

# Etude radioécologique de la mer Noire: nouvelles de Roumanie

*Des océanographes sont engagés en Roumanie dans une série d'opérations nationales et internationales de surveillance du milieu marin*

par Alexandru Bologa

**G**rand bassin pratiquement fermé, sans marées et baignant les rivages de six pays, la mer Noire est vue comme un «*unicum hydrobiologicum*» à cause de ses particularités physiques, chimiques et biologiques. Contrairement aux autres mers, elle souffre en permanence d'un manque d'oxygène, ou d'anoxie, au-delà de 150 à 200 mètres de profondeur.

Les niveaux de radioactivité ont fait l'objet d'études systématiques par les Etats riverains et diverses organisations y ont participé à plusieurs croisières océanographiques internationales. Après l'accident de Tchernobyl de 1986, une étude radioécologique de la mer Noire a suscité un intérêt croissant en Roumanie ainsi que dans un certain nombre d'autres pays. L'étude comportait des analyses de la radioactivité de composés abiotiques et biotiques, et des expériences sur la biocinétique des radionucléides dans le milieu marin.

En Roumanie, ces travaux revêtent une importance particulière. La nécessité de mesurer les niveaux de radioactivité s'explique surtout par la persistance des retombées, la présence du Danube et les perspectives de la production d'électricité d'origine nucléaire. Le Danube est le principal collecteur de déchets radioactifs provenant de ses sept pays riverains, avant de déboucher dans la mer Noire; ce grand fleuve, qui compte pour 80% de l'apport total d'eau douce à la mer, peut lui aussi contribuer à la radiocontamination de l'écosystème marin. L'exploitation de l'énergie nucléaire dans l'avenir, lorsque la construction de la centrale de Cernavoda (Roumanie) sera achevée, constituera — malgré toutes les assurances — une autre source possible de déchets radioactifs ayant un impact sur l'environnement.

Cet article présente l'essentiel des travaux de recherche de la Roumanie sur le milieu marin de la

mer Noire, avec un aperçu de la participation du pays à des projets régionaux et internationaux dans ce domaine.

## Activités nationales de recherche

L'étude de la radioactivité de certains composants de l'environnement de la zone roumaine de la mer Noire a été faite sporadiquement par divers laboratoires depuis 1962. A partir de 1978, l'Institut roumain de recherche marine s'est mis à l'étude systématique de la radioactivité grâce à un réseau de stations permanentes situées dans le delta du Danube, limite méridionale du littoral roumain, et à l'occasion en haute mer jusqu'à 90 milles marins de la côte. Avant 1983, la campagne était menée avec l'aide du Laboratoire de radiobiologie de l'Hôpital Fundeni, puis en étroite collaboration avec le Laboratoire de recherche sur la radioactivité ambiante attaché à l'Institut de météorologie et d'hydrologie. Le programme de contrôle radiobiologique a permis d'acquiescer une base de données bien fournie portant sur plus de dix années.

Cette surveillance a plusieurs raisons d'être. Elle vise notamment à préciser les niveaux de radioactivité du milieu marin à titre de référence avant la mise en service de la centrale nucléaire. Elle a également pour objet le choix de bio-indicateurs en vue d'étudier la contamination radioactive de l'écosystème marin et de déterminer expérimentalement les quantités de radionucléides critiques éventuellement accumulées dans les organismes et systèmes biologiques marins pouvant avoir, directement ou indirectement, une influence sur l'environnement et la santé de l'être humain.

La tâche principale consiste à compléter la base de données sur la radioactivité marine. Ces données serviront à étudier systématiquement les coefficients de distribution des sédiments marins et des eaux ainsi que les facteurs de concentration chez les espèces

M. Bologa est biologiste et directeur scientifique adjoint de l'Institut roumain de recherche marine, B-dul Mamaia, n° 300, Constantza 3, Roumanie RO-8700.

locales concernées. On procède également à des évaluations des doses individuelles et collectives tant internes qu'externes dues à la radioactivité de la mer et résultant de l'immersion ou de la consommation alimentaire.

Des échantillons de sédiments, d'eau de mer et de biote (macrophytes, mollusques, poissons benthiques et pélagiques) ont été régulièrement prélevés à intervalles de 1 mois, 3 mois et 6 mois. Les paramètres physico-chimiques de tous les échantillons d'eau de mer — température, salinité, pH et teneur en O<sub>2</sub> — ont également été mesurés. Les résultats ont permis à l'équipe de chercheurs de déterminer la radioactivité à l'état brut, la radioactivité gamma des sédiments, de l'eau et des biotes, les coefficients de distribution de certains radionucléides entre l'eau et les sédiments, et les facteurs de concentration dans les organismes marins.

On a constaté chez certaines algues des facteurs significatifs de concentration des radionucléides des familles de l'uranium-radium et du thorium. On a également constaté des concentrations de produits de fission (provenant d'anciens essais nucléaires dans l'atmosphère et de la contamination de l'environnement consécutive à l'accident de Tchernobyl) dans différents composants biologiques et autres du milieu marin.

Le césium 134 et le césium 137 ont fait l'objet d'une attention spéciale car ce sont des nucléides importants pour lesquels les organisations internationales ont fixé des teneurs maximales permises dans les produits alimentaires, à la suite de l'accident de Tchernobyl de 1986. C'est pourquoi les études roumaines se sont spécialement attachées au calcul des concentrations de césium 137 dans les sédiments et dans l'eau de la zone pré-danubienne de la mer.

Les facteurs de concentration de césium 137 dans l'environnement de divers organismes de la mer Noire ont également été évalués. Dans la zone roumaine, les teneurs maximales de césium dans l'eau et dans les poissons ont été relevées en 1987, dans les macrophytes et mollusques en 1988 et dans les sédiments en 1990 et 1991.

Les rapports isotopiques césium 137/césium 134 dans les sédiments et dans l'eau ont montré que l'accident de Tchernobyl a été une source de contamination radioactive le long du littoral roumain. En outre, la teneur en radionucléides émetteurs gamma artificiels dans cette zone a diminué de façon continue dans tous les composants (sédiments, eau de mer, biotes) par rapport à 1986. Cette diminution était plus progressive en 1990-1991 que l'année précédente. La décroissance relativement lente des teneurs des sédiments en césium 137 par rapport aux teneurs de l'eau ont confirmé l'aptitude des sédiments à concentrer les radionucléides.

A partir de 1987 et pendant les années suivantes, les plus fortes teneurs en césium 134 et 137 des organismes marins comestibles (poissons, mollusques) de ce secteur sont demeurées inférieures aux teneurs maximales autorisées dans les denrées alimentaires

par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

L'analyse des données que l'on ne cesse de collecter sur la radioactivité gamma dans la zone roumaine donne à penser qu'il faut continuer de surveiller les radionucléides critiques dans la mer Noire. Cela permettra de mieux comprendre les cycles biochimiques des radionucléides et leur importance radiologique pour la santé de l'être humain.

Les facteurs de concentration du fer 54, du cobalt 60, du zinc 65, du strontium 85 et 89, de l'iode 131 et du césium 134 ont été déterminés expérimentalement chez les biotes de l'écosystème du littoral roumain. Ces organismes se sont révélés des bio-indicateurs potentiels de la pollution marine par un ou plusieurs radionucléides: *Enteromorpha linza* pour le fer 59 et le zinc 65, *Cystoseira barbata* pour le strontium 89 et l'iode 131, *Mytilus galloprovincialis* et *Mya arenaria* pour le fer 59 et le zinc 65. Les trois bivalves se caractérisent par de faibles facteurs de concentration de la contamination par le cobalt 60.

### Participation internationale

Bien que la situation qui régnait en Roumanie fût extrêmement défavorable au maintien de relations internationales, en particulier au cours des dix dernières années, l'Institut roumain de recherche marine s'est maintenu étroitement en rapport avec l'AIEA dans le domaine de l'océanographie. Entre 1987 et 1992, l'Institut s'est occupé, dans le cadre d'un contrat de recherche avec l'AIEA, de mesurer la radioactivité d'échantillons d'eau, de sédiments et de biotes prélevés dans la zone roumaine de la mer Noire, en utilisant la spectrométrie gamma. Ce contrat a permis de communiquer, sur le plan international, les concentrations d'un certain nombre de radionucléides naturels et artificiels dans des matières abiotiques (sédiments, eau) et biotiques (algues, mollusques et poissons) prélevées dans le bassin occidental de la mer Noire. Tous les échantillons recueillis ont révélé que le césium 137 et, dans la

### Teneurs en césium 137 d'échantillons prélevés dans la zone roumaine de la mer Noire

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Sédiment émergé	18,9	11,5	15,5	13,3	21,5	10,7
Sédiment submergé	247,0	25,2	—	55,0	24,2	—
Eau	0,13	0,10	0,09	0,07	0,08	0,06
Macrophytes	4,6	7,1	5,2	3,4	1,9	1,4
Mollusques	3,2	3,3	2,8	1,3	1,5	1,2
Poissons	11,0	4,3	5,1	4,0	3,9	3,5

Note: Les concentrations dans les sédiments sont exprimées en becquerels par kg de matière sèche; pour l'eau de mer, en becquerels par litre; pour les macrophytes, mollusques et poissons, en becquerels par kg de matière fraîche.

plupart d'entre eux, le césium 134 avaient persisté de 1987 à 1992. Il a notamment été possible de suivre l'évolution dans le temps des concentrations de césium 137 (voir le tableau).

Les résultats de certains travaux ont permis en outre à la Roumanie de participer à un programme de recherche coordonné du Laboratoire d'étude du milieu marin de l'AIEA, à Monaco.

Le programme porte essentiellement sur les sources de radioactivité du milieu marin et leurs contributions relatives à la dose globale. Les résultats des mesures des concentrations annuelles de radionucléides émetteurs gamma dans l'eau de mer et dans les biotes marins comestibles ont été exploités par ce programme pour évaluer les doses collectives et individuelles externes et internes résultant de l'immersion et de la consommation du poisson de la mer Noire. Des doses externes totales ne dépassant pas 2,5 mSv par an (à l'organisme entier) et 93,6 mSv par an (à la peau) ont été reçues par immersion (pendant 100 heures) en 1986. En 1987 et 1988, les valeurs correspondantes étaient inférieures d'un ordre de grandeur. Les doses internes ont été évaluées par des méthodes directes et indirectes; elles étaient toutes inférieures aux limites recommandées par l'AIEA.

La Roumanie participe aussi à plusieurs programmes régionaux et internationaux, en particulier à l'inventaire global de la radioactivité de la mer Méditerranée et aux travaux de la Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Méditerranée qui ont débuté en 1988 et comportent une étude de la mer Noire. En outre, la Roumanie collabore au programme coopératif d'océanographie pour la mer Noire qui s'est constitué en organisation non gouvernementale en 1991. Comme tous les pays riverains exécutent des programmes nationaux de quelque envergure, l'une des principales tâches de cette organisation est de coordonner les travaux quand il le faut, afin de mieux exploiter les ressources limitées et d'uniformiser les méthodes de recherche. Dans cette perspective régionale, l'organisation sera en mesure d'organiser plus rationnellement le contrôle radiologique, avec la participation de tous les pays riverains et sans se soucier des frontières maritimes.

Au titre de ce programme, des scientifiques roumains de l'Institut de recherche marine ont participé à une croisière d'étude en août 1992 à bord du navire *Professeur Vodyanitsky*. Cette croisière dans le bassin nord-ouest de la mer Noire était organisée par l'Institut de biologie des mers du sud de Sébastopol (Ukraine) et par l'Institut océanographique Woods Hole et l'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis. Elle avait pour principale mission l'étude océanographique et radioécologique de la zone au large des deltas du Dniepr et du Danube. L'équipe a étudié l'écoulement de ces deux fleuves, la migration verticale des radionucléides et l'accumulation des radionucléides de longues périodes (principalement le strontium 90 et le césium 137)

dans les sédiments et les biotes. Les exercices d'étalonnage interlaboratoires ont fait l'objet d'un soin particulier en vue de la mesure de ces radionucléides dans les échantillons de sédiments et d'eau. Le programme bénéficie aussi d'une aide et d'une formation technique.

### Les méthodes de marquage en mer Noire

L'Institut roumain collabore aussi avec le Laboratoire de Monaco de l'AIEA à un programme de recherche sur les applications des indicateurs à l'étude des processus et de la pollution dans la mer Noire. Ce travail vise à améliorer la connaissance générale des courants et des divers processus physiques, chimiques et biologiques qui influent sur le transport et la destination des contaminants. Il vise aussi à déterminer comment on peut utiliser la mesure des isotopes du milieu pour analyser les sources, les tendances et l'impact de la pollution de l'environnement de cette mer.

Les techniques nucléaires sont sans égal pour étudier la circulation des masses d'eau, renseigner sur la dynamique du transport et mesurer l'évolution écologique. Une série de radio-indicateurs ayant des périodes, des réactivités chimiques et des fonctions source différentes sont utilisés à cette fin. Divers types de traceurs chimiques seront dosés dans la mesure où l'on disposera des instruments et des compétences nécessaires. A titre d'exemple, citons comme traceurs chimiques utilisables dans la mer Noire les radionucléides issus de l'accident de Tchernobyl, les radionucléides naturels de la famille radioactive de l'uranium et du thorium, les isotopes stables du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, les analogues chimiques des éléments transuraniens (par exemple les terres rares) et autres indicateurs chimiques nouveaux. Les données recueillies fourniront un schéma temporel pour l'évaluation, la modélisation et la prédiction de l'impact de la pollution dans la mer Noire. On disposera ainsi d'une base pour améliorer la gestion de l'environnement régional.

Ces résultats pourront également être exploités par le programme international envisagé pour la gestion et la protection de l'environnement de la mer Noire et placé sous l'égide du Fonds mondial pour l'environnement créé par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, le Programme des Nations Unies pour le développement et la Banque mondiale au cours d'un colloque réuni à Constantza (Roumanie) en 1992. Le but est d'assister les travaux d'analyse et autres activités dans le cadre de la gestion intégrale de la zone côtière intéressant directement la conservation de la nature, la protection de la santé publique, l'agriculture, la pêche et le tourisme.

Pour la Roumanie et les autres pays riverains de la région, le projet sera un important apport à l'étude océanographique de la mer Noire.