



# IAEA BULLETIN

Agence internationale de l'énergie atomique

Bulletin de l'AIEA, septembre 2013 • [www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)



**POUR LA PROTECTION DE NOTRE ENVIRONNEMENT MARIN**



## Phoques et laminaires

La photographie d'un phoque de Californie (*Phoca vitulina*) en page de couverture, prise par Kyle McBurnie dans une forêt de laminaires à Cortes bank, près de San Diego (Californie), a reçu le premier prix lors du concours de photographies sous-marines organisé en 2013 à l'École Rosenstiel des sciences marines et atmosphériques, de l'Université de Miami.

Espèce la plus courante des Phocidés, les phoques vivent dans des régions côtières tempérées et subarctiques sur les deux rives de l'océan Atlantique nord et de l'océan Pacifique nord et se nourrissent de poissons, de calmars et de crustacés.

Les forêts de laminaires sont un des habitats les plus écologiquement dynamiques et les plus biologiquement diversifiés de la planète. Elles contribuent notablement à maintenir la productivité de la flore et de la faune marines, des poissons et des oiseaux. Les laminaires vivent fixées au moyen de crampons sur des substrats rocheux. Des fonds marins où elles sont arrimées, elles se dressent vers la surface de l'eau. Elles présentent dans leur partie supérieure de petites poches remplies de gaz, les aérocystes, qui en assurent la flottaison. Ces forêts constituent une des « espèces fondamentales », qui ont un impact sur la survie et l'abondance de nombreuses autres espèces dans l'écosystème.

Dans leurs strates inférieures, elles abritent une grande variété d'invertébrés mobiles, qui eux mêmes constituent en partie la nourriture des espèces de poissons. Au niveau supérieur, elles sont une aire d'alimentation pour les oiseaux qui viennent se poser sur les algues à la dérive et trouvent de quoi se nourrir dans celles que la mer a rejetées sur le littoral. Certaines espèces de poissons et d'invertébrés déposent leurs œufs dans leurs strates profondes, au fond des mers, où ils trouvent un abri et peuvent se reproduire. Les lions de mer, les phoques, les otaries de mer et les baleines peuvent s'y nourrir ou s'y réfugier en cas de tempête ou pour échapper à leurs prédateurs. Les laminaires contribuent aussi à atténuer la force des courants et des vagues, protégeant ainsi les espèces et empêchant l'érosion du littoral.

Passionné de photographie sous-marine, Kyle McBurnie est moniteur de plongée sous-marine et chef d'expéditions maritimes en Californie du sud, où sa société, SD Expeditions, s'associe à des organismes de recherches océanographiques de premier plan.

L'École Rosenstiel des sciences marines et atmosphériques, de l'Université de Miami, à Virginia Key, Floride, créée dans les années 1940, est devenue un des principaux centres de recherche universitaires en sciences océanographiques et atmosphériques.

---

## Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA

En 1961, l'AIEA, la Principauté de Monaco et l'Institut océanographique, alors dirigé par Jacques Cousteau, ont conclu un accord relatif à un projet de recherche sur l'impact de la radioactivité dans la mer. La même année, l'AIEA a ouvert un laboratoire à Monaco, avec le généreux soutien de la Principauté. Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA collaborent maintenant avec des organisations internationales et régionales, ainsi qu'avec des laboratoires nationaux. Les données uniques obtenues grâce à l'application de techniques nucléaires et isotopiques permettent aux scientifiques d'améliorer leur connaissance des mers et des océans et facilitent l'évaluation de la pollution, du changement climatique et de l'acidification des océans. Ces études contribuent à la conservation et au développement durable des océans.

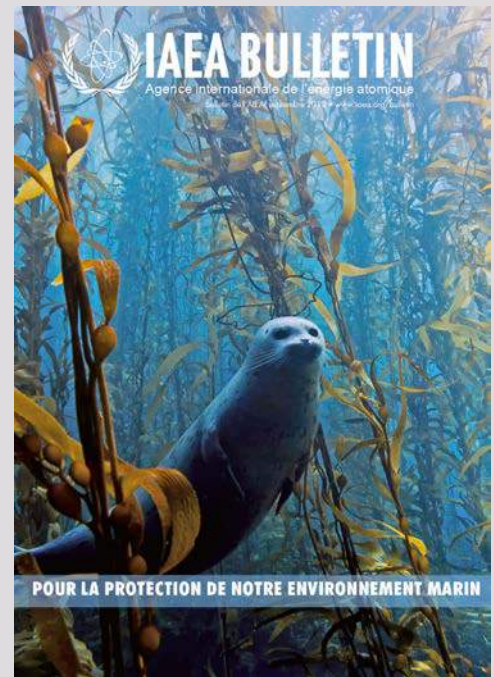
Les recherches bénéficient de partenariats stratégiques conclus avec des organismes des Nations Unies comme la Commission océanographique intergouvernementale de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, le Programme des Nations Unies pour l'environnement, le Programme des Nations Unies pour le développement et l'Organisation maritime internationale.

Nombreux sont les laboratoires nationaux des États Membres qui s'en remettent aux analyses rigoureuses des échantillons d'eau de mer, de sédiments et de vie marine qu'effectuent les Laboratoires. Les matières de référence et les méthodes que ces derniers mettent au point aident à améliorer la qualité et la fiabilité des données d'analyse dans les laboratoires des États Membres depuis plus de 50 ans. Les matières de référence fournies par l'AIEA sont utilisées, par exemple, pour quantifier la circulation océanique et les contaminants dans les produits de la mer. Les Laboratoires ont favorisé l'application d'une technique nucléaire pour la détection des proliférations d'algues toxiques, qui présentent un danger pour la santé humaine. Ils ont aussi fourni un appui scientifique et analytique précieux pour des études capitales sur les niveaux de pollution radioactive et non radioactive dans toutes les grandes mers. Par ailleurs, ils servent de centre de formation pour des scientifiques originaires de pays en développement.

# Table des matières

Bulletin de l'AIEA, septembre 2013

<b>Pour la protection de notre environnement marin</b> Avant-propos de Yukiya Amano, Directeur général de l'AIEA	2
<b>Un champion de la protection des océans – le Prince Albert II de Monaco</b> Un entretien de Louise Potterton	3
<b>Quand l'océan va bien, la planète va bien</b> par Sasha Henriques	5
<b>Les radiotraceurs, outils essentiels à la compréhension des océans</b> par Cath Hughes	7
<b>Un milieu en pleine évolution – Tout sur l'acidification des océans</b> par Peter Rickwood	9
<b>Des signaux d'alarme : L'AIEA promeut une action mondiale contre l'acidification des océans</b> par Aabha Dixit	10
<b>Des partenariats pour protéger l'océan : L'AIEA collabore avec des organisations internationales</b> par Aabha Dixit	12
<b>Renforcement des capacités dans l'utilisation des techniques nucléaires pour la préservation de l'environnement</b> par Aabha Dixit	15
<b>Protection de l'environnement marin à Cuba</b> par Sasa Gorisek	18
<b>Faits concernant les océans</b> par Michael Madsen	20
<b>Ce que les océans nous donnent</b> par Michael Madsen	22
<b>Effets de la pollution sur les océans et la vie marine</b> par Michael Madsen	24
<b>L'AIEA surveille la radioactivité marine</b> par Aabha Dixit	26
<b>Entre mer et terre – Protéger un tampon essentiel</b> par Peter Kaiser	27



Le Bulletin de l'AIEA  
est produit par la  
Division de l'information  
Agence internationale de l'énergie atomique  
B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)  
Tél. : +43 1 2600-21270  
Fax : 43 1 2600-29610  
iaeabulletin@iaea.org

Rédacteur en chef : Peter Kaiser  
Édition : Aabha Dixit  
Conception et production : Ritu Kenn

Le Bulletin de l'AIEA est disponible  
› en ligne [www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)  
› comme application pour iPad [www.iaea.org/bulletinapp](http://www.iaea.org/bulletinapp)  
› dans les archives [www.iaea.org/bulletinarchive](http://www.iaea.org/bulletinarchive)

Des extraits des articles du Bulletin peuvent être  
utilisés librement à condition que la source en soit  
mentionnée. Lorsqu'il est indiqué que l'auteur  
n'est pas fonctionnaire de l'AIEA, l'autorisation de  
reproduction, sauf à des fins de recension, doit être  
sollicitée auprès de l'auteur ou de l'organisation  
d'origine.

Les opinions exprimées dans le Bulletin ne  
représentent pas nécessairement celles de l'Agence  
internationale de l'énergie atomique, et l'AIEA  
décline toute responsabilité à cet égard.

Photo de couverture :  
Kyle McBurnie

# POUR LA PROTECTION DE NOTRE ENVIRONNEMENT MARIN

Le bien-être et la prospérité de l'humanité dépendent de la santé des océans et des mers. Une grande partie de l'oxygène que nous respirons est produit par la vie marine, alors que les courants océaniques chauds jouent un rôle important en maintenant un climat tempéré.



Les techniques nucléaires et isotopiques nous aident beaucoup à mieux comprendre les menaces qui pèsent sur la santé de nos océans.

Toutefois, les écosystèmes marins qui maintiennent les océans en bonne santé sont soumis à un nombre croissant de perturbations, qui, pour une bonne part, sont causées, ou aggravées, par les activités humaines terrestres. Plus nous consommons de combustibles fossiles, plus nous émettons du dioxyde de carbone, qui piège la chaleur solaire réchauffant les océans. Les eaux océaniques absorbent près d'un quart de ce dioxyde de carbone, qui se dissout et augmente leur acidité.

Les conditions physiques et biologiques dans les océans se détériorent sous l'effet de la pollution. Les habitats côtiers sont menacés par un développement non durable et l'exploitation des ressources.

Les techniques nucléaires et isotopiques nous aident beaucoup à mieux comprendre les menaces qui pèsent sur la santé de nos océans. Le présent numéro du Bulletin de l'AIEA est programmé pour coïncider avec la tenue du forum scientifique 2013 de l'AIEA, intitulé « Planète bleue – les applications nucléaires pour un environnement marin durable ».

Le forum scientifique est consacré aux travaux que mène l'AIEA avec ses États Membres et des partenaires internationaux pour observer et évaluer les problèmes auxquels sont confrontés nos océans et trouver des solutions.

Les scientifiques des Laboratoires de l'environnement de l'AIEA à Monaco étudient les processus biologiques pour comprendre comment les organismes marins réagissent à l'acidification et au réchauffement des océans. À l'aide d'isotopes, ils recherchent les sources de pollution et en suivent la dispersion. L'AIEA apprend à des chercheurs de pays en développement à utiliser les techniques nucléaires pour observer les pressions qui s'exercent sur l'environnement marin. Elle fournit des outils précis et rentables pour aider aussi bien les pays développés que les pays en développement à obtenir les données nécessaires pour adapter les stratégies visant à les atténuer.

J'espère que le forum scientifique 2013 de l'AIEA contribuera à renforcer la nouvelle coopération instaurée entre les experts et les décideurs pour protéger et préserver l'équilibre biologique qui est vital à la survie de l'environnement marin.

---

Yukiya Amano, Directeur général de l'AIEA

# UN CHAMPION DE LA PROTECTION DES OCÉANS

*Le Prince Albert II de Monaco parle de sa passion pour les océans et de l'appui continu qu'il fournit aux activités de l'AIEA visant à protéger les océans. La Principauté héberge les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA, créés en 1961 avec le concours de Monaco.*

## Qu'est-ce qui a suscité votre passion pour la protection des mers ?

Il y a manifestement un effet « héritage familial ». Mon arrière-grand-père, le Prince Albert I, avait une vision incroyable des sciences en général et de l'océanographie en particulier. La tâche remarquable qu'il a accomplie dans ce domaine perdure sous la forme du Musée océanographique de Monaco. Mais, bien sûr, cet intérêt me vient aussi de mon père, le Prince Rainier III, et des nombreuses initiatives de protection des mers qu'il a prises, essentiellement en mer Méditerranée.



## Le fait de grandir au bord de la mer vous encourage-t-il à la protéger ?

Il est clair que plus vous connaissez les océans ou notre mer à nous, la Méditerranée, plus vous voulez les protéger. Vivre au bord de la mer et être en contact avec elle à un très jeune âge ne peut que vous inciter à en apprendre davantage à son sujet et à trouver des moyens innovants de la protéger. De plus, la situation géographique exceptionnelle de mon pays m'a encouragé à m'intéresser de près au thème de la protection des mers.

## Un an après votre accession au trône en 2006, vous avez créé votre propre fondation. Qu'est-ce qui vous y a incité ?

Je me suis familiarisé avec différents problèmes environnementaux dès ma jeunesse, mais je pense qu'un des moments décisifs a été le Sommet « Planète Terre » à Rio, en 1992, auquel je me suis rendu en compagnie de mon père. En y assistant, j'ai pris davantage conscience de différents problèmes environnementaux, concernant non seulement les océans mais aussi le changement climatique, les gaz à effet de serre et la déforestation. J'ai ensuite tenté à mon niveau et avec nos différents organismes installés ici à Monaco de travailler davantage sur ces questions. Mais bien avant 2006, je voulais créer une sorte de fondation, quelque chose de plus personnel. Je suppose qu'après le sommet de Rio j'ai finalement ressenti l'urgence de le faire après ces années de gestation.

Le Prince Albert II de Monaco (à gauche) est un fervent défenseur de l'environnement, qui soutient les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA et leurs travaux, participe à des expéditions maritimes dans l'Arctique et procède même à des dissections de mollusques avec des scientifiques de l'AIEA. (Photo : Jean Jaubert)

## Quel est l'axe principal de la fondation ?

Les trois grands piliers en sont la biodiversité, l'eau et le changement climatique. Les trois régions principales sur lesquelles nous essayons de nous concentrer sont le bassin de la mer Méditerranée, les pays les moins développés, qui comptent un grand nombre de pays africains, et les régions polaires. Je suis très heureux de voir comment la fondation se développe depuis 7 ans. Nous participons maintenant à plus de 203 projets dans 40 pays différents et avons des partenariats avec de nombreux organismes, dont la Fondation pour les Nations Unies, le Groupe sur le climat et le WWF.

## Loin de vous contenter d'utiliser votre nom et votre titre pour attirer l'attention sur ces questions, vous en acquérez en réalité une expérience directe. Dans quelle mesure est-ce important pour vous ?

Je pense que c'est très important non seulement d'avoir une meilleure connaissance des différentes questions sur le terrain, mais aussi de pouvoir rencontrer les populations locales que nous essayons d'aider au moyen de ces différents programmes, qu'ils soient menés sur terre ou en mer. Je ne le fais pas pour moi. Je le fais parce que les objectifs que nous poursuivons m'intéressent et me tiennent beaucoup à cœur, mais aussi pour que la



fondation gagne en visibilité et pour montrer que nous accordons à ces différents programmes toute l'attention qu'ils méritent.

### **De quelle manière votre gouvernement appuie-t-il les travaux de l'AIEA ?**

Il existe une collaboration de longue date entre Monaco et l'AIEA qui remonte au début des années 1960. Nous collaborions par le biais de notre Centre scientifique, celui de Monaco, et il a été décidé que la création d'un Laboratoire de l'environnement marin de l'AIEA, maintenant appelé Laboratoires de l'environnement de l'AIEA, ici à Monaco, pouvait encore resserrer cette coopération. Les recherches qui y sont menées sont absolument extraordinaires et nous sommes très fiers et honorés d'avoir ce partenariat étroit avec eux, qui ne peut qu'être appelé à se développer davantage à l'avenir.

### **Pourquoi pensez-vous qu'il est bénéfique pour l'AIEA d'avoir ses laboratoires de l'environnement ici à Monaco ?**

Nous étudions depuis longtemps les sciences marines, et de ce fait nous sommes autant crédibles que d'autres sites qui mènent des recherches scientifiques dans ce domaine. Compte tenu de ces antécédents et de l'équipe de scientifiques constituée au Centre scientifique de Monaco, nous avons pu établir cette coopération de travail avec l'AIEA. En outre, Monaco est un petit pays directement concerné par les problèmes affectant le milieu marin, du fait de son emplacement. Sa taille est un atout pour tester les nouvelles pratiques environnementales et les mettre en application. De plus, mon pays est apolitique. Ainsi, quand nous organisons des débats ou des conférences, un seul intérêt nous motive, la protection de l'environnement. Ceci est fondamental et rend crédible notre approche des questions environnementales sur la scène internationale.

### **Vous soutenez aussi les travaux de recherche de l'AIEA sur l'acidification des océans. Vous avez inspiré la Déclaration de Monaco sur l'acidification des océans en 2008. Quel en était l'objectif ?**

Nous voulions attirer l'attention de la communauté internationale sur l'acidification des océans. Les émissions croissantes de CO<sub>2</sub> dues aux activités humaines constituent une menace majeure pour l'environnement marin. 50 % du CO<sub>2</sub> produit par les êtres humains au cours des 200 dernières années ont été absorbés par les océans. Plus le niveau de CO<sub>2</sub> est élevé, plus grande est l'acidité des océans. Cette acidification perturbera l'équilibre des océans et affectera les réserves de biodiversité, comme par exemple les écosystèmes des récifs coralliens.

### **Sur quoi la Déclaration a-t-elle débouché, avons-nous progressé dans notre compréhension de la question ?**

Je pense que la Déclaration et la réunion qui en a été à l'origine ont eu une importance primordiale – non seulement en termes de sensibilisation à la question, dont très peu de gens en dehors de la communauté scientifique avaient entendu parler, mais aussi pour que nous ayons l'assurance d'une identité de vues des scientifiques de 26 pays différents sur la nature des dangers, cernions mieux les problèmes et orientations les recherches afin d'avoir une meilleure compréhension de la dynamique du processus d'acidification des océans. Je constate avec grand plaisir que la Déclaration est considérée comme une étape tremplin majeure vers une sensibilisation accrue non seulement de la communauté scientifique mais aussi du grand public.

### **Malgré vos efforts, les mers sont toujours surexploitées. Pensez-vous que la situation puisse vraiment s'améliorer ?**

Je pense que nous sommes actuellement à la croisée des chemins et que nous avons très peu de temps pour renverser les différentes tendances qui affectent nos mers et océans – que ce soit l'acidification des océans, la surpêche, la pollution excessive et le non traitement des différentes eaux usées. Les pressions sur les écosystèmes marins ne cessent de s'accroître, et la gestion durable des ressources marines est maintenant un enjeu mondial majeur. La population mondiale s'accroît et la plupart des gens vivent dans des villes situées sur le littoral, aggravant la pression sur les océans. Le changement climatique et l'acidification des océans ont pour conséquences d'ébranler davantage le fragile équilibre des écosystèmes et de la biodiversité des océans. Œuvrer à l'amélioration de la situation, tels sont mes engagements personnels et la politique de mon gouvernement.

---

Entretien mené par Louise Potterton, Division de l'information de l'AIEA

# QUAND L'OCÉAN VA BIEN, LA PLANÈTE VA BIEN



Des scientifiques utilisent les techniques nucléaires pour mieux comprendre le phénomène El Niño, qui se manifeste par un changement des températures de surface de l'océan Pacifique et peut avoir des effets catastrophiques. El Niño a été en partie responsable de l'effondrement en 1972 de l'industrie de la pêche à l'anchois au Pérou, à l'époque la plus grande du monde.

(Photo : iStockphoto)

Vue de l'espace, notre planète nous émerveille par une véritable « mer » de bleu : elle se compose essentiellement d'eau et sa surface est presque entièrement recouverte par l'océan. Ses eaux salées influencent le climat de la Terre et abritent des millions de plantes, qui produisent également l'oxygène que nous respirons.

Puisque les océans et les mers sont essentiels à la survie de l'homme, les scientifiques continuent d'étudier et de chercher à comprendre pleinement les processus et les mécanismes qui les régissent. Les techniques nucléaires font partie des méthodes de recherche les plus précises utilisées aujourd'hui à cette fin. En suivant les isotopes stables à différents endroits et en mesurant la décroissance des radio-isotopes, les scientifiques peuvent mieux comprendre comment les milieux marins évoluent et comment ils ont évolué dans le passé.

Grâce à ces connaissances, l'homme est mieux armé pour maintenir l'environnement marin en bonne santé.

## Acidification des océans

L'acidification des océans est un signe que l'environnement marin se porte mal. Ce terme désigne la perturbation de l'équilibre acido-basique normal de la mer, perturbation qui peut conduire à l'extinction de certaines espèces marines incapables de s'adapter à un milieu plus acide, et ainsi bouleverser tout l'écosystème et les réseaux alimentaires.

## Voyage dans le temps

« Comprendre les effets de l'acidification des océans sur les organismes et les écosystèmes marins est essentiel pour voir là où ces systèmes sont vulnérables et évaluer l'impact potentiel sur la pêche, l'aquaculture et les services écosystémiques », indique David Osborn, Directeur des Laboratoires de l'environnement de l'AIEA à Monaco.

Pour cela, les chercheurs ont besoin de modèles précis qui permettront de prévoir les conditions futures et aideront ainsi les gouvernements à formuler les stratégies appropriées.

Les radio-isotopes marins sont un outil efficace tant pour déterminer les problèmes existants dans les modèles océaniques que pour orienter l'élaboration de nouveaux modèles.

## Sous la surface

« Nous ne voyons de l'océan que sa surface. Mais sa masse et sa fonction sont bien plus étendues qu'il n'y apparaît. La vie marine produit de 50 % à 85 % de l'oxygène de la Terre et est un élément essentiel du système climatique de la planète », déclare Michail Angelidis, chef du Laboratoire d'étude de l'environnement marin de l'AIEA à Monaco.

Pour comprendre l'acidification des océans, la prolifération d'algues toxiques, les épisodes El Niño ou La Niña, ou de nombreux autres phénomènes dangereux survenant dans le milieu marin, nous devons d'abord comprendre comment fonctionne l'océan lui-même ; comment il agit en tant que puits de chaleur et puits de carbone ; comment

il bouge, quand et pourquoi ; comment il transporte plantes, animaux, sédiments, gaz et chaleur d'un endroit de la planète à un autre ; et comment il interagit avec le vent et le soleil, régulant le temps et le climat.

Par exemple, les scientifiques utilisent les techniques nucléaires pour déterminer l'âge exact des sédiments des fonds marins et dater des squelettes de coraux, ce qui leur permet d'avoir des données précises sur l'état des océans il y a des centaines de milliers, voire des millions d'années.

Ces informations sont précieuses pour essayer de prévoir l'effet que les conditions actuelles auront sur les océans. Elles servent de base pour prédire ce qu'il adviendra très probablement de notre planète dans des dizaines, voire des centaines d'années.

De temps à autre, des eaux très chaudes traversent le Pacifique ouest et bloquent la remontée d'eau froide et riche en éléments nutritifs au large de la côte occidentale de l'Amérique du Sud, ce qui influence le climat à l'échelle de la planète. Appelé El Niño, ce phénomène peut avoir de très vastes répercussions, comme l'accélération de la fonte des glaces polaires, la réduction de la pêche au Pérou, la diminution de la croissance du maïs en Afrique, et une augmentation des précipitations et des inondations en Floride. Son intensité et ses caractéristiques sont très variables en termes de salinité et de température, et son impact est donc difficile à prévoir. Les scientifiques ont donc recueilli des données sur les radionucléides, les isotopes stables et les éléments traces présents dans les coraux et les sédiments marins en vue de reconstituer les effets d'épisodes passés d'El Niño, en remontant jusqu'à plusieurs centaines d'années. Ces études leur permettent de prédire de manière beaucoup plus précise la température et la salinité de la surface des mers ainsi que la fréquence et l'intensité des épisodes futurs d'El Niño.

## Radionucléides

Comme l'on connaît le temps nécessaire pour que l'activité de radionucléides soit réduite de moitié (appelé « période »), les scientifiques peuvent se servir de ces derniers comme d'une sorte d'horloge pour mesurer la vitesse des processus océaniques. Les radionucléides sont aussi utilisés pour suivre le transfert d'énergie/de masse dans la chaîne alimentaire, donnant des informations essentielles sur les principaux organismes marins, qui sont à la base de la chaîne alimentaire marine et dont la disparition pourrait bien signifier la fin de l'écosystème marin tel que nous le connaissons.

Les techniques isotopiques permettent en outre d'obtenir des informations sur ces espèces, en particulier en ce qui concerne le métabolisme, la photosynthèse, l'accumulation de polluants, la calcification et leur capacité fondamentale à survivre dans certaines conditions.

Les radio-isotopes marins aident aussi à étudier la manière dont l'augmentation de l'acidité des océans, avec la hausse des températures, perturbe l'écophysiologie des récifs coralliens, lesquels protègent les côtes et abritent d'innombrables espèces marines.

## Pollution

« La science à elle seule ne peut sauver le monde, mais elle peut apporter les connaissances nécessaires et les outils dont l'homme a besoin pour prendre les bonnes décisions qui, elles, peuvent sauver le monde », déclare Hartmut Nies, chef du Laboratoire de radiométrie de l'AIEA à Monaco.

L'équipe de scientifiques de M. Nies aide les États Membres à utiliser des traceurs radioactifs naturels (comme l'uranium et le thorium et leurs produits de désintégration) et artificiels (comme le plutonium ou le radiocésium) pour comprendre la dynamique des mers et surveiller les éléments toxiques.

En outre, en étudiant différentes signatures isotopiques des polluants, les scientifiques peuvent établir la provenance de ces derniers. Par exemple, le plomb contenu dans l'essence et le plomb naturel ont des signatures isotopiques différentes, qui peuvent être analysées à l'aide des techniques isotopiques. Savoir exactement l'origine d'un polluant aide les autorités à empêcher l'écoulement de substances nocives dans la mer.

Jacques-Yves Cousteau, éminent océanographe et ancien directeur du Musée océanographique de Monaco, avec lequel l'AIEA a signé un accord initial d'exploration et de recherche conjointes, a déclaré : « La mer, le grand unificateur, est le seul espoir de l'homme. Maintenant, plus que jamais, la vieille phrase a un sens littéral : nous sommes tous dans le même bateau ».

---

Sasha Henriques, Division de l'information de l'AIEA



# LES RADIOTRACEURS, OUTILS ESSENTIELS À LA COMPRÉHENSION DES OCÉANS



Les études basées sur les radiotraceurs peuvent être effectuées dans des structures de tentes flottantes ou des fonds marins appelées mésocosmes. Ces précieux outils expérimentaux permettent d'étudier les environnements naturels en conditions contrôlées combinant les avantages du laboratoire et du travail sur le terrain.

(Photo : Nick Cobbing)

Le travail effectué par l'AIEA pour aider à comprendre et, à terme, protéger nos océans repose sur des outils de recherche nucléaires appelés « radiotraceurs ». Ceux-ci sont des composés chimiques contenant des isotopes radioactifs uniques. Tous les isotopes d'un élément donné ont le même nombre de protons dans leurs noyaux, mais différents nombres de neutrons. Les isotopes sont donc des formes d'un même élément avec des masses différentes. Lorsque la composition du noyau ne change pas au cours du temps, l'isotope est considéré comme stable. Les isotopes instables ou radioactifs « décroissent » avec le temps. En d'autres termes, ils se transforment en un autre élément, ou état d'énergie, à travers un processus appelé transmutation au cours duquel les noyaux atomiques (protons et neutrons) émettent des particules chargées et ionisantes de haute énergie et/ou des ondes électromagnétiques de haute énergie appelées rayonnements gamma.

Les radioécologistes introduisent habituellement d'infimes quantités d'un « radiotraceur », un isotope radioactif, dans un système biologique complexe, par exemple, pour pouvoir observer comment fonctionnent les cellules ou les tissus. Les scientifiques peuvent identifier un radiotraceur parmi tous les autres composés naturels et presque identiques. La « signature isotopique »

unique du radiotraceur produit une trace clairement visible lorsque celui-ci suit les nutriments, l'énergie ou les polluants à travers un organisme, une chaîne alimentaire ou un écosystème. Étant donné que les radiotraceurs sont faciles à détecter en quantités infimes, on peut conduire des études sans empoisonner les organismes ou les écosystèmes, ni porter atteinte à la chimie ou à la dynamique du fluide du système. L'AIEA utilise les radiotraceurs aussi bien en laboratoire que sur le terrain, chacun de ces environnements ayant ses points forts. Les expériences en laboratoire ont l'avantage de créer des écosystèmes simplifiés et artificiels dans lesquels les processus et les interactions naturels peuvent être étudiés sans interruption. Les travaux sur le terrain étudient les systèmes complexes du monde réel et peuvent permettre de répondre à des questions relatives au devenir d'un composé, à la dynamique entre différentes espèces, et à la manière dont les composés se lient aux sédiments et/ou se dispersent comme polluants dans l'environnement.

Les radiotraceurs sont essentiellement utilisés dans les études à plus grande échelle sur le terrain pour mettre en évidence les processus de transport, de dispersion et de dépôt des substances chimiques dans l'environnement naturel. Ces études sont effectuées dans les environnements côtiers où l'étendue et l'effet

des eaux usées et d'autres effluents ont été évalués et examinés de près. Au cours des années 1970, une série d'études expérimentales effectuées sur les systèmes fluviaux du Canada à l'aide de radiotraceurs de métaux lourds (cadmium 109, zinc 65, mercure 203, fer 59, cobalt 60, césium 134 et sélénium 75) et de radiotraceurs de nutriments ont montré comment les traceurs sont absorbés dans les sédiments et les nutriments.

Elles ont aussi révélé comment les contaminants sont transférés de l'eau et des sédiments à des organismes, d'où ils entrent et circulent dans la chaîne alimentaire. Plus récemment, des préoccupations ont été soulevées en ce qui concerne l'impact radiologique possible que ces études sur le terrain ont pu avoir sur l'environnement.

**Les derniers rapports sur l'état de nos océans sont, au mieux, préoccupants. L'exploitation de leurs ressources limitées, l'augmentation de la pollution marine et la destruction de leurs habitats utiles exercent de fortes pressions sur les organismes des océans.**

Les résultats d'une évaluation de dose du biote non humain (outil d'évaluation du projet ERICA)<sup>1</sup> de l'étude d'un lac effectuée pour savoir si les concentrations de radiotraceurs utilisées étaient suffisamment élevées pour avoir un impact négatif sur l'écosystème ont confirmé que les doses étaient inférieures aux niveaux de référence établis par la Commission internationale de protection radiologique. Cela laisse entendre qu'on peut utiliser les radiotraceurs sans crainte dans les études à l'échelle des écosystèmes.

Compte tenu de leur impact environnemental limité, les radiotraceurs peuvent être utilisés dans diverses applications nouvelles pour sensibiliser plus largement au problème de l'environnement et à ses défis. On peut, à l'aide du carbone 14 ou du phosphore 32, étudier la dynamique des nutriments et mieux comprendre les fondements d'un écosystème. Les radioécologistes peuvent, à l'aide d'analogues de courte durée de produits de l'industrie nucléaire comme le césium 134 et le strontium 85, ou d'isotopes de métaux lourds, étudier l'accumulation de contaminants dans des organismes marins ainsi que la biomagnification (augmentation cumulative de concentration de substances dans des organismes à des niveaux de plus en plus élevés de la chaîne trophique).

La biomagnification est un aspect important de la pollution marine particulièrement préoccupant pour les animaux à plus longue durée de vie comme les êtres humains. Les autres applications potentielles

des radiotraceurs sont leurs utilisations à l'échelle nanométrique et pour le marquage des molécules organiques comme les médicaments, pour suivre leur comportement lors des interactions de ces molécules avec des organismes, après leur excrétion du corps humain et leur passage dans les systèmes d'égouts.

Malgré leurs nombreuses utilisations potentielles, les radiotraceurs ont leurs limites, essentiellement le fait que pour étudier certains processus, ils doivent être absorbés et dispersés dans l'environnement pour plusieurs jours ou plus. Dans les environnements de plans d'eau ouverts, cela peut entraîner une large dispersion due aux courants, à l'action des vagues et aux animaux migratoires qui les transportent loin de la zone d'étude. Toutefois, ce problème ne limite pas l'étude de certains de nos habitats marins les plus importants. Les baies côtières, les fermes aquacoles, les récifs coralliens et les structures de tentes flottantes ou des fonds marins pourraient tous être utilisés pour circonscrire les mouvements des organismes et des traceurs, ce qui en fait des environnements très viables pour ces études basées sur des technologies nucléaires de pointe.

Les derniers rapports sur l'état de nos océans sont, au mieux, préoccupants. L'exploitation de leurs ressources limitées, l'augmentation de la pollution marine et la destruction de leurs habitats utiles exercent de fortes pressions sur les organismes des océans. Les radiotraceurs sont des outils nucléaires uniques qui peuvent être utilisés pour étudier la pollution et le transport des polluants dans les zones côtières et les océans. L'AIEA et ses partenaires, qui œuvrent pour mettre ces technologies nucléaires à disposition en vue d'améliorer la compréhension de la santé des océans, encouragent les pays à prendre des mesures pratiques pour prévenir toute aggravation de la situation.

---

Cath Hughes, Organisation australienne pour la science et la technologie nucléaires

<sup>1</sup>Risque environnemental des contaminants ionisants : évaluation et gestion (ERICA)—[www.ERICA-tool.com](http://www.ERICA-tool.com)

# UN MILIEU EN PLEINE ÉVOLUTION

## TOUT SUR L'ACIDIFICATION DES OCÉANS

*Si le monde n'était que papier,  
Et les mers encre noire,  
Si les arbres ne servaient plus de nichoir,  
Comment se désaltérer ?*  
Anon

Des siècles se sont écoulés depuis que l'idée de la mer se transformant en encre a été mentionnée dans une comptine enfantine. Toutefois, au XXI<sup>e</sup> siècle, les mers évoluent – leur acidité augmente.

Depuis le début de la révolution industrielle au XVIII<sup>e</sup> siècle, les émissions de carbone ont été absorbées par les océans, dont l'acidité a augmenté de 30 % – conséquence partielle des changements affectant le monde sous l'effet de l'activité humaine.

Les océans jouent un rôle essentiel en réduisant la quantité de carbone dans l'atmosphère. Ils absorbent chaque jour 25 % de la quantité de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) d'origine humaine. Quand le CO<sub>2</sub> est absorbé, il se dissout dans les eaux océaniques pour former de l'acide carbonique. À moins que les émissions de carbone ne soient réduites, l'acidité des océans devrait continuer à augmenter de 150 % d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle à mesure que toujours davantage de CO<sub>2</sub> est absorbé.

Il y a déjà des signes que l'acidité croissante des océans affecte la pêche et les organismes marins. « Les côtes et les océans du monde, qui constituent environ 70 % de la surface de la terre, sont confrontés à de graves menaces anthropiques (pollution, extraction non durable des ressources et changement climatique). Les techniques nucléaires et isotopiques nous aident à comprendre les pressions qui s'exercent sur l'environnement marin et à trouver des réponses plus efficaces », a déclaré Yukiya Amano, Directeur général de l'AIEA, à l'ouverture du Forum scientifique 2013 consacré à la protection de l'environnement marin.

Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA, situés à Monaco, abritent le Centre international de coordination sur l'acidification des océans (OA-ICC), dont les recherches contribuent à une meilleure compréhension du phénomène.

Les scientifiques de l'AIEA utilisent des isotopes radioactifs, comme le calcium 45, en tant que traceurs radioactifs pour étudier les taux de croissance chez les espèces calcifiantes comme les coraux, les moules, les patelles et autres mollusques, dont les squelettes sont composés de calcium. L'AIEA fait largement appel aux traceurs pour déterminer les effets de l'acidification des océans sur les œufs et les formes juvéniles d'espèces de vertébrés marins,

comme les poissons, et de céphalopodes, comme les calmars, les poulpes et les seiches.

L'acidification des eaux océaniques allant croissant, les conséquences sur la vie marine peuvent être graves. Les scénarios élaborés dans ce domaine prévoient notamment qu'elles seront très importantes pour les récoltes de crustacés et mollusques, comme les huîtres, les moules et les ormeaux. Les récifs coralliens, un habitat intriqué diversifié qui sert de zone de reproduction à de nombreuses espèces marines, sont appelés à se détériorer, amorçant un processus d'effets négatifs dus à l'appauvrissement de la biodiversité et à la décroissance des refuges pour la faune ichtyologique. Les transformations de la chaîne alimentaire marine auront notamment des répercussions sur la santé et la capture des poissons. En 2012, à l'échelle mondiale, le poisson assure 20 % des apports en protéines animales pour 3 milliards de personnes.

Les communautés pratiquant la pêche artisanale, les secteurs de l'emploi, du commerce et du tourisme liés aux produits de la mer et ceux dont la subsistance dépend de leur disponibilité sont tous confrontés aux mêmes problèmes : des revenus en baisse, moins d'emplois et moins de produits de la mer.

Les conséquences de l'acidification des océans se font sentir à l'échelle mondiale. De nouvelles recherches sur ce phénomène et ses conséquences sont nécessaires. On sait d'ores et déjà, par exemple, qu'il existe des différences régionales au niveau de la vulnérabilité des zones de pêche à l'acidification. La combinaison d'autres facteurs, comme le réchauffement climatique, la destruction des habitats, la surpêche et la pollution, doit être prise en compte lors de l'élaboration de stratégies visant à améliorer la résilience de l'environnement marin. Parmi les mesures d'atténuation qui peuvent être prises, on peut citer une meilleure protection des écosystèmes côtiers, comme les mangroves et les prairies sous-marines, qui contribuera à la protection des zones de pêche. Cette recommandation est tirée des conclusions d'un atelier de trois jours organisé par l'AIEA et le Centre scientifique de Monaco, en novembre 2012, auquel ont assisté des économistes et des scientifiques. Ces derniers ont aussi souligné dans leurs recommandations que l'impact de l'acidité croissante des océans doit être prise en compte dans la gestion des pêches, plus particulièrement là où les produits de la mer sont une source d'alimentation principale.

---

Peter Rickwood, Division de l'information de l'AIEA



# DES SIGNAUX D'ALARME

## L'AIEA PROMeut UNE ACTION MONDIALE CONTRE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS



L'acidification des océans affecte déjà les écosystèmes marins et les services qu'ils rendent à l'humanité.

(Photo : iStockphoto)

L'AIEA encourage les scientifiques à collaborer pour livrer les connaissances solides et factuelles nécessaires à l'évaluation de l'impact des activités humaines sur les environnements côtiers et marins.

Des revues scientifiques bien connues ont appelé l'attention sur les dangers imminents d'une acidification des océans et de ses conséquences sur les zones côtières et la vie marine. Dans son numéro de juillet 2013, la revue *Nature* fait l'analyse suivante : « Même si le nombre de chercheurs, les financements et les méthodologies seront toujours des facteurs contraignants, nous pensons que le plus gros frein aux avancées dans ce domaine réside ailleurs dans le manque de connaissance des grands principes qui régissent la manière dont l'acidification

des océans affecte les espèces et les écosystèmes. Ces principes seront déterminants pour traiter les problèmes, dont les transformations des processus biogéochimiques, comme la fixation de l'azote, et des interactions entre les animaux, les plantes et les bactéries.

L'élaboration de ces principes fédérateurs exigera une approche interdisciplinaire qui structure les recherches menées au titre de projets multinationaux et nationaux sur l'acidification des océans. La création du Centre international de coordination sur l'acidification des océans, annoncée en juin 2012, est un premier motif de satisfaction.

L'acidification des océans affecte déjà les écosystèmes marins et les services qu'ils rendent à l'humanité. Étant donné qu'il faudra des milliers d'années pour bouleverser la chimie des océans, nous estimons que les recherches devraient viser à trouver des solutions plutôt qu'à simplement apporter des preuves de la catastrophe. En définitive, seule la réduction des niveaux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère atténuera les problèmes d'acidification des océans. Entre-temps, les chercheurs peuvent améliorer leur compréhension des impacts biologiques de l'acidification des océans et recenser les organismes et écosystèmes les plus menacés. Nous pouvons aussi gagner du temps en atténuant les pressions d'origine anthropique comme la surpêche, l'eutrophisation et la pollution<sup>1</sup> ».

## La mission de l'OA-ICC

Ces 10 dernières années, les recherches scientifiques internationales ont montré les dangers auxquels la vie marine peut être exposée du fait de l'acidification des océans. Le Projet européen sur l'acidification des océans (EPOCA)<sup>2</sup>, projet de quatre ans qui s'est achevé en 2012, a été l'un des premiers projets multinationaux consacrés à cette question. Il fait fond sur la nécessité de continuer à développer des activités internationales, comme l'ont fait le groupe de travail sur l'acidification des océans SOLAS-IMBER<sup>3</sup> et le groupe international des utilisateurs référents sur l'acidification des océans (IOA-RUG). Ces groupes ont souligné la nécessité d'un effort international élargi pour coordonner, promouvoir et favoriser les activités scientifiques et connexes sur l'acidification des océans. En juin 2012, à la Conférence Rio+20, l'AIEA a annoncé la création du Centre international de coordination sur l'acidification des océans (OA-ICC) dans les locaux des Laboratoires de l'environnement de l'AIEA à Monaco. Ce centre a pour mission de favoriser les actions et les interventions contre l'acidification des océans à l'échelle mondiale.

Lancés initialement pour trois ans sous la forme d'un projet, les travaux de l'OA-ICC sont financés et soutenus par plusieurs États Membres de l'AIEA par le biais de l'Initiative sur les utilisations pacifiques de l'AIEA. Le centre coopère avec d'autres grands projets nationaux et internationaux participant à des recherches sur l'acidification des océans. Un Conseil consultatif, composé de membres de la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, de l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère des États-Unis, de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, de la Fondation Prince Albert II de Monaco et du groupe international des utilisateurs référents sur l'acidification des océans ainsi que de scientifiques éminents, apporte son concours à ses travaux.

## Les travaux de l'OA-ICC

L'OA-ICC a pour objectif de favoriser l'échange d'informations et la promotion de la collaboration internationale, de la formation, de l'élaboration de pratiques optimales, de l'accès aux données relatives à l'acidification des océans et d'autres initiatives de collaboration. Son site Internet et son centre d'information communiquent des informations à divers publics, dont des responsables politiques et des décideurs.

En outre, l'OA-ICC sensibilise à l'utilisation des techniques traditionnelles et des techniques nucléaires et isotopiques, l'objectif étant de comprendre l'évolution des environnements côtiers et marins et de contribuer à la recherche de solutions efficaces pour entretenir la résilience de ces écosystèmes. Dans le cadre de ses activités d'information active, il démontre comment la recherche peut être mise à profit pour contribuer au développement durable et au renforcement de la résilience de ces écosystèmes.

L'AIEA encourage l'adoption d'une approche globale pour l'étude, la surveillance et la protection des écosystèmes marins, côtiers et terrestres. L'OA-ICC favorise une coopération efficace et mondiale pour lutter contre la menace d'acidification des océans.

---

Aabha Dixit, Division de l'information de l'AIEA

<sup>1</sup> Reproduit avec l'autorisation de MacMillan Publishers Ltd : NATURE Comment, Vol. 498, p. 429, Dupont, S. ; Poertner, H. ; 27 juin 2013 .

<sup>2</sup> Le Projet européen sur l'acidification des océans a été la première grande initiative de recherche européenne consacrée à l'étude de l'impact et des conséquences de l'acidification des océans. Plus de 100 scientifiques de 27 établissements et de neuf pays lui ont apporté leurs compétences, donnant naissance à un groupe pluridisciplinaire et adaptable. Il a été financé pendant quatre ans (2008-2012) par la Commission européenne dans le cadre de son septième programme-cadre.

<sup>3</sup> SOLAS : Étude sur la couche troposphérique à la surface de l'océan et IMBER : Projet de recherche intégrée sur la biogéochimie marine et l'écosystème.



# DES PARTENARIATS POUR PROTÉGER L'OcéAN

## L'AIEA COLLABORE AVEC DES ORGANISATIONS INTERNATIONALES

Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA aident les États Membres à déterminer et à surveiller l'impact de la pollution des zones côtières sur le cycle de vie du milieu marin et les services rendus par ses écosystèmes au moyen de techniques nucléaires et isotopiques. Ces dernières permettent d'approfondir les connaissances dans ce domaine et d'améliorer la gestion et la protection de l'environnement. Par exemple, les radiotraceurs aident à suivre le mouvement de divers types d'éléments traces et de polluants industriels et améliorent notre connaissance des processus biologiques marins.

Comme de vastes éponges, les océans absorbent naturellement le dioxyde de carbone de l'atmosphère, essentiellement dû à l'utilisation de combustibles fossiles, contribuant ainsi à atténuer les effets du réchauffement climatique. Les quantités absorbées ont régulièrement augmenté pour atteindre maintenant 9 milliards de tonnes par an. Cette modification du cycle mondial du carbone, qui a eu un impact sur le climat, a une autre conséquence sur l'environnement – l'acidification des océans – avec de graves répercussions sur la vie humaine, des retombées sur les zones côtières et la vie marine et le risque d'altérer les plus grandes ressources naturelles de la planète – les océans.

Depuis quelques années, des organisations internationales conjuguent leurs ressources et leurs connaissances afin de lutter contre la menace écologique imminente d'acidification des océans. En étroite collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), l'Organisation maritime internationale (OMI), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), l'AIEA met en œuvre des programmes efficaces de développement durable consistant notamment à améliorer « l'état de santé » des océans en utilisant des techniques nucléaires et isotopiques pour surveiller les atteintes à la vie marine et aux zones côtières.

L'AIEA joue un rôle important en soutenant des initiatives internationales visant à suivre les modifications de l'équilibre écologique sous l'effet de l'acidification des océans. Avec la COI/UNESCO et la Principauté de Monaco, elle a parrainé, en 2008, la signature par 155 scientifiques internationaux de la Déclaration de Monaco sur l'acidification des océans<sup>1</sup>. Cette dernière appelle à

réduire considérablement les émissions de CO<sub>2</sub> pour éviter des dommages étendus aux écosystèmes marins provoqués par ce phénomène. L'AIEA est aussi un membre actif d'ONU-Océans, mécanisme de coordination interorganisations pour les questions liées aux océans et aux côtes au sein du système des Nations Unies.

Pour de plus amples renseignements sur le rôle moteur de l'AIEA au sein du Centre international de coordination sur l'acidification des océans, prière de se reporter aux pages 10 et 11.

Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA organisent régulièrement des cours, des tests de compétences et des comparaisons interlaboratoires pour le Programme coordonné de surveillance continue et de recherche en matière de pollution dans la Méditerranée (MED POL) du Plan d'action pour la Méditerranée du PNUE. Dans le cadre de cette collaboration, des laboratoires de la région méditerranéenne dotés d'instruments appropriés déterminent des éléments traces et des contaminants organiques et constituent une base de données sur la surveillance aux fins de l'évaluation des impacts de la pollution.

Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA ont aidé à mettre en place des capacités d'analyse dans de nombreux laboratoires des États participants. Ainsi, en 2011-2012, quatre cours régionaux sur l'analyse des polluants dans des échantillons marins ont été organisés à Monaco avec la participation de 24 scientifiques de 11 pays méditerranéens. L'AIEA a aussi organisé à l'intention de ces pays et d'autres régions quatre tests de compétences.

Des études régionales interlaboratoires sont organisées pour donner des avis spécialisés sur la qualité des résultats des mesures et élaborer des plans d'action face aux risques que la pollution fait courir aux zones marines et côtières<sup>2</sup>. Dans le cadre de ce programme, des experts de l'AIEA donnent des informations détaillées sur l'utilisation d'isotopes radioactifs pour la surveillance de la détérioration de l'écosystème marin.

L'AIEA participe activement aux travaux de l'Organisation régionale pour la protection du milieu marin (ROPME) de la région du Golfe, qui sert de secrétariat pour la Convention régionale de Koweït pour la coopération en vue de la protection du milieu marin contre la pollution et le Plan d'action de Koweït<sup>3</sup>. Toutes deux collaborent dans toute la région du Golfe et dans le Golfe d'Oman depuis le début des années 1980. Au nombre des



activités marquantes figurent des études de « dépistage de contaminants » dans les eaux côtières, les sédiments et les poissons et l'analyse de polluants inorganiques et organiques. Les évaluations de la pollution exécutées dans le cadre de ces projets aident les États Membres de la région à mieux comprendre l'état de détérioration des zones côtières et de la vie marine. Des visites à Bahreïn, dans les Émirats arabes unis, en République islamique d'Iran, au Koweït, en Oman et au Qatar dans le cadre de la ROPME ont permis d'évaluer les besoins en infrastructure et en formation pour faire face à la catastrophe environnementale qui s'annonçait.

L'AIEA a organisé des cours distincts sur l'analyse des éléments traces et des contaminants organiques dans tous les pays membres de la ROPME, et sur l'organisation périodique d'études régionales en laboratoire pour le réseau des laboratoires de la ROPME. Trois tests de compétences ont été effectués pour les pays de la ROPME afin d'améliorer la performance des laboratoires des États Membres dans l'analyse des radionucléides, des éléments traces, des hydrocarbures de pétrole et de composés chlorés dans des échantillons marins.

Plus au sud, l'AIEA a soutenu le projet du PNUE intitulé « Aborder les activités terrestres de l'Océan Indien occidental » – un projet de quatre ans lancé en 2006, dont l'objectif était d'analyser les principaux problèmes environnementaux. Elle a aidé huit pays de cette région (Afrique du Sud, Comores, Kenya, Madagascar, Maurice, Mozambique, République-Unie de Tanzanie et Seychelles) à évaluer des contaminants marins clés et à établir un programme régional de surveillance sur le long terme.

L'assistance de ses Laboratoires de l'environnement a notamment consisté à organiser des cours régionaux et des études interlaboratoires pour évaluer la performance du Centre d'activité régional, un laboratoire régional qui se consacre à la surveillance de la pollution marine pour le compte de ces pays. Les techniques nucléaires permettent de déterminer les types de polluants dans des échantillons marins, et ces outils scientifiques ont été mis au point et modernisés par les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA en corrélation avec le Programme pour les mers régionales du PNUE. Ce dernier fournit aux États Membres un mécanisme avancé grâce auquel ils peuvent évaluer les effets préjudiciables des polluants et prendre des mesures correctives pour préserver l'équilibre écologique.

La région de la mer Noire a aussi bénéficié de la coopération de l'AIEA avec le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), la Commission pour la protection de la mer Noire contre la pollution et le Bureau des Nations Unies pour les services d'appui aux projets (UNOPS) dans le cadre du Projet de remise en état de l'écosystème de la mer Noire, qui a aidé six pays riverains – Bulgarie, Fédération de Russie, Géorgie, Roumanie, Turquie et Ukraine – à renforcer leurs installations en vue d'améliorer l'analyse des principaux contaminants marins comme les métaux

lourds, les produits pétrochimiques, et les polluants organiques.

En 2010, l'AIEA a collaboré avec le FEM et l'UNOPS au titre du projet du grand écosystème marin de la mer Jaune pour aider la Chine et la République de Corée à produire des données fiables sur les principaux contaminants dans l'environnement marin. Des tests de compétences dans le cadre de l'analyse, par des techniques nucléaires, de polluants organiques et de métaux traces dans des sédiments et des matières de référence du biote ont été effectués pour des laboratoires de l'environnement marin dans la région de la mer Jaune. Cinq laboratoires de la Chine et de la République de Corée ont participé aux tests de compétences organisés par les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA. Dans le cadre du programme du PNUD en Iraq en 2003 et 2004, ces derniers ont été appelés à coordonner une vaste étude de la pollution des sédiments marins dans quelque 30 épaves de navires échoués dans les voies d'eau du pays. Un large éventail de polluants persistants et toxiques (métaux lourds et hydrocarbures du pétrole) a été analysé dans plus de 190 échantillons de sédiments. On se sert actuellement des résultats pour réduire au minimum les risques que comportent les opérations de sauvetage pour les populations et l'environnement marin.

**L'AIEA joue un rôle important en soutenant des initiatives internationales visant à suivre les modifications de l'équilibre écologique sous l'effet de l'acidification des océans.**

Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA travaillent aussi avec l'Organisation régionale pour la conservation de l'environnement de la mer Rouge et du golfe d'Aden (PERSGA). Des fonctionnaires et des experts de l'AIEA se sont rendus dans des pays de la région pour évaluer les capacités nationales et régionales de surveillance du milieu marin, puis ont fait des recommandations en ce qui concerne la formation et le renforcement des capacités.

Dans le cadre du Programme environnemental pour la Caspienne (CEP), programme intergouvernemental des cinq États riverains de la Caspienne (Azerbaïdjan, Fédération de Russie, Kazakhstan, République islamique d'Iran et Turkménistan), des études ont été menées sur l'accumulation des polluants dans l'environnement marin. Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA s'associent à ce programme en donnant des avis spécialisés et un appui technique constant en vue du lancement d'un programme régional de surveillance de la pollution marine. Des techniques nucléaires sont employées pour étudier et évaluer l'impact sur l'écosystème marin des déchets toxiques provenant des activités anthropiques, notamment minières, qui ont aggravé le problème constitué par la présence de métaux lourds dans les sédiments de la mer Caspienne.

Dans le cadre de leur étroite collaboration avec la Commission OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est<sup>4</sup>, créée en 1992, les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA procèdent à des travaux d'analyse de l'assurance de la qualité d'outils nucléaires et isotopiques pour des laboratoires de l'Allemagne, de la Belgique, du Danemark, de l'Espagne, de la France, de l'Irlande, des Pays-Bas, du Portugal, du Royaume-Uni et de la Suède. Cet appui renforce les connaissances et permet de disposer de techniques de surveillance avancées pour observer les changements intervenant dans le milieu aquatique et réduire l'impact de la pollution.

Un programme similaire, exécuté sous l'égide de la Commission pour la protection de l'environnement marin de la mer Baltique<sup>5</sup>, auquel les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA collaborent avec des laboratoires de l'Allemagne, du Danemark, de l'Estonie, de la Fédération de Russie, de la Finlande, de la Lettonie, de la Lituanie, de la Pologne et de la Suède, assure la qualité des analyses et procure un accès en ligne libre aux données sur la radioactivité marine en mer Baltique. En mai 2013, la troisième réunion annuelle de ce groupe s'est tenue aux Laboratoires de l'environnement de l'AIEA, à Monaco. Les participants y ont examiné les derniers rapports sur les rejets de radionucléides en mer Baltique provenant d'installations nucléaires et sur les niveaux des radionucléides naturels et artificiels dans l'eau de mer, les sédiments et les organismes marins de ce milieu.

L'étendue de la collaboration entretenue par l'AIEA au niveau mondial sur l'acidification des océans et la pollution marine, y compris par les déchets marins et le plastique, montre que des mesures urgentes de coopération sont nécessaires pour réduire l'ampleur des dommages à la vie marine, aux océans et aux zones côtières et doivent être pérennisées. Les partenariats noués avec d'autres organismes internationaux pour l'application de techniques nucléaires et isotopiques aident donc à mieux comprendre les processus océaniques, les écosystèmes marins et les effets de la pollution.

Enfin et surtout, ils donnent la possibilité d'exploiter les données obtenues grâce à cette collaboration pour rechercher les meilleures solutions possibles aux problèmes environnementaux qui affectent tous les États Membres. Forte de son expérience et de ses

connaissances uniques, l'AIEA joue un rôle clé avec d'autres organisations internationales en œuvrant à une exploitation durable des océans. Il faut conserver les océans « en bonne santé » si l'on veut que les générations futures puissent continuer de profiter de l'abondance de la vie marine.

---

Aabha Dixit, Division de l'information de l'AIEA

<sup>1</sup> <http://www.ocean-acidification.net/Symposium2008/MonacoDeclaration.pdf>

<sup>2</sup> La précision des données est essentielle pour évaluer la dégradation de l'environnement marin. Les services d'assurance de la qualité de l'AIEA pourvoient, à l'intention des laboratoires des États Membres, à la formation nécessaire, à l'organisation d'exercices de comparaison interlaboratoires et de tests de compétences appliqués aux techniques nucléaires et isotopiques pour l'évaluation des informations recueillies. Ces exercices et tests sont conformes aux normes et procédures internationales.

<sup>3</sup> La Conférence régionale de plénipotentiaires sur la protection et la mise en valeur de l'environnement marin et des zones côtières de l'Arabie saoudite, de Bahreïn, des Émirats arabes unis, de la République islamique d'Iran, de l'Iraq, du Koweït, d'Oman et du Qatar a eu lieu au Koweït, du 15 au 23 avril 1978. Le 23 avril 1978, elle a adopté le Plan d'action de Koweït, la Convention régionale de Koweït pour la coopération en vue de la protection du milieu marin contre la pollution et le Protocole concernant la coopération régionale en matière de lutte contre la pollution par les hydrocarbures et autres substances nuisibles en cas de situation critique.

<sup>4</sup> La Convention OSPAR a remplacé la Convention pour la prévention de la pollution marine par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs (convention d'Oslo, 1972) et la Convention pour la prévention de la pollution marine d'origine tellurique (convention de Paris, 1974). Pour de plus amples informations, consulter le lien : <http://www.ospar.org>

<sup>5</sup> Pour de plus amples informations, consulter le site : [www.helcom.fi](http://www.helcom.fi)

# RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DANS L'UTILISATION DES TECHNIQUES NUCLÉAIRES POUR LA PRÉSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT



Des politiques environnementales rationnelles sont nécessaires pour protéger l'équilibre écologique vital de systèmes naturels sains sur la terre et dans les océans.

(Photo : iStockphoto)

L'AIEA aide les États Membres à utiliser la technologie nucléaire pour toute une série d'applications allant de la production d'électricité à l'augmentation de la production alimentaire, et de la lutte contre le cancer à la gestion des ressources en eau douce et à la protection des zones côtières et des océans. L'assistance fournie dans le cadre des projets de renforcement des capacités de l'AIEA vise à résoudre des problèmes nationaux et régionaux particuliers. Les compétences techniques requises pour l'application de la technologie nucléaire et la connaissance des bonnes pratiques sont transférées par le biais d'activités de formation, d'échanges d'informations, de projets de recherche coordonnée et du programme de coopération technique.

La gestion durable et efficace de l'environnement est un défi mondial crucial au XXI<sup>e</sup> siècle. Les pays demandent l'appui de la coopération technique pour être en mesure de comprendre, de suivre et d'atténuer les effets combinés du changement climatique et de l'acidification des océans. La formation de l'AIEA sur l'utilisation de techniques nucléaires avancées pour la surveillance de l'environnement aide les décideurs à concevoir des réponses basées sur des preuves scientifiques. Avec un personnel scientifique national bien formé et compétent, les États Membres peuvent formuler des politiques environnementales rationnelles et des stratégies réalistes pour protéger l'équilibre écologique vital de systèmes naturels sains sur la terre et dans les océans.

Outre ces activités, l'AIEA aide aussi les États Membres à renforcer leurs capacités d'assurance et de contrôle de la qualité dans leurs laboratoires de l'environnement pour que ces derniers puissent fournir des données précises qui soient comparables et basées sur un système universellement accepté. Cela est particulièrement important dans les projets régionaux impliquant plusieurs pays.

L'AIEA est spécialisée dans la production de matières de référence de haute qualité pour l'environnement. Elle est en fait le plus grand fournisseur mondial de matières de référence pour les radionucléides contenus dans différentes « matrices », telles que le poisson, les plantes, les sols, l'eau ou autres. Certaines de ces matières tiennent lieu d'étalons internationaux de mesure. L'AIEA en fournit à des laboratoires du monde entier pour les aider à appliquer des techniques appropriées d'analyse nucléaires et non nucléaires en vue d'obtenir des résultats précis, exacts et fiables. Les scientifiques des pays en développement n'ont généralement pas accès à la plupart des matières de référence, dont l'utilisation revient cher. L'AIEA appuie donc le transfert de technologie vers ces pays et fournit à bas coûts ces matières à leurs laboratoires.

Surveillance des contaminants de l'environnement par les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA



L'AIEA dispense aux États Membres une formation à l'utilisation des techniques nucléaires et isotopiques pour détecter des contaminants de l'environnement et analyser leur impact sur les organismes et la santé humaine. Grâce à cette formation, les États Membres sont mieux armés pour détecter les problèmes environnementaux. Les techniques nucléaires et isotopiques permettent d'obtenir des données de haute résolution qui quantifient l'impact des éléments et des processus chimiques dans l'environnement. Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA utilisent les radionucléides et les isotopes stables pour étudier les processus environnementaux, les effets des contaminants dans les écosystèmes, les interactions entre l'atmosphère et les océans, les systèmes d'eaux de surface et d'eaux souterraines et la réaction des systèmes atmosphériques, hydrologiques et marins au changement climatique.

**Les techniques nucléaires offrent des outils uniques et précis pour surveiller l'acidification des océans. Dans les Laboratoires de radioécologie de l'AIEA à Monaco, des études précises des taux de calcification d'organismes marins sont menées à l'aide de radiotraceurs**

Les cours dispensés par l'AIEA permettent aux scientifiques de connaître les techniques nucléaires et isotopiques utilisées pour déterminer et analyser la composition, la migration et le transport par les courants océaniques des contaminants ainsi que leur impact sur l'environnement. Au fil des ans, l'AIEA a organisé de nombreux cours régionaux à l'appui du renforcement des capacités en matière de protection de l'environnement marin dans le cadre des projets de coopération technique régionaux et interrégionaux dans différentes régions du monde<sup>1</sup>.

La menace que représentent pour l'environnement le changement climatique et l'acidification des océans est une préoccupation mondiale. Pour y remédier, les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA lancent, en collaboration avec des établissements d'États Membres, des projets visant à surveiller, évaluer et prévoir l'impact de ces changements sur l'écosystème marin et les zones côtières. Parallèlement, des experts de l'AIEA aident les États Membres à développer leurs capacités d'analyse des effets de l'acidification des océans sur les récifs coralliens, les zones de pêche et les écosystèmes marins côtiers. L'AIEA évalue en outre les effets négatifs potentiels de ce phénomène sur les activités humaines, sociales et économiques. Compte tenu des préoccupations grandissantes des États Membres quant à la sévérité de ces effets, les activités de formation et de recherche de l'AIEA prennent également en compte les problèmes écologiques connexes pour les zones côtières et la vie marine. Les données et les nouvelles compétences

techniques qui en résultent sont nécessaires pour planifier des mesures visant à protéger les communautés tant à présent qu'à l'avenir.

Les techniques nucléaires offrent des outils uniques et précis pour surveiller l'acidification des océans. Dans les Laboratoires de radioécologie de l'AIEA à Monaco, des études précises des taux de calcification d'organismes marins sont menées à l'aide de radiotraceurs. Des études de radioécologie portent également sur les effets des niveaux élevés de CO<sub>2</sub> dissous et de la diminution du pH de l'eau de mer sur la bioaccumulation de métaux traces et d'autres polluants à différents stades de la vie des mollusques et des poissons.

Formation de l'AIEA pour le renforcement des capacités nationales

Les activités menées au titre du programme de coopération technique (CT) de l'AIEA sont conçues pour répondre aux besoins particuliers des États Membres pour traiter les priorités nationales en matière de développement et contribuer au progrès socio-économique. Ce programme est mis en œuvre dans quatre régions géographiques : l'Afrique, l'Asie et le Pacifique, l'Europe, et l'Amérique latine.

Dans le cadre de son programme de coopération technique, l'AIEA aide les États Membres à renforcer leurs compétences en matière d'utilisation des techniques nucléaires et isotopiques pour surveiller et gérer l'environnement marin et pour essayer de remédier à la dégradation des écosystèmes côtiers. Elle facilite le transfert de techniques utiles et testées et appuie la formation à ces techniques.

Le projet régional de CT RLA/7/012 intitulé « Utilisation des techniques nucléaires pour traiter les problèmes de gestion des zones côtières dans les Caraïbes » a appuyé la gestion intégrée des zones côtières dans l'ensemble de la région des Caraïbes de 2008 à 2012.

Un autre projet régional de renforcement des capacités<sup>2</sup> a été mis en place pour aider les pays à évaluer la toxicité des proliférations d'algues nuisibles à l'aide de techniques nucléaires, ainsi qu'à concevoir et à mettre en œuvre des systèmes d'alerte rapide. Ce projet visait à sensibiliser aux dangers des proliférations d'algues nuisibles pour les êtres humains et les organismes marins et aux dommages qu'elles causent pour les écosystèmes, le secteur du tourisme et la pêche dans la région des Caraïbes. Ces algues nuisibles produisent des toxines puissantes qui peuvent tuer les poissons, les crustacés, les mammifères marins et les oiseaux, et peuvent directement ou indirectement entraîner des maladies, voire des décès parmi les populations humaines. Ce projet a été entrepris en collaboration avec la Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO<sup>3</sup>. L'AIEA est également en train de créer un réseau d'observation de l'acidification des océans dans les Caraïbes, qui sera centré

sur l'utilisation des techniques nucléaires et isotopiques pour suivre les problèmes liés au changement climatique touchant les zones côtières, tels que l'acidification des océans, et leurs liens avec les proliférations d'algues nuisibles.

Avec l'appui de l'AIEA et d'autres partenaires, les laboratoires du Centre d'études environnementales de Cienfuegos (CEAC) ont été récemment rénovés. Ils sont à présent dotés de capacités techniques avancées pour produire des données certifiées qui aident les décideurs à élaborer des plans pour améliorer la gestion de l'environnement, notamment à l'aide des techniques nucléaires, en vue de résoudre différents problèmes environnementaux touchant l'écosystème marin côtier de Cuba. Le succès de cette collaboration est illustré dans la série de photographies à la page 18 de la présente édition.

L'Accord régional de coopération sur le développement, la recherche et la formation dans le domaine de la science et de la technologie nucléaires (RCA) favorise également une coopération dynamique. Il s'agit d'un accord intergouvernemental pour la région Asie et Pacifique qui fournit un cadre aux États Membres pour intensifier les partenariats régionaux. Les projets RCA sont axés sur des besoins spéciaux partagés dans le domaine de la recherche-développement et de la formation en sciences et technologie nucléaires dans la région. Les activités d'appui de l'AIEA et du RCA visant à renforcer la capacité régionale à appliquer efficacement les techniques nucléaires évaluent la pollution des eaux côtières et les problèmes affectant le milieu marin et tentent d'y remédier. Les petits États insulaires du Pacifique sont particulièrement tributaires des ressources de l'océan et sont donc vulnérables aux effets négatifs des multiples stress environnementaux. Bien qu'ils ne soient pas parties au RCA, ils ont bénéficié de la formation aux technologies nucléaires offerte au titre de projets de cet accord.

Étant donné que les menaces pour l'environnement, telles que l'acidification des océans, deviennent un sujet de préoccupation croissante, l'AIEA continue de collaborer étroitement avec les États Membres pour les doter de techniques nucléaires et isotopiques de pointe qui leur permettent de surveiller et d'évaluer les problèmes environnementaux difficiles. Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA transfèrent et diffusent des connaissances nucléaires et isotopiques aux laboratoires des États Membres. Ils fournissent formation, avis stratégiques, aide à l'harmonisation des méthodes et appui à la qualité pour la surveillance et l'évaluation des contaminants marins. Les techniques nucléaires avancées proposées par l'AIEA peuvent permettre de confirmer l'étendue et la gravité de l'acidification des océans, des proliférations d'algues nuisibles et d'autres phénomènes nouveaux et de sensibiliser davantage à ces problèmes. Le savoir faire et l'assistance de l'AIEA aident les États Membres à élaborer et à mettre en œuvre des mesures appropriées pour protéger les zones côtières et la vie

marine et préserver des ressources naturelles et des services précieux<sup>4</sup>.

---

Aabha Dixit, Division de l'information de l'AIEA

<sup>1</sup> Il s'agit notamment du projet interrégional INT/7/018 intitulé « Appui au renforcement des capacités dans le domaine de la protection de l'environnement marin » et de projets régionaux en Afrique, en Asie et dans le Pacifique, et en Amérique latine.

<sup>2</sup> Projet de CT « Conception et mise en œuvre de systèmes d'alerte rapide et d'évaluation de la toxicité des algues nuisibles proliférant dans la région des Caraïbes, application de techniques nucléaires avancées, évaluations radio-écotoxicologiques et dosages biologiques » (ARCAL CXVI) (2009-2013).

<sup>3</sup> Un guide pour la surveillance sur le terrain des micro algues nuisibles a été élaboré par la COI de l'UNESCO, en collaboration avec l'AIEA (disponible en espagnol à l'adresse : <http://ioc-unesco.org/hab/>) ; un manuel sur les méthodes de détection des phytotoxines à l'aide du dosage par compétition est actuellement établi par l'AIEA en collaboration avec l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère des États-Unis et la COI de l'UNESCO, dans le cadre du projet interrégional de CT INT/7/017.

<sup>4</sup> Pour de plus amples informations sur les activités de l'AIEA liées à l'acidification des océans, consulter le site du Centre international de coordination sur l'acidification des océans (OA-ICC) : [www.iaea.org/nael/OA-ICC](http://www.iaea.org/nael/OA-ICC)

# PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT



**1** Le Centre d'études environnementales de Cienfuegos (CEAC) à Cuba est un centre de recherche sur l'environnement marin compétent en matière de technologies nucléaires et isotopiques. À Cuba, la sécurité alimentaire, le transport et le tourisme dépendent d'un environnement marin sain. Les scientifiques du CEAC maîtrisent les problèmes de ressources pour produire les données validées nécessaires pour une meilleure gestion de l'environnement.



**2** Le laboratoire rénové du CEAC peut procéder à des analyses complexes en utilisant les équipements offerts, dont certains acquis par le biais de la coopération technique de l'AIEA, comme des systèmes de chromatographie en phase gazeuse, de spectrométrie gamma à haute résolution et de digestion à micro-ondes. Les scientifiques du CEAC mènent des recherches, donnent des conseils sur la gestion de l'environnement, conçoivent des solutions aux problèmes d'environnement et surveillent la pollution.



**3** Miguel Gómez Batista, scientifique du CEAC et titulaire d'une bourse de coopération technique (CT) de l'AIEA aux Laboratoires de l'environnement de l'AIEA à Monaco, étudie comment l'arsenic s'accumule dans les huîtres de Cienfuegos. Carlos Alonso Hernandez, chercheur principal du CEAC, déclare : « Grâce au programme de CT de l'AIEA, le CEAC utilise les techniques nucléaires pour résoudre des problèmes d'environnement touchant les écosystèmes marins et les zones côtières ».



**4** Sans données de surveillance validées scientifiquement, les décideurs cubains avaient des difficultés à prendre des mesures contre la pollution marine. Désormais, les scientifiques du CEAC ont recours à la spectrométrie gamma pour détecter des radio-isotopes comme le plomb 210 qui permet de tracer de manière très détaillée l'accumulation de la pollution dans les sédiments sur plusieurs décennies. Ces informations aident les décideurs à élaborer des stratégies efficaces de prévention et de remédiation.



# CONTAMINATION MARINE À CUBA



**5** Une scientifique analyse les toxines libérées par les « marées rouges », ou proliférations d'algues toxiques, qui s'accumulent dans les produits de la mer, constituant un risque pour les consommateurs humains. Michel Warnau, chef du Laboratoire de radioécologie de l'AIEA, dit : « Grâce à l'engagement de son personnel, le CEAC est devenu un centre régional d'excellence, fournissant un appui à d'autres pays de la région ».



**6** Le CEAC participe à des projets régionaux de CT en Amérique latine. Par l'intermédiaire d'un réseau de bio-surveillance qui coopère avec l'AIEA, l'ARCAL (accord régional de coopération), le PNUE et le FEM, le CEAC et Cuba contribuent à déterminer l'impact de la contamination chimique, des proliférations d'algues toxiques, des changements climatiques et de l'acidification des océans sur les collectivités et la durabilité des écosystèmes marins dans toute la région.



**7** Les projets régionaux ont permis au CEAC d'étendre ses compétences pour étudier les processus de l'environnement marin. Ses scientifiques conseillent désormais leurs pairs de la région, donnent des cours dans le cadre de la CT de l'AIEA et entreprennent des missions d'experts dans l'ensemble de la région. Le CEAC fait office de centre de ressources pour la région des Caraïbes, par exemple en fournissant des services d'analyse.



**8** Le CEAC participe à des projets de recherche coordonnée de l'AIEA, qui rassemblent des chercheurs du monde entier pour l'étude d'un problème commun. Il prévoit une intensification de la coopération avec l'AIEA, le PNUE, le FEM et le Centre international de physique théorique, ainsi que de la collaboration régionale en vue d'une action coordonnée et efficace sur les questions d'environnement au niveau régional.



# FAITS CONCERNANT LES OCÉANS

## Où nous vivons

60 % de la population mondiale vivent à moins de 60 kilomètres d'une côte. D'ici à 2030, cette proportion devrait passer à 75 %.

## Le grand inconnu

95 % des océans sont encore inexplorés. Nous en savons plus sur la face cachée de la Lune que sur les océans.

## Produits chimiques toxiques

L'activité industrielle rejette quelque 300 à 400 millions de tonnes de métaux lourds, solvants, boues toxiques et autres déchets dans les eaux de la planète chaque année.

## Ce qui va dans les océans

Plus de 80 % de la pollution marine proviennent d'activités terrestres.

## Débris en plastique

Les gyres océaniques accumulent les débris, créant d'énormes vortex de déchets, comme le « grand vortex de déchets du Pacifique », avec des concentrations allant jusqu'à 1 million de particules de plastique par kilomètre carré.

70 % des déchets marins coulent sur le fond océanique, où l'on trouve jusqu'à 690 000 morceaux de plastique par kilomètre carré.



# Océans et économie

90 % du commerce mondial se font par la mer.

En 2010, les pêches et l'aquaculture ont procuré des moyens d'existence et des revenus à environ 54,8 millions de personnes travaillant dans le secteur primaire de la production de poisson, sur lesquelles quelque 7 millions étaient des pêcheurs ou des aquaculteurs occasionnels.

## Effluents

Plus de 80 % des eaux d'égout dans les pays en développement sont évacués sans traitement dans des masses d'eau.

## Récifs coralliens en danger

Environ 20 % des récifs coralliens mondiaux ont disparu. En outre, 20 % des récifs coralliens et 35 % des mangroves ont été dégradés ces dernières décennies.

## Déversements de pétrole

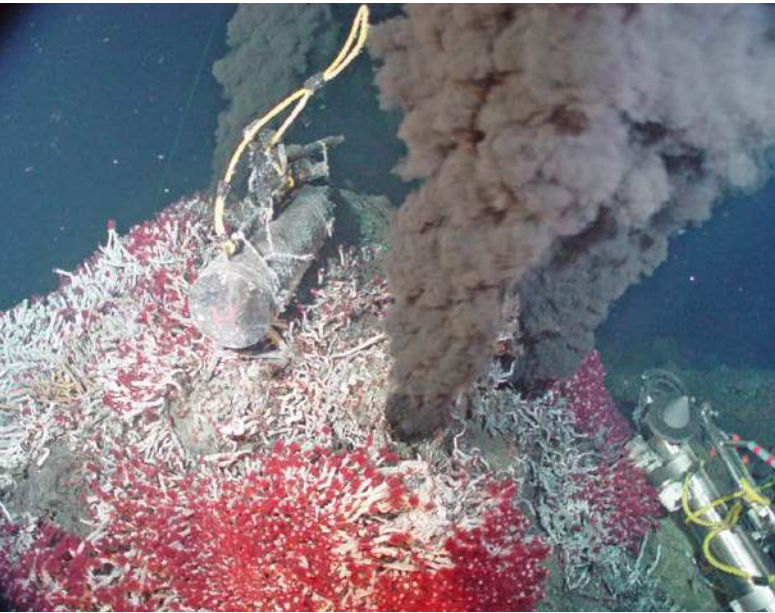
Les déversements de pétrole ne représentent qu'environ 12 % du volume total de pétrole pénétrant dans les mers chaque année. 36 % de ce volume proviennent de fuites se produisant dans les villes et les installations industrielles. Les déversements accidentels ont des conséquences dévastatrices, comme on a pu le voir en 2010 avec l'éruption du puits Deepwater Horizon, dans le golfe du Mexique.

Texte : Michael Madsen, Division de l'information de l'AIEA; Photo : istockphoto

Sources : Administration nationale des océans et de l'atmosphère (États-Unis). ; Blue Carbon: The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon (Blue Carbon report, UNEP, 2009) Blue Carbon Report ; Atlas des océans des Nations Unies ; FAO : La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2012 <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf> ; [www.un.org/Depts/los/reference\\_files/wod2011-pessoa-oceans\\_and\\_the\\_environment.ppt](http://www.un.org/Depts/los/reference_files/wod2011-pessoa-oceans_and_the_environment.ppt) ; Conseil national de la recherche des États-Unis : Oil in the Sea; [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=314&page=R1](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=314&page=R1) ; An Ecosystem Services Approach to Assessing the Impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill in the Gulf of Mexico (2013) ; <http://worldoceanreview.com/en/wor-1/pollution/oil/> ; UN WWAP 2009, "Clearing the Waters A focus on water quality solutions"; [www.unwater.org/Clearing\\_the\\_Waters.pdf](http://www.unwater.org/Clearing_the_Waters.pdf) ; [Ibid](http://www.unwater.org/Clearing_the_Waters.pdf) ; (World Ocean Review, 2010); [www.un.org/Depts/los/reference\\_files/wod2011-pessoa-oceans\\_and\\_the\\_environment.ppt](http://www.un.org/Depts/los/reference_files/wod2011-pessoa-oceans_and_the_environment.ppt)



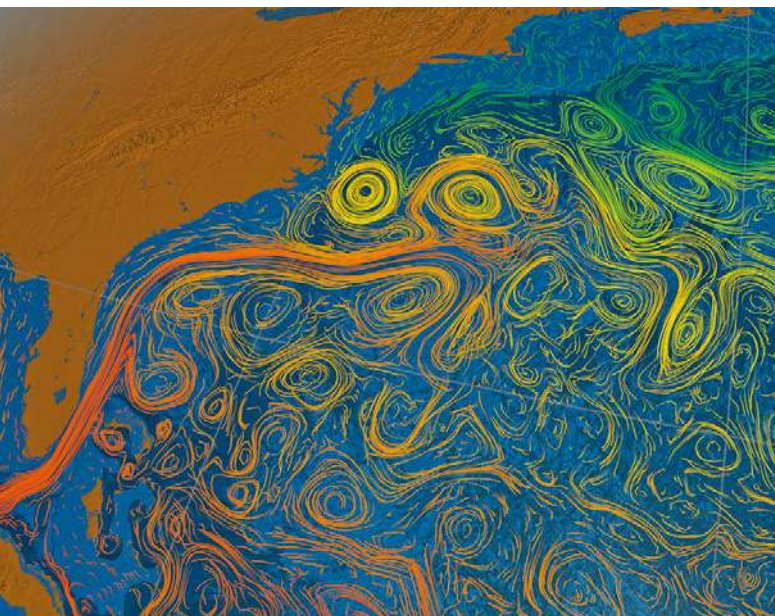
# CE QUE LES OCÉANS NOUS



**1** Berceau de la vie – D’après les connaissances scientifiques actuelles, la vie sur Terre est apparue dans les océans. Autour des cheminées hydrothermales sur le plancher océanique, nous pouvons voir comment les « extrémophiles » s’adaptent et évoluent même dans les conditions de température et de pression les plus extrêmes.



**2** De l’oxygène pour la vie – Bien que la forêt amazonienne soit considérée comme le « poumon du monde », sa production d’oxygène n’est rien à côté de celle de la vie océanique. Le phytoplancton et les algues marines produisent entre 50 et 85 % de l’oxygène total par photosynthèse.



**3** Faiseur de temps – Les océans et leurs courants sont responsables d’environ 50 % du transfert global de chaleur. Sans transfert des eaux tropicales chaudes vers les pôles et vice versa, les eaux équatoriales seraient plus chaudes de 14 °C et les eaux polaires plus froides de 25 °C. Grâce à ce transfert, Édimbourg connaît des températures plus élevées que Moscou, bien que les deux soient à la même latitude.



**4** Centrale de recyclage – La forte productivité biologique de l’océan est due à un réseau trophique complexe constitué de micro-organismes formant une « boucle microbienne ». Cette boucle est essentielle pour le recyclage de la matière organique et des nutriments. Ces organismes sont aussi un puissant « puits de carbone » car ils capturent le dioxyde de carbone, le minéralisent et le déposent au fond des océans.



# DONNENT



**5** Biodiversité – Plus de 90 % de la biomasse mondiale se trouvent dans les océans ; on estime qu'elle est constituée d'environ un million d'espèces différentes. Une biodiversité élevée stabilise un écosystème, le protégeant contre d'autres pressions et permettant l'apparition de relations complexes comme celles entre le poisson clown et l'anémone de mer.



**6** Sécurité alimentaire – Les océans nous fournissent une nourriture abondante. Jusqu'à 1,4 milliard de personnes dépendent du poisson pour un cinquième des protéines animales qu'elles consomment. Pour répondre à la demande de populations toujours plus nombreuses, davantage de poissons proviennent de la pisciculture et de la mariculture.



**7** Des nurseries actives – Bien plus qu'un sujet photogénique, les récifs coralliens sont des nurseries d'une importance essentielle pour les poissons océaniques. Oasis dans des eaux qui sont souvent peu profondes et pauvres en nutriments, ils se caractérisent par des relations symbiotiques qui recyclent et capturent des ressources limitées pour nourrir les organismes qui y vivent.



**8** Défense côtière – Peu d'écosystèmes sont aussi utiles à la société que les mangroves. Elles servent de barrières physiques contre les tempêtes, de nurseries pour les poissons et d'habitat pour les oiseaux, piègent les sédiments et arrêtent l'érosion des sols.

Texte : M. Madsen, Division de l'information de l'AIEA ;

Photos : NOAA PMEL Vents Program ; NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio, iStockphoto



# EFFETS DE LA POLLUTION SUR LES OCÉANS ET LA VIE MARINE



Il est plus aisé de caractériser les polluants marins par leur impact : toute substance introduite dans les océans et ayant des effets non souhaités.

(Photo : iStockphoto)

**O**utre l'acidification des océans, la faune et la flore marines sont gravement menacées par le déversement et le rejet croissants de polluants toxiques dans l'environnement marin. Quels sont ces polluants et comment agissent-ils sur les mers ? Comment l'AIEA contribue-t-elle à la surveillance de ces polluants ?

## Quels polluants agissent sur les mers ?

Définir ce qu'est un polluant peut être difficile car le terme s'applique à de nombreuses substances, outre les sous-produits industriels toxiques. Il est plus aisé de caractériser les polluants marins par leur impact : toute substance introduite dans les océans et ayant des effets non souhaités. Cette définition large inclut les métaux lourds, comme le plomb et le mercure, et les composés organiques synthétiques comme les pesticides chlorés, les produits ignifuges et les polychlorobiphényles (PCB), mais aussi certains éléments indispensables à

la vie, comme les composés d'azote et de phosphore. Ces polluants peuvent avoir été déversés directement et illégalement dans les océans sous forme de déchets industriels ou y avoir été transportés par des processus naturels plus difficiles à contrôler comme les vents, les eaux de ruissellement et les eaux fluviales. Grâce à une surveillance minutieuse et des règlements stricts, les gouvernements espèrent contrôler les polluants nocifs entrant dans les mers.

## Comment les métaux lourds agissent-ils sur les organismes ?

Si les métaux lourds comme le plomb et le mercure peuvent être mortels lorsqu'ils sont ingérés en grande quantité sur une courte période, la plupart des métaux lourds nuisent à la vie marine en réduisant généralement la longévité des organismes, ainsi



que leur « recrutement », ou leur capacité d'avoir une descendance qui leur survive. La réduction de la durée de vie et du recrutement des organismes clés affaiblit considérablement l'écosystème, le rendant plus vulnérable à d'autres menaces comme la surpêche, les changements climatiques ou l'acidification des océans. La dégradation du milieu marin est souvent attribuée à la combinaison de ces facteurs de perturbation plutôt qu'à une cause unique.

## Comment les composés d'azote et de phosphore agissent-ils sur les organismes ?

L'azote et le phosphore, éléments naturels essentiels à la vie et à la croissance des plantes, sont des composants clés des engrais. Lorsque l'on utilise trop d'engrais dans les champs, les eaux de pluie peuvent emporter le surplus d'azote et de phosphore dans les eaux fluviales puis vers la mer. Ces éléments nutritifs peuvent alors faire exploser les populations de phytoplancton, phénomène que l'on appelle « prolifération » de populations. Les algues toxiques peuvent alors transmettre des toxines aux poissons, qui peuvent ensuite être consommés par l'homme. Dans certains cas, cette suralimentation, ou « eutrophisation », peut accroître la population de certaines espèces au détriment d'autres.

La prolifération d'algues toxiques peut provoquer un déficit en oxygène dans certaines zones en raison de la décomposition de la biomasse planctonique et créer ainsi des « zones mortes », zones d'anaérobie où la faune et la flore marines normales ne peuvent survivre.

## Où vont les polluants ?

Lorsque des organismes ingèrent et retiennent plus de polluants et de toxines qu'ils ne peuvent en éliminer, une « bioaccumulation » se produit. Dans la chaîne alimentaire, les concentrations de polluants ont tendance à augmenter dans l'organisme des grands prédateurs (bioamplification). L'être humain, au sommet de la chaîne alimentaire, court un grand risque d'accumulation de fortes concentrations de polluants dans ses tissus corporels. Des travaux de recherche menés sur des grands prédateurs de l'environnement marin (grands poissons, phoques et oiseaux) nous aident à comprendre le processus de bioamplification et à évaluer la sécurité sanitaire des produits de la mer.

## Comment les techniques nucléaires peuvent-elles atténuer la pollution ?

Les eaux usées domestiques et les déchets solides qui résultent de leur traitement peuvent être dangereux pour la santé humaine et l'environnement s'ils ne sont pas

gérés correctement. Dans le même temps, les déchets solides provenant des eaux usées contiennent de la matière organique et des éléments nutritifs précieux, qui pourraient enrichir les sols et se révéler être des ressources importantes à condition de pouvoir être traités de manière adéquate pour éviter les risques et d'être utilisés en toute sûreté, conformément aux bonnes pratiques.

Les boues d'épuration peuvent aujourd'hui être traitées à l'aide de rayons gamma produits par une source au cobalt 60 ou d'un accélérateur d'électrons, afin d'éliminer les agents pathogènes (causant des maladies) présents dans ces boues tels que bactéries, champignons ou virus. Cette application nucléaire permet de rejeter des boues dans l'environnement de manière sûre. Une installation pilote d'irradiation gamma des boues est en service en Inde. Ce processus permet d'obtenir des boues sèches, exemptes de pathogènes, pouvant être utilisées avantageusement comme engrais dans l'agriculture. Les essais menés sur le terrain à Baroda ont confirmé que cet engrais permet d'accroître les rendements agricoles et d'améliorer les conditions du sol.

Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA utilisent des radio-isotopes pour retrouver et suivre les sources de polluants et aider ainsi les pays à contrôler leur impact sur l'environnement.

## Comment l'AIEA apporte-t-elle son aide ?

L'AIEA aide ses États Membres à utiliser les technologies nucléaires pour surveiller la pollution des sols et de la mer. Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA utilisent des radio-isotopes pour retrouver et suivre les sources de polluants et aider ainsi les pays à contrôler leur impact sur l'environnement. Par exemple, l'AIEA a appuyé une étude des effets de traces de cadmium (métal toxique) sur les poissons et crustacés au Chili<sup>1</sup>. Des expériences ont été conçues pour utiliser le cadmium 109 comme radiotraceur permettant de mesurer la rapidité avec laquelle le cadmium présent dans les moules est rejeté afin de comprendre la bioaccumulation de ce métal dangereux.

---

Michael Madsen, Division de l'information de l'AIEA.

<sup>1</sup> Études des impacts écotoxicologiques sur l'environnement marin à l'aide de techniques nucléaires ; <http://www.iaea.org/monaco/page.php?page=2221>

# L'AIEA SURVEILLE LA RADIOACTIVITÉ MARINE

Le 10 mars 1961, l'AIEA, la Principauté de Monaco et l'Institut océanographique, alors dirigé par Jacques Cousteau, ont conclu un accord relatif à un projet de recherche sur l'impact de la radioactivité dans la mer. L'inauguration des laboratoires marins de l'AIEA à Monaco la même année a marqué le début d'une ère nouvelle pour la recherche sur l'environnement marin.

Déterminer les sources de pollution est l'un des principaux problèmes lorsque l'on évalue l'incidence et la gravité des contaminants dans l'environnement marin.

Les études isotopiques sont un outil de diagnostic puissant et sans pareil pour mener des recherches sur divers types, niveaux et effets de pollution et de contamination radioactive dans l'environnement marin.

En fournissant des informations détaillées sur les techniques nucléaires et isotopiques, l'AIEA aide les États Membres à utiliser les outils scientifiques pour identifier précisément et tracer les contaminants nucléaires et non nucléaires, ainsi que pour étudier leurs effets biologiques. Déterminer les sources de pollution est l'un des principaux problèmes lorsque l'on évalue l'incidence et la gravité des contaminants dans l'environnement marin. Les études isotopiques sont un outil de diagnostic puissant et sans pareil pour mener des recherches sur divers types, niveaux et effets de pollution et de contamination radioactive dans l'environnement marin.

Les laboratoires ont depuis fourni un appui scientifique et analytique précieux pour des études capitales sur les niveaux de pollution radioactive et non radioactive dans toutes les grandes mers. Il s'agit notamment d'études de référence sur la radioactivité dans l'Atlantique, le Pacifique Nord et Sud, l'océan Indien, les océans Arctique et Antarctique, les mers d'Extrême-Orient, la Méditerranée et la mer Noire. Des études régionales ont aussi été menées dans le Golfe, en mer d'Irlande, en mer de Kara et en mer Caspienne, en Nouvelle-Calédonie et sur les atolls de Mururoa et Fangataufa.

Des substances radioactives ont pénétré dans l'océan Pacifique à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi en 2011. Les pays de la région ont lancé un projet de coopération technique de l'AIEA pour harmoniser les mesures des divers radio isotopes dans les eaux, le biote et les sédiments marins, ainsi que dans les matières en suspension, pour déterminer l'impact sur l'environnement marin. Grâce à la mesure uniforme des radio-isotopes dans les océans, les évaluations d'impact

seront comparables et vérifiables sur l'ensemble de l'énorme volume de l'océan Pacifique. Le projet renforcera les capacités nationales, ce qui améliorera l'échange des données résultant des mesures dans l'océan, ainsi que des informations sur l'impact potentiel de ces radio-isotopes et les risques de la consommation d'aliments d'origine marine pour le biote marin et les personnes. Vingt et un États Membres de l'AIEA et trois États non membres participent au projet.

Le projet a été approuvé en juin 2011 par le Conseil des gouverneurs de l'AIEA, qui a répondu rapidement à la demande des États Membres de la région ; son exécution a commencé le 1er juillet 2011 et il devrait être achevé en 2015. Les États-Unis, la Nouvelle-Zélande, l'Australie et le Japon fournissent des ressources extrabudgétaires pour le projet, qui est piloté par l'Australie.

La majorité des pays participant au projet collaborent dans le cadre de l'Accord régional de coopération sur le développement, la recherche et la formation dans le domaine de la science et de la technologie nucléaires (RCA)<sup>1</sup>. Les autres pays participants sont le Cambodge, Fidji, les Îles Cook, les Îles Marshall, les Îles Salomon, le Népal et les Palaos.

---

Aabha Dixit et Peter Kaiser, Division de l'information de l'AIEA.

<sup>1</sup>Établi en 1972, le RCA constitue un réseau intergouvernemental de décideurs et de scientifiques dont l'AIEA assure le secrétariat. Les pays parties au RCA qui participent au projet sont l'Australie, le Bangladesh, la Chine, l'Inde, l'Indonésie, le Japon, la Malaisie, la Mongolie, le Myanmar, la Nouvelle-Zélande, le Pakistan, les Philippines, la République de Corée, Singapour, Sri Lanka, la Thaïlande et le Vietnam.

# ENTRE MER ET TERRE – PROTÉGER UN TAMPON ESSENTIEL

Ni océan, ni terre, les zones côtières sont écologiquement et économiquement importantes. Représentant un cinquième de la surface de la Terre, les côtes connaissent la plus forte croissance démographique de la planète. Des moyens d'existence dans le tourisme, l'industrie, la pêche et le commerce, de même que des revenus de plusieurs centaines de milliards de dollars, sont produits dans ces zones.

## Des aliments pour une population toujours plus nombreuse

Les prises de poissons sauvages dans les zones côtières sont un apport essentiel pour l'aquaculture, système de production alimentaire dont la croissance est la plus rapide dans le monde et qui dépend fortement de la pêche en mer. D'après les Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO pour 2013-2022, l'aquaculture devrait dépasser la pêche comme principale source de poisson pour la consommation humaine d'ici 2015. La production mondiale totale de poissons d'élevage dépasse désormais celle de bœuf<sup>1</sup>.

## Protection irremplaçable

Comme des zones côtières saines sont de puissants facteurs de durabilité des écosystèmes et des économies, il faut les préserver. Elles servent de protection côtière naturelle sous forme de mangroves, de bancs de sable, de coraux et de marais salés, réduisant l'impact des inondations et même des tempêtes toujours plus fortes, qui devraient devenir plus fréquentes avec le réchauffement des eaux et l'élévation du niveau des mers. Les récifs coralliens, par exemple, brisent les vagues et empêchent l'endommagement du littoral et de ses défenses naturelles. Cependant, ces protections naturelles sont-elles-mêmes menacées, ce qui rend les côtes encore plus vulnérables. Le corail, par exemple, est sensible au réchauffement et à l'acidification des océans et de plus en plus menacé. D'après le PNUE, jusqu'à 7 % des mangroves, des marais salés et des herbiers marins disparaissent chaque année.

## Puits de carbone

Ces barrières de protection naturelles, qui s'affaiblissent, jouent un double rôle dans l'atténuation des perturbations climatiques. Les puits de carbone « bleus », comme les mangroves, les marais salés et les herbiers marins, capturent plus de la moitié des émissions de carbone

Des zones côtières saines servent de protection côtière naturelle sous forme de mangroves, de bancs de sable, de coraux et de marais salés, réduisant l'impact des inondations et même des tempêtes toujours plus fortes, qui devraient devenir plus fréquentes avec le réchauffement des eaux et l'élévation du niveau des mers. (Photo : iStockphoto)



capturées naturellement. Le PNUE estime que la capacité « bleue » de capture de carbone est égale à la moitié des émissions annuelles due au secteur du transport au niveau mondial.

## Menaces

Outre les menaces contre la protection naturelle des côtes, plusieurs autres menaces réversibles pèsent sur ces trésors écologiques.



## Ruissellements

Les ruissellements agricoles provoquent des proliférations d'algues dans les zones côtières, ce qui peut entraîner une contamination des produits de la mer par des toxines, puis l'apparition de zones mortes par manque d'oxygène (voir « Effets de la pollution sur les océans et la vie marine », pages 24 et 25). Les herbicides dans les ruissellements peuvent tuer les mangroves, réduisant la biodiversité car les mangroves servent de nurseries à poissons.

## Dragage et immersion

Dans les ports, il faut des chenaux plus profonds pour accueillir des cargos ayant des tirants d'eau toujours plus grands, mais les sédiments de dragage contiennent des polluants qui sont ensuite immergés sous forme concentrée dans des zones autrement intactes. Les organismes vivants qui ne peuvent pas s'échapper sont ensevelis et les polluants contaminent l'écosystème. Chaque année, des centaines de millions de mètres cubes de sédiments sont immergés dans le monde.

Les effluents industriels peuvent être traités par irradiation sans ajouter d'autres substances chimiques ou générer de radioactivité. Cette technique peut être employée pour assainir les eaux usées et récupérer l'eau pour utilisation dans l'industrie et l'agriculture.

## Eaux usées

Les eaux usées municipales augmentent la turbidité de l'eau, ce qui réduit la quantité de lumière que reçoivent des organismes comme les algues, les herbes marines et les coraux. Les matières solides ensevelissent les organismes vivant sur le fond des mers. Des pathogènes sont aussi transportés dans les eaux usées non traitées et peuvent provoquer des maladies comme la typhoïde, l'hépatite et le choléra. Il est difficile et coûteux d'éliminer l'azote dans les eaux usées et celui-ci, quand il est rejeté en mer, peut engendrer des zones mortes ou agrandir celles qui existent et accroître la turbidité. Le PNUE estime que dans les pays en développement jusqu'à 90 % des eaux usées municipales rejetées dans les cours d'eau, les lacs et les zones côtières ne sont pas traités.

## Affaiblissement de la résilience

Ces menaces combinées amènent la résilience des environnements marins côtiers jusqu'à un point de rupture au-delà duquel ces environnements pourraient ne plus récupérer. D'après le rapport du PNUE sur le carbone bleu, les puits de carbone et les pêcheries des zones côtières peuvent être revigorés si des mesures sont

prises pour réglementer les activités qui provoquent des dommages, comme l'aménagement du littoral, la destruction des mangroves, la surutilisation d'engrais, l'envasement provoqué par la déforestation, la surpêche et le développement non durable des côtes.

## Solutions

Les isotopes radioactifs, ou radiotraceurs, servent à mesurer précisément l'efficacité de purification des installations de traitement des eaux usées et de production d'eau potable, et ainsi à faciliter leur conception et améliorer leur performance. On peut détecter de façon fiable des quantités infimes de radiotraceurs dans des processus à grande échelle, comme l'épuration des eaux où des millions de litres d'effluents sont traités chaque jour. (Pour en savoir plus sur les radiotraceurs, voir page 7).

Les boues d'épuration, qui normalement seraient rejetées dans les cours d'eau, peuvent être irradiées pour produire à la fois des engrais et de l'eau stérile pour l'agriculture, ce qui améliore les rendements et la sécurité sanitaire des aliments et réduit la demande d'eau douce. Les techniques isotopiques servent à suivre les mouvements de sédiments et à s'assurer ainsi que les résidus de dragage sont déversés dans un lieu d'où ils ne peuvent pas migrer vers des zones écologiquement sensibles ou retourner au port d'origine.

Les effluents industriels peuvent être traités par irradiation sans ajouter d'autres substances chimiques ou générer de radioactivité. Cette technique peut être employée pour assainir les eaux usées et récupérer l'eau pour utilisation dans l'industrie et l'agriculture. L'irradiation supprime les pesticides organiques persistants et les composés toxiques. Un faisceau d'électrons peut irradier des eaux usées contenant des produits chimiques qui résistent à une fracturation thermique, comme ceux utilisés pour la fabrication de colorants pour textiles. Après irradiation, ces produits chimiques sont soit neutralisés soit convertis en substances qui sont faciles à éliminer par des techniques de traitement classiques

---

Peter Kaiser, Division de l'information de l'AIEA.

<sup>1</sup>Earth Policy Institute, Plan B Updates; June 12, 2013; Farmed Fish Production Overtakes Beef; Janet Larsen and J. Matthew Roney.

## CONTRIBUTEURS

Yukiya Amano  
Michail Angelidis  
Eleanor Cody  
Aabha Dixit  
Aleksandra Sasa Gorisek  
Lina Hansson  
Sasha Henriques  
Cath Hughes  
Peter Kaiser  
Christopher James Kavanagh  
Michael Amdi Madsen  
Richard Murphy  
Harmut Nies  
David Osborn  
Iolanda Osvath  
Louise Potterton  
Peter Rickwood  
Sunil Sabharwal  
Agnes Safrany  
Kesrat Sukasam  
Michel Warnau



International Atomic Energy Agency Scientific Forum

# THE BLUE PLANET

Nuclear Applications for a Sustainable Marine Environment

17–18 September 2013, Vienna, Austria



**IAEA**

International Atomic Energy Agency