une étude pilote en vue de l'évaluation des eaux souterraines dans chaque région et sur tout le territoire de l'Afrique du Sud.

Une partie importante de la mise en œuvre du projet est soustraite à une société de conseil privée. Des services d'analyse et d'interprétation des données sont assurés par un centre universitaire de recherche nucléaire, qui soutient également (en tant qu'établissement régional) les activités menées dans les autres pays participant au projet modèle régional. Le Département des

## CONSOLIDATION DES MOYENS D'HYDROLOGIE ISOTOPIQUE EN AFRIQUE

L'AIEA met actuellement au point un plan stratégique visant à donner durablement aux pays d'Afrique les moyens de bénéficier des applications de l'hydrologie isotopique. L'objectif primordial de ce plan est de promouvoir une gestion intégrée et durable des ressources en eau.

Les principaux volets du plan sont les suivants :

- **renforcement des moyens institutionnels et des compétences des personnels.**
- **promotion de la participation des acteurs concernés et du secteur privé.**
- **encouragement de la coopération et de la collaboration régionales.**
- **soutien aux programmes nationaux à moyen et long termes.**
- **amélioration des systèmes de données et d'information.**

eaux et forêts collabore avec la Commission de recherche hydrologique afin de constituer un comité de direction du projet et y inclure des représentants d'autres organismes publics sud-africains actifs dans le domaine de l'eau.

■ **Zimbabwe.** Au Zimbabwe, des ressources en eaux souterraines s'étendant sur environ 4000 km<sup>2</sup> sont en cours de caractérisation dans l'alluvionnement de la Save, dans la partie méridionale du pays. La Save s'écoule en direction du sud, vers le Mozambique. Il a été établi, du système aquifère de cette rivière, un modèle qui sert à orienter les activités de terrain.

Les sous-projets nationaux composant cette activité régionale font partie intégrante de programmes gouvernementaux hautement prioritaires. Souvent, ces programmes sont financés par des donateurs bilatéraux et multilatéraux, et l'aide de l'Agence est requise pour soutenir des études en cours lorsque les techniques hydrogéologiques classiques ne permettent pas de tirer des conclusions définitives. Les changements récemment intervenus, dans certains pays, dans la législation relative à l'eau et dans l'affectation des ressources favorisent également une meilleure compréhension

technique des réserves d'eau disponibles et une répartition plus équitable et rationnelle de ces ressources.

### DÉFIS À RELEVER

Si le Programme d'hydrologie isotopique de l'Agence a largement contribué à favoriser la réalisation d'études conceptuelles et la mise au point d'applications pratiques dans ce domaine, d'importants problèmes restent à résoudre pour intégrer les méthodes isotopiques dans le secteur de l'eau. À cette fin, l'AIEA a défini les éléments d'une stratégie visant à renforcer l'aptitude des États membres à utiliser l'hydrologie isotopique dans la gestion de leurs ressources en eau (*voir encadré, ci-contre*).

L'hydrologie isotopique peut permettre d'améliorer globalement la gestion des ressources en eau, mais elle doit d'abord être reconnue comme étant un instrument clé facilitant la prise de décisions face à certains problèmes. Souvent, les partenaires de l'Agence qui travaillent dans des laboratoires d'hydrologie isotopique ne connaissent pas les besoins et les exigences en matière de données des sociétés d'ingénierie auxquelles les organismes de gestion des eaux s'adressent pour étudier et résoudre les problèmes

liés à la rareté et à la qualité de l'eau.

C'est pourquoi la stratégie appliquée dans le cadre du Programme de coopération technique de l'Agence consiste à placer l'accent sur des projets qui visent à apporter des solutions précises à un problème technique et à conclure des partenariats avec des intervenants nationaux et internationaux. Les partenariats conclus avec la Banque mondiale et avec d'autres institutions financières internationales sont particulièrement importants car généralement, les programmes financés par des capitaux extérieurs traduisent à la fois une priorité élevée et un ferme engagement des autorités nationales.

L'expérience montre que les techniques isotopiques permettent d'obtenir des données techniques et des informations qui peuvent aider les principaux intervenants associés à la gestion de l'eau à prendre des décisions et à protéger les investissements opérés au niveau national. Ces contributions ne prennent cependant pleinement leur valeur que si elles répondent directement aux objectifs fixés à l'échelon national dans ce domaine. C'est pourquoi, si l'on veut satisfaire les besoins en matière de données et d'informations des organismes nationaux de gestion des eaux, il est impératif de programmer avec soin les projets de coopération technique de l'AIEA dans le domaine de l'hydrologie isotopique. Les activités menées dans le cadre des derniers projets régionaux mis en œuvre en Afrique méridionale et orientale illustrent bien ces efforts. Une éventuelle troisième génération d'activités aura pour but de lier les moyens mis en place dans les régions septentrionale, méridionale et orientale de l'Afrique à ceux faisant leur apparition en Afrique occidentale. □