

## Surveillance du milieu marin

*Au Laboratoire international de radioactivité marine de Monaco, on apprend à mesurer la contamination des mers*

par S.W. Fowler, E. Holm et L.D. Mee

Le Laboratoire international de radioactivité marine que l'AIEA dirige à Monaco enseigne à des ressortissants d'Etats Membres les techniques modernes de mesure des contaminants, radioactifs ou non, du milieu marin, en vue de l'étude de leur éventuel cheminement jusqu'à l'homme\*. L'étude de la pollution marine relève de nombreuses disciplines que l'on retrouve nécessairement dans les programmes de formation du Laboratoire.

La plupart des débutants dans ce domaine doivent d'abord savoir comment surveiller le milieu marin à proximité d'une installation nucléaire le plus efficacement et le plus économiquement possible. Comme le personnel national disponible est souvent peu nombreux, il faut savoir précisément ce que l'on veut surveiller, comment le faire et avec quelle fréquence, et enfin comment interpréter les résultats. Pour mener à bien ce travail, il faut évidemment avoir de bonnes connaissances de radiochimie et de biologie marines que l'on peut précisément acquérir auprès des sections de radiogéochimie et de radioécologie du Laboratoire.

Tout programme général de surveillance de la radioactivité marine doit chercher à déterminer comment les radionucléides sont accumulés par les organismes marins de la chaîne alimentaire et dans quelle mesure ils peuvent atteindre l'homme. La section de radioécologie étudie la chaîne alimentaire pour tenter de répondre à ces questions; les stagiaires et les boursiers participent pleinement et régulièrement à ce travail, apprenant ainsi les techniques d'élevage et d'entretien des organismes à étudier, les méthodes d'évaluation de leur capacité de concentration des radionucléides et les techniques courantes de mesure de la radioactivité biofixée. Cette formation pratique doit permettre aux stagiaires d'acquérir les connaissances grâce auxquelles ils pourront prédire plus sûrement le mouvement et le transfert biologique des radionucléides parmi les organismes marins de la chaîne alimentaire particuliers à leur pays.

Les trois auteurs sont respectivement chefs des sections de radioécologie, de radiogéochimie et d'étude du milieu marin, du Laboratoire international de radioactivité marine de Monaco, 2 avenue Prince Héréditaire Albert, MC-98000 Monaco.

\* Pour le programme du Laboratoire, voir le *Bulletin*, vol. 29, n° 3 (1987).

### Programmes de radioécologie

Les programmes de radioécologie marine comportent aussi la recherche des espèces qui ont la faculté de retenir sélectivement certains radionucléides et de les concentrer suffisamment pour qu'il soit aisé de les mesurer à l'aide des techniques usuelles de radiométrie. Ces «bioindicateurs» permettent de détecter rapidement la contamination radioactive qui pourrait autrement passer inaperçue, vu la longue durée et la complexité des analyses qu'implique la mesure des faibles niveaux de radioactivité dans l'eau de mer. Les stagiaires apprennent à connaître les organismes les plus intéressants comme indicateurs et étudient plus spécialement ceux qui vivent aussi dans les eaux de leur pays, ainsi que les méthodes de collecte et de conservation des spécimens. De même, une grande place est faite aux techniques permettant de déterminer les effets des facteurs environnementaux et biologiques tels la salinité, la température, la lumière, la saison, la croissance, la phase reproductive, le sexe, la taille, qui peuvent avoir une grande influence sur les processus et les taux de bioaccumulation des radionucléides dans ces organismes.

Enfin, la formation comporte aussi la démonstration des techniques de collecte de matières biologiques et d'organismes vivants, faite à l'occasion de fréquentes sorties en mer, dont certaines d'assez longue durée, à bord de deux bateaux appartenant au Musée océanographique de Monaco, le *Winnereta Singer* et le *R/V Physalie*. Les stagiaires et boursiers apprennent ainsi les méthodes classiques de collecte océanographique et le maniement des filets à phytoplancton et à zooplancton, des chaluts flottants pour la capture des crevettes et poissons de plus grande taille et des dragues servant à recueillir les espèces benthiques ou vivant dans les sédiments. Ils apprennent aussi à traiter et à conserver les espèces vivantes destinées au Laboratoire et à préparer sans contamination les matières biologiques utilisées pour la mesure des faibles niveaux de radioactivité environnementale. Récemment, le personnel du Laboratoire s'est familiarisé avec l'emploi d'un engin très perfectionné pouvant prélever automatiquement des séries d'échantillons de fond contenant les fines particules biologiques qui entraînent les radionucléides. Ces techniques sont directement

utilisables dans le cadre de nombreux programmes de surveillance radiologique des écosystèmes côtiers.

De fait, le Laboratoire de Monaco est particulièrement bien adapté à ce genre de formation dans le milieu et en laboratoire, car il est situé à proximité immédiate de la mer, peut utiliser librement des navires océanographiques pour recueillir les échantillons nécessaires à ses travaux et dispose d'une série d'aquariums d'eau de mer pour ses expériences. On s'attend même que ses moyens d'enseignement vont encore s'améliorer après sa récente installation dans de nouveaux locaux.

### Programme de radiochimie

La section de radiogéochimie offre aussi un riche programme de formation dans le milieu et en laboratoire, notamment sur la détection des faibles niveaux de radioactivité dans les matières de l'environnement. Le choix de la méthode analytique est généralement déterminant pour la qualité des mesures nécessaires à l'étude de la radioactivité du milieu marin. Il s'agit parfois de méthodes simples, mais l'examen des échantillons du milieu exige la plupart du temps des techniques très étudiées de séparation radiochimique ou des procédés raffinés de spectrométrie nucléaire. C'est pourquoi toute cette technologie est inscrite au programme des stages du Laboratoire, plus spécialement pour l'étude des radionucléides émetteurs alpha, bêta et gamma, afin que les stagiaires en soient suffisamment instruits pour être capables, une fois de retour dans leur pays, de les appliquer correctement dans le cadre de leurs programmes nationaux. Si cet objectif est atteint, la qualité de leurs travaux ne pourra être mise en doute et garantira le succès des programmes de contrôle radiologique au voisinage des installations nucléaires, de détection de la contamination radioactive transfrontalière, et d'études géochimiques à l'aide de substances radioactives. Ces spécialités occupent une grande place dans bon nombre de projets d'assistance technique de l'AIEA.

Pour la plupart, les demandes de formation en radiochimie marine que l'AIEA reçoit de ses Etats Membres concernent l'analyse des actinides, plus spécialement les isotopes du plutonium et l'américium 241, probablement parce qu'ils savent que le Laboratoire de Monaco a une longue expérience de la mesure des nucléides transuraniens. Ces analyses délicates demandent beaucoup de temps et ne peuvent être confiées qu'à un personnel spécialement formé. Le programme des stages est généralement adapté aux demandes, mais il est clair que, dans le cas des actinides, la formation sera plus utile aux études géochimiques qu'à la surveillance de l'environnement des installations nucléaires. Après l'accident de Tchernobyl, on a noté une nette tendance à s'intéresser davantage aux techniques nouvelles de spectrométrie gamma appliquées à la surveillance du milieu marin.

Des conseils sont donnés aux stagiaires pour les aider à bien choisir les instruments de mesure alpha et bêta et de spectrométrie gamma, et on leur indique où se procurer certains articles indispensables, tels les indicateurs de rendement radiochimique. On leur apprend également à réaliser des dispositifs d'électro-

lyse, à préparer des sources, à étalonner des spectromètres et à évaluer des données.

Les stages durent généralement de trois à douze mois, selon le niveau de connaissances et l'expérience préalable des participants, ce qui permet la plupart du temps d'acquiescer la formation voulue. Normalement, les stagiaires qui passent plus d'une année au Laboratoire participent directement à un travail scientifique précis au cours duquel ils peuvent acquiescer la pratique des applications des diverses méthodes utilisées.

Pour l'étude de la radioactivité marine, il importe d'employer des méthodes normalisées et de veiller tout spécialement au contrôle de la qualité. Les méthodes internationalement connues que l'on utilise à l'heure actuelle exigent souvent l'emploi de réactifs onéreux qu'il faut choisir avec soin et dont il n'existe qu'un nombre limité de fournisseurs dans le monde. Le stagiaire est ainsi averti des problèmes qui peuvent en résulter et on l'informe par ailleurs de l'existence de matières de référence et du programme de contrôle de la qualité assuré par le Laboratoire.

### Activités complémentaires

Le succès des stages dépend aussi de leur suivi. C'est pourquoi, après le retour du stagiaire dans son pays, le Laboratoire y envoie souvent un spécialiste pour aider à mettre en route le service d'analyse et à procéder aux mesures dans les conditions locales, travail qui implique, entre autres choses, le déverminage du matériel, l'adaptation des techniques et l'évaluation des résultats obtenus sur place. Ces missions permettent en outre à l'instructeur de mieux connaître les conditions locales et d'ajuster en conséquence le programme des stages au Laboratoire.

### Surveillance de la pollution marine

La section d'étude du milieu marin a été créée au Laboratoire en 1986 pour concrétiser l'intérêt que l'AIEA et d'autres organisations de l'ONU et non gouvernementales portent au problème des contaminants non radioactifs du milieu marin, en réponse aux préoccupations exprimées par la communauté internationale. Ce laboratoire, seul de son genre dans le système des Nations Unies, bénéficie de l'appui du programme du PNUE sur les mers régionales et de la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO. Profitant des initiatives et des travaux de l'AIEA dans le domaine du contrôle de la qualité des analyses, il est devenu un centre important pour l'étude et l'essai de méthodes analytiques, l'étalonnage à l'échelon mondial et régional, la recherche et les opérations pilotes de surveillance, et la réalisation de programmes régionaux d'assurance de la qualité des données. Rappelons ici que les techniques nucléaires sont également très utiles pour l'étude des contaminants non radioactifs, soit par le biais de l'analyse par activation neutronique en laboratoire, soit à l'aide d'analogues de contaminants organiques, radiomarqués et introduits dans un microcosme contrôlé.

La formation fait donc partie intégrante des activités de la section, surtout dans le cadre des programmes

d'assurance de la qualité des données. Ces programmes sont actuellement menés à l'échelle pilote dans le bassin méditerranéen et la région du golfe Persique en collaboration avec les plans d'action du PNUE pour la Méditerranée et le Koweït, et seront probablement étendus à d'autres régions — Afrique de l'Ouest, Caraïbes et Amérique du Sud, par exemple. Des analystes affectés aux programmes nationaux de surveillance de la pollution marine reçoivent au Laboratoire une formation spécialisée en analyse des hydrocarbures chlorés (pesticides et autres), des métaux toxiques à l'état de traces et des résidus d'hydrocarbures du pétrole.

Lorsque le stagiaire est de retour à son laboratoire, il reçoit la visite d'une mission d'échantillonnage composée d'un spécialiste de la section de Monaco et d'un ingénieur de maintenance, aussi de Monaco et agréé par le PNUE, qui participe à une opération de surveillance de routine. L'ingénieur veille au bon fonctionnement du matériel d'analyse et explique les principes de l'étalonnage et de l'entretien. De son côté, le spécialiste se mêle à l'équipe locale pour lui donner des conseils pratiques et compléter éventuellement la formation de base que le stagiaire a reçue à Monaco. Vers la fin de son séjour, il aide l'équipe à préparer un bon lot d'étalons de travail à usage interne qui, après le départ de la mission, sont régulièrement contrôlés par le service national central afin d'assurer la continuité de la qualité des données. Tous les stagiaires sont par ailleurs invités à participer aux opérations d'étalonnage comparé organisées par l'AIEA et à appliquer les méthodes normalisées recommandées par l'AIEA, le PNUE et la Commission océanographique intergouvernementale, dont un recueil est publié au Laboratoire de Monaco.

En 1988, trois pays — l'Egypte, l'Algérie et le Maroc — ont été choisis pour le programme d'assurance de la qualité de la Méditerranée. Pendant le premier trimestre, huit analystes de ces pays ont reçu une formation

spécialisée à Monaco, et la première mission d'échantillonnage a eu lieu en avril.

La section offre également des stages individuels à des scientifiques d'Etats Membres qui souhaitent se familiariser avec la mesure des polluants marins. Les paramètres étudiés sont constamment revus, et les nouveaux contaminants de première ligne sur le plan international, dont le mercure et l'étain organiques, sont déjà inscrits au programme du Laboratoire. Une place importante est faite non seulement aux méthodes d'analyse, mais aussi à la stratégie et aux techniques d'échantillonnage ainsi qu'à l'exploitation des données pour déterminer l'étendue de la pollution. Des scientifiques venus d'Iraq et du Nigéria ont récemment terminé des cours de un et deux mois et des participants d'Amérique latine leur succéderont au courant de l'année.

Des membres du personnel du Laboratoire sont allés dans plusieurs Etats Membres donner des cours en anglais, français et espagnol sur diverses questions de pollution marine. Un programme de formation collective à l'intention des utilisateurs sur la maintenance et l'étalonnage du matériel d'analyse est en préparation.

De même que les autres sections du Laboratoire, la section d'étude du milieu marin ne conçoit pas la formation comme un enseignement passif en salle de classe ou en laboratoire, mais comme un processus dynamique et interactif auquel les stagiaires ne cessent plus de participer, même longtemps après leur premier séjour à Monaco. De par sa participation active aux projets pilotes de surveillance et de recherche, aux conférences et aux groupes de travail scientifiques, le personnel de la section est en mesure de choisir, parmi les méthodes et techniques nouvelles d'étude de la pollution, celles qui s'accordent le mieux aux compétences réelles et aux priorités des laboratoires homologues des Etats Membres, et peut ainsi proposer des programmes de formation et des exercices complémentaires qui répondent aux besoins.

