

La radioactivité dans les chaînes alimentaires marines

par William C. Renfro
(Laboratoire international de radioactivité marine, Monaco)

Voici quelques années, l'auteur d'un article de vulgarisation sur la radioactivité des océans a avancé que les historiens de l'avenir relèveront que l'homme a commencé à tirer des avantages de l'énergie nucléaire et de la mer presque simultanément. En vérité, l'énergie d'origine nucléaire pourrait se révéler comme un facteur essentiel de la prospection, de l'étude et de l'emploi rationnel des océans, qui couvrent plus de deux tiers de la surface du globe. La plupart des utilisations de l'énergie nucléaire produisent des déchets radioactifs nuisibles. Il va de soi que les déchets de haute activité font l'objet d'un contrôle et d'un stockage très rigoureux. En outre, les sous-produits et déchets radioactifs de faible activité sont évacués dans l'environnement selon des modalités très strictes. La recherche sur le sort des radioisotopes pénétrant dans l'environnement marin est le travail des radioécologues marins. Le présent article expose brièvement certaines études radioécologiques sur le transfert de matières radioactives entre l'eau, les végétaux, les animaux et les sédiments des mers et des océans.

Les sources de la radioactivité artificielle pénétrant dans les océans sont multiples. Parmi les principales on peut citer: les retombées des essais d'armes nucléaires, les rejets des navires nucléaires, les rejets dans les cours d'eau et les eaux côtières, la retombée d'aérosols radioactifs dégagés dans l'atmosphère par les installations nucléaires et l'immersion de déchets emballés de faible activité. Une fois dans l'océan, ces éléments radioactifs peuvent être dispersés et dilués suivant divers processus physiques et chimiques. Il se peut toutefois qu'ils subissent une concentration, sous l'effet de certains processus dans le milieu marin, notamment de processus biologiques. C'est l'étude des capacités de concentration de la flore et de la faune marines qui constitue le domaine de recherche de nombreux radioécologues marins.

La comparaison des concentrations des éléments dans l'eau de mer et dans les organismes marins révèle certaines différences frappantes. Par exemple, un gramme d'eau de mer contient trois milliardièmes (3/1 000 000 000) de gramme de cuivre, alors qu'un gramme de phytoplancton, plante monocellulaire constituant «l'herbe de la mer», contient environ 90 milliardièmes (90/1 000 000) de gramme de cuivre. Cette différence, d'un facteur de 30 000, montre le pouvoir qu'ont ces minuscules cellules végétales d'extraire au cours de leur brève vie le cuivre dissous dans de grands volumes d'eau de mer. De nombreux autres éléments présents dans les eaux océaniques sont concentrés par les organismes marins d'un facteur de 1 000 à 100 000. Si les végétaux et animaux peuvent concentrer certains des éléments naturels présents dans l'eau de mer, il s'ensuit qu'ils peuvent aussi concentrer les radioisotopes artificiels de ces éléments. On a souvent prétendu que les radionucléides sont concentrés progressivement, à chaque degré successif des chaînes alimentaires marines, mais cette hypothèse n'a été que rarement confirmée par les résultats obtenus en laboratoire ou dans le milieu. Aussi importe-t-il de savoir

quels sont les radioisotopes que concentrent les organismes marins et comment ces radioisotopes franchissent chaque stade des chaînes alimentaires marines.

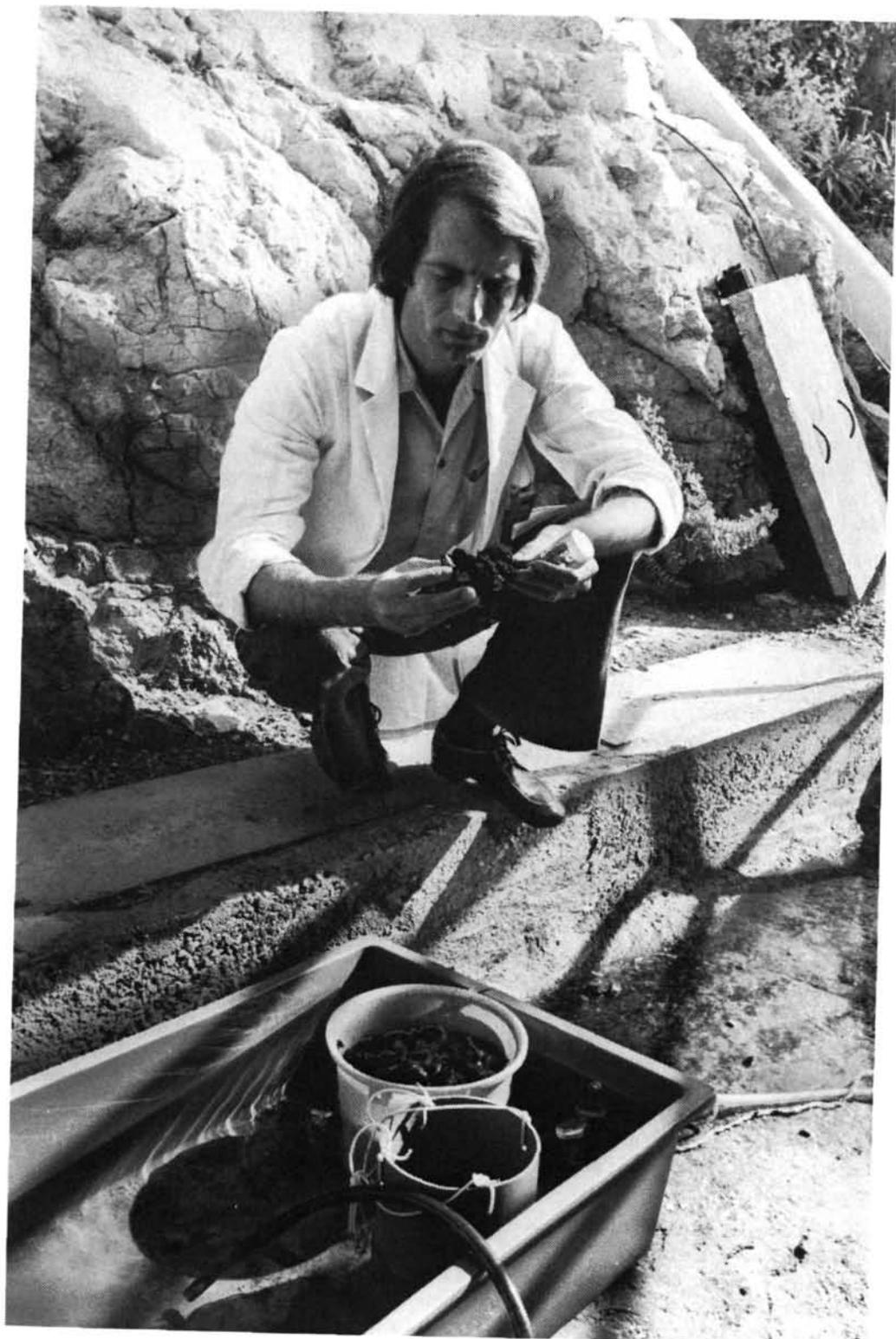
La source de toute l'énergie des organismes vivants marins est le rayonnement solaire. Les végétaux monocellulaires flottant dans les couches supérieures de l'océan transforment l'énergie électromagnétique de la lumière solaire en énergie chimique, par un processus intracellulaire appelé photosynthèse. Les cellules végétales microscopiques sont absorbées par de nombreux organismes tels que de minuscules crustacés, mollusques, larves de poissons et autres animaux. Ces animaux herbivores sont à leur tour mangés par des animaux carnivores comme les grands crustacés et les poissons. Au bout de toutes les chaînes alimentaires marines — on devrait même plutôt parler de réseaux alimentaires — se trouvent les grands poissons carnivores et les mammifères, y compris l'homme dans certains cas.

Si les chaînes alimentaires étaient simples et se prêtaient aisément à la description quantitative, et si seuls les végétaux monocellulaires étaient capables d'extraire les éléments dissous dans l'eau de mer, il serait relativement facile de comprendre le cycle biologique de la radioactivité. Il suffirait de mesurer le degré d'accumulation des divers radionucléides dans les cellules végétales et de suivre leur concentration aux étapes successives des chaînes alimentaires dans lesquelles ces cellules végétales interviennent. Ce travail pourrait être mené dans l'environnement naturel recevant des radioisotopes, comme dans les conditions contrôlées du laboratoire. La situation est malheureusement loin d'être aussi simple, car les animaux, comme les végétaux, peuvent accumuler, au moins partiellement, leur charge de radionucléides directement à partir de l'eau. En outre, les chaînes alimentaires marines se révèlent à l'étude d'une grande complexité. Une espèce animale donnée peut se nourrir d'une multitude d'autres animaux et modifier ses habitudes alimentaires avec l'âge, la saison, les variations de l'abondance de ses proies, ou encore en migrant vers un autre environnement. Il reste donc beaucoup à apprendre sur le transfert de radionucléides entre les divers organismes composant les chaînes alimentaires marines.

Le Laboratoire de radioactivité marine de Monaco, de l'Agence internationale de l'énergie atomique, étudie depuis plus de dix ans les chaînes alimentaires marines. Les études ont porté sur les mécanismes et les taux d'accumulation et de perte de radioactivité par les organismes marins à différents stades des chaînes alimentaires marines. A titre d'exemple, les organismes marins ne concentrent pas au même degré tous les éléments radioactifs. Les éléments utilisés par les végétaux et les animaux pour structurer leur organisme ou produire de l'énergie, ou encore ceux qui interviennent dans diverses réactions biochimiques, subissent une forte concentration. Ainsi, les radioisotopes d'éléments biologiquement importants, tels le fer, le manganèse et le zinc, sont concentrés par certains organismes et transmis aux animaux à un échelon supérieur du cycle alimentaire. Bien que de nombreux éléments n'aient pas une fonction métabolique réelle, ils peuvent être concentrés du fait de leur similitude chimique avec les éléments jouant un rôle biologique. Enfin, certains radioéléments sont concentrés du fait de leur adsorption sélective à la surface de particules, notamment les particules fines d'argile et les cellules végétales microscopiques présentant une grande surface par rapport à leur volume.

Le degré d'accumulation d'un radioisotope dans un organisme donné n'est donc pas uniquement déterminé par son rôle biologique. D'autres facteurs influent sur l'absorption de la radioactivité. Ainsi, des études récentes menées au Laboratoire de Monaco ont montré l'importance de la forme physique et chimique du radionucléide. Cet

Les moules et les crabes destinés aux expériences de laboratoire sont élevés dans des bacs flottants, au pied de la falaise sur laquelle est situé le Musée océanographique. ►





Des organismes marins (crevettes, palourdes, crabes) sont soumis à différents tests au moyen de radio-indicateurs dans la salle à température constante du Laboratoire. L'eau de mer courante est fournie par le système d'alimentation des aquariums du Musée océanographique; c'est un des services importants dont dispose le Laboratoire.

effet a été mis en évidence par des expériences sur le ruthénium-106, qui sous la forme de chlorure est beaucoup plus rapidement concentré à de hautes teneurs par les crustacés marins, à partir de l'eau de mer, que lorsqu'il se présente sous forme de composé azoté. Des expériences antérieures ont montré que la présence d'autres substances dissoutes dans l'eau de mer influe aussi sur l'accumulation de radionucléides par les organismes. L'accumulation du zinc-65 par la palourde est moins rapide lorsqu'on ajoute du calcium soluble à l'eau de mer, et plus rapide lorsqu'on y ajoute du fer ferrique. L'accroissement de la teneur en fer de l'eau de mer aboutit à la formation de particules enrichies en zinc-65, que la palourde extrait facilement par filtration. D'autres expériences montrent que certains radionucléides, normalement concentrés à de hautes teneurs par les organismes marins, ne sont pas biologiquement disponibles lorsqu'ils sont présents dans l'eau de mer combinés à des molécules organiques. Certains radionucléides, bien que fortement liés aux vases, sont absorbés en quantités limitées par les vers et autres organismes benthiques.

Le Laboratoire de Monaco continue ses recherches sur la concentration des déchets radioactifs dans les organismes marins et sur le mécanisme par lequel ces substances sont introduites dans le cycle alimentaire marin. **La conclusion générale que l'on tire de ces travaux peut se résumer en une seule phrase: «plus on étudie les processus de concentration biologique des radionucléides, plus ils apparaissent complexes».**