

La pollution dans le Golfe: surveillance du milieu marin

Deux ans après la guerre du Golfe, les spécialistes des sciences de la mer de l'AIEA continuent d'évaluer les graves effets de la contamination par les hydrocarbures

par S.W. Fowler

Plus de deux ans après la guerre du Golfe, les scientifiques continuent de surveiller de près la pollution marine qu'elle a provoquée.

Lorsque le conflit a pris fin, au début de 1991, le rejet direct dans le golfe Persique de quatre à huit millions de barils de pétrole brut à partir du terminal de Sea Island au Koweït a suscité partout dans le monde de vives préoccupations. Il s'agissait sans aucun doute du plus grand déversement d'hydrocarbures de l'histoire. La situation a pris des proportions encore plus catastrophiques lorsque les puits de pétrole koweïtiens ont été incendiés. Ceux-ci ont brûlé pendant 250 jours, dégageant d'énormes panaches de fumée. Selon les estimations les plus fiables dont on dispose, quelque 500 millions de barils (67 millions de tonnes) d'hydrocarbures sont venus s'ajouter dans le Golfe sous forme d'aérosols, de suie, de produits de combustion toxiques et de gaz. Même si le pourcentage de ces émissions déposé dans le milieu côtier marin est minime, il dépasse largement les quantités de pétrole brut effectivement déversées. Beaucoup craignaient que cette pollution s'étende rapidement bien au-delà du Golfe.

L'ampleur de la pollution et les types de contaminants toxiques en cause ont suscité une réaction mondiale par l'intermédiaire du système des Nations Unies. Un plan d'action interinstitutions a été rapidement mis sur pied pour faire face aux problèmes immédiats et à l'impact potentiel des contaminants dus à la guerre sur l'environnement du Golfe. A ce titre, l'organisme chargé de la coordination des activités — le Programme des Nations Unies pour l'environnement — a demandé au LEMM de contribuer à une évaluation préliminaire de la situation. Le principal objectif du Laboratoire a tout d'abord été d'établir une carte de l'ampleur de la pollution due à la guerre dans l'ensemble du Golfe. Pour ce faire, les scientifiques ont tiré parti de la vaste expérience acquise par le Laboratoire de l'AIEA

dans le domaine de la surveillance des hydrocarbures et des métaux lourds dans la région.

Après ces études initiales, les scientifiques du LEMM ont entrepris des activités de suivi — qui durent encore — dans le but d'obtenir un tableau plus clair des effets de la pollution par les hydrocarbures sur le milieu marin du Golfe. Le présent article expose les travaux menés par le Laboratoire dans le Golfe depuis 1991 dans le cadre de programmes et projets de coopération*.

Contexte général

Le golfe Persique a toujours été vulnérable à la pollution, ce qui est essentiellement dû à ses caractéristiques océanographiques uniques.

Le Golfe est une étendue d'eau relativement petite, peu profonde et semi-fermée qu'entourent la péninsule arabique et l'Iran. Sa profondeur moyenne est de 35 mètres seulement et les parties les plus profondes, qui se trouvent le long de la côte iranienne, atteignent une centaine de mètres. Les températures à la surface de l'eau sont très variables, allant de 12 à 35 degrés Celsius; cependant, dans certaines zones côtières et dans certaines conditions, elles peuvent atteindre près de 40 degrés. La salinité normale de l'eau est en général comprise entre 30 et 35 parties pour mille mais, du fait de la forte évaporation dans la région du Golfe, elle peut dépasser 40 parties pour mille dans le nord-ouest et 70 parties pour mille dans plusieurs lagunes intertidales peu profondes du côté de la péninsule arabique. Ces extrêmes sont très éprouvants pour de nombreuses espèces marines littorales qui servent à mesurer toute aggravation de la pollution de l'environnement.

La vulnérabilité du Golfe à la pollution, à laquelle il faut ajouter le développement rapide et l'urbanisa-

M. Fowler dirige le laboratoire de radioécologie du Laboratoire d'étude du milieu marin de l'AIEA à Monaco (LEMM).

* Voir également «Oil and combustion product contamination of the Gulf marine environment following the war», par J.W. Readman, S.W. Fowler, J.-P. Villeneuve, C. Cattini, B. Oregioni et L.D. Mee, *Nature*, 358 (1992).



tion du littoral au cours des années 70, a donné lieu à diverses initiatives régionales durant les années 80. L'une d'elles a été la création du Plan d'action du Koweït (PAK) qui est une convention régionale visant à protéger le Golfe des conséquences des activités humaines. Par la suite, au début des années 80, le PNUE, auquel avait été confiée l'exécution d'un programme relatif aux mers régionales pour le Golfe, a demandé au LEMM de lui apporter son concours. Plus précisément, il a demandé au Laboratoire de participer à une mission pluridisciplinaire de l'ONU d'une durée de trois mois organisée pour évaluer les capacités régionales d'enquête, d'étude et de lutte en matière de pollution marine. Tout de suite après cette évaluation, le Programme relatif aux mers régionales du PNUE a tenu une série de réunions avec huit pays du Golfe en vue d'élaborer un programme régional de surveillance et de recherche marines qui servirait de point de coordination des activités de surveillance des polluants menées dans chaque pays. Le Laboratoire de l'AIEA a été tout particulièrement prié d'aider Oman, le Bahreïn et les Emirats arabes unis, qui manquent de personnel spécialisé dans l'étude de l'environnement, à réunir les données de base sur le niveau des polluants dans des échantillons prélevés dans l'environnement (sédiments et biotes) requises par le Programme de surveillance régionale du PAK.

Les premières missions d'échantillonnage trimestriel du PAK entreprises par le Laboratoire de l'AIEA ont commencé début 1983 et se sont poursuivies jusqu'à la fin de 1986. On a assisté pendant cette même période à une rapide prise de conscience du problème de l'environnement dans la région dont le point culminant a été la création de l'Organisation régionale pour la protection du milieu marin. Ce secrétariat régional, basé au Koweït, a assumé la responsabilité de l'exécution du programme du PAK qui incombait auparavant au PNUE. Durant la période considérée, le LEMM a accru ses activités d'assistance technique dans la région en formant du personnel local à l'analyse des polluants, en dirigeant des ateliers portant sur différents aspects de la pollution marine et en gérant un projet d'assurance de la qualité. Ce projet a nécessité un interécalonnage complet des techniques d'analyse utilisées par les institutions du Golfe participantes.

La base de données considérable constituée pendant les années 80 a permis d'obtenir une image beaucoup plus nette des niveaux, distributions et tendances des polluants dans la zone côtière située tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du détroit d'Ormuz. En outre, les études réalisées par les réseaux régio-

Sur la côte nord-ouest de l'Arabie Saoudite, plage et baie typiques fortement contaminées par un déversement de pétrole brut durant la guerre du Golfe. A droite: Des scientifiques prélèvent des échantillons d'eau de surface pour y déceler l'éventuelle présence d'hydrocarbures, à Khafji (Arabie Saoudite).

naux du PAK ont été utiles pour estimer les éventuelles variations de la pollution découlant de la guerre Iran-Iraq telles que la marée noire de Nowruz.

Avec l'occupation du Koweït à la fin de 1990 et l'ouverture des hostilités au début de 1991, les activités régionales du PAK ont dû être interrompues. Cependant, les scientifiques du Laboratoire de l'AIEA ont pu mettre à profit les travaux réalisés pour évaluer la pollution due à la guerre. La stratégie retenue a été de revenir dans les stations qu'ils avaient déjà utilisées au Bahreïn, à Oman et dans les Emirats arabes unis afin d'obtenir des échantillons similaires leur permettant de faire des comparaisons significatives. En outre, un travail d'échantillonnage plus intensif a été mené dans le nord-ouest, le long des côtes koweïtiennes et saoudiennes, où l'on pensait que l'écosystème était le plus menacé par les déversements d'hydrocarbures.

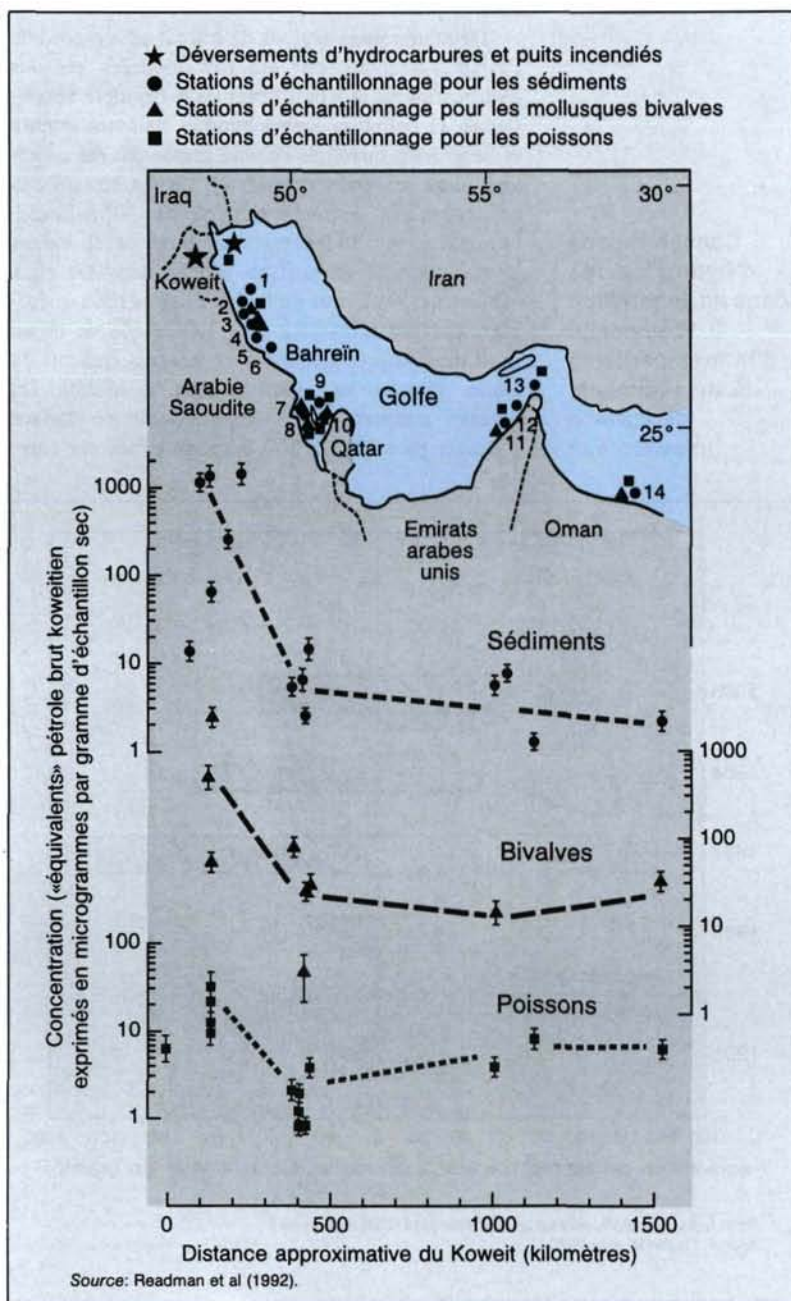
Etude de la pollution après la guerre

Les prélèvements d'échantillons ont commencé en juin 1991 et se sont régulièrement poursuivis jusqu'au mois d'octobre de l'année suivante; les travaux ont été effectués en coopération avec l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et la Commission océanographique intergouvernementale (COI). Pendant le mois de juin, l'accès à toute la côte koweïtienne et aux eaux littorales a été interdit à cause de la présence de matériel militaire et de mines non explosées. Cependant, grâce au Département koweïtien de protection de l'environnement, il a été possible de survoler en hélicoptère une île au large des côtes pour déterminer la présence de goudron sur la plage et recueillir près du littoral des sédiments à analyser. En outre, avec l'aide d'un pêcheur local, un échantillonnage de poissons frais a été obtenu près de Koweït City, à une vingtaine de kilomètres de la source du déversement d'hydrocarbures. Pour avoir une idée des niveaux de contamination du terme source dans les retombées provenant des panaches de fumée, des échantillons de sol ont aussi été prélevés à proximité des puits incendiés dont 25 pour cent seulement étaient alors éteints.

En Arabie Saoudite, où le Laboratoire de l'AIEA n'avait pas précédemment prélevé d'échantillons, les sites ont été choisis sur la base d'enquêtes déjà réalisées dans le pays ainsi que de la présence visible d'hydrocarbures sur les plages. Dans le nord de l'Arabie Saoudite où les retombées étaient importantes, la «microcouche de surface» — quelques microns — a été soigneusement recueillie grâce à une technique d'adhésion sur plaquettes de verre. A Bahreïn, dans les Emirats arabes unis et à Oman, les équipes sont retournées sur les sites étudiés depuis 1983 de manière à obtenir à des fins de comparaison des échantillons provenant des mêmes sédiments et des mêmes populations d'organismes.

Comme les autres programmes de surveillance des polluants dans le monde, celui du Golfe est axé sur les mollusques bivalves qui sont considérés comme d'excellents indicateurs biologiques des métaux et hydrocarbures et sur les poissons de consommation courante. Les mollusques comprenaient des coques en provenance du nord, des huîtres perlières et des coquilles Saint Jacques de la région centrale ainsi que des huîtres plates de la côte d'Oman. Les poissons appartenaient surtout à la famille des mérous et à celle des dorades, que l'on trouve dans toute la région. Les coques et les poissons ont été disséqués sur place et les tissus congelés en attendant l'analyse. En outre, des sédiments ont été recueillis près des côtes par des plongeurs ou un

Concentrations d'hydrocarbures dans des échantillons du Golfe

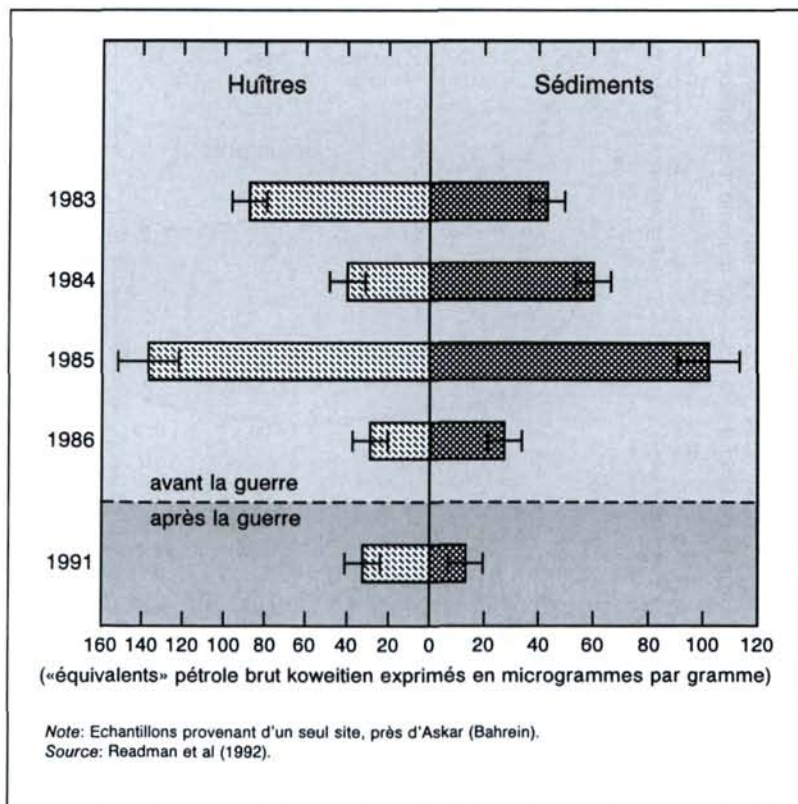


navire utilisant un petit instrument approprié. Tous les prélèvements ont été traités et analysés au LEMM par les mêmes spécialistes qui ont utilisé les mêmes méthodes que les années précédentes.

Au cours d'un survol en hélicoptère de la côte sud du Koweït en juin, de nombreuses nappes d'hydrocarbures ont été observées, en particulier près des terminaux pétroliers endommagés. Cependant, à quelques exceptions près, les plages en aval des terminaux de Sea Island sont apparues relativement propres. Une enquête réalisée sur les plages de l'île Qaruh est parvenue à la conclusion étonnante que les boulettes de goudron n'avaient pas augmenté (380 grammes par mètre de plage) depuis la guerre, ce qui indique que les déversements massifs d'hydrocarbures n'avaient pas touché cette région voisine particulière.

De nombreuses régions du littoral centre-nord de l'Arabie Saoudite ont été très touchées par les hydrocarbures. A Khafji, près de la frontière koweïtienne, la pollution atmosphérique était très intense et de grosses quantités de suie grasse ont été observées dans les eaux côtières. Il en est résulté des concentrations extrêmement élevées d'hydrocarbures atteignant 18 000 microgrammes par litre dans la microcouche de surface. Même dans les eaux subjacentes, la teneur en hydrocarbures (260 microgrammes par litre) était plus élevée que ce qu'on avait mesuré précédemment en d'autres endroits du Golfe. Plus au sud, dans la baie de Manifa, les niveaux mesurés dans la microcouche de surface n'étaient plus que de 200 microgrammes par litre.

**Concentrations
d'hydrocarbures
dans un échantillon
composite
d'huîtres perlières
et de sédiments
de surface
infralittoraux**



Au-delà, les plages ne portaient aucune trace ou presque de goudron frais.

Pour se faire une idée générale de l'impact potentiel de la pollution due à la guerre du Golfe, toutes les données concernant les hydrocarbures ont été reportées sur une carte (*voir carte*). Les analyses des sédiments et des bivalves ont montré clairement que la zone de contamination importante était circonscrite au littoral de l'Arabie Saoudite, sur une distance de 400 kilomètres environ de la source, c'est-à-dire du terminal de Sea Island. Partout ailleurs, y compris à Muscat sur la côte d'Oman dans l'océan Indien, les niveaux de contamination étaient analogues et relativement bas. Cette tendance de la distribution est particulièrement manifeste dans les échantillons de sédiments. Elle apparaît aussi dans les données relatives aux bivalves qui indiquent une diminution générale de la contamination à mesure qu'on s'éloigne de la zone d'impact. Alors que pour les poissons les concentrations semblent s'élever marginalement dans les échantillons prélevés le plus au nord, le degré relatif de contamination était plus faible que celui des mollusques bivalves.

Si l'on considère la zone située au large des sites directement touchés du Koweït et de l'Arabie Saoudite, le degré relatif de pollution due à la guerre peut être évalué par comparaison avec les données obtenues lors de précédentes années par le LEMM. Ainsi, dans un site au large d'Askar (Bahreïn), non loin de la zone la plus touchée, la contamination par les hydrocarbures était analogue ou inférieure à celle qui avait été mesurée dans les années 80 (*voir graphique*). Il est important de noter que l'apport «normal» de polluants dans le Golfe attribuable à la production et au transport d'hydrocarbures est de l'ordre de 2 millions de barils par an, soit la moitié des quantités déversées pendant le conflit. Le ralentissement considérable de ces activités entre la fin de 1990 et le début de 1991 explique probablement les faibles niveaux d'hydrocarbures enregistrés au milieu de 1991.

Plusieurs analyses de chromatographie gazeuse et de spectrométrie de masse ont été entreprises pour tenter d'en savoir plus sur la situation des hydrocarbures et leur toxicité potentielle. Le pétrole est fait de plusieurs milliers de composants ayant des propriétés chimiques différentes et qui, une fois dans l'eau de mer, se dégradent à un rythme plus ou moins rapide. Essentiellement, la solubilisation et la biodegradation ont pour effet de réduire rapidement les concentrations de ces différents composants. Bien que les relevés aient été réalisés dans les quelques mois qui ont suivi le déversement d'hydrocarbures, une analyse des principaux composants présents dans les sédiments a indiqué que la plus grande partie des hydrocarbures avait subi une forte dégradation. Les températures élevées et une dégradation microbienne accrue pourraient expliquer la rapidité du phénomène.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) toxiques étaient les principaux composants

aromatiques dissous dans les échantillons. Les HAP tels que le pyrène sont associés à la combustion et pourraient être dus aux puits incendiés. Néanmoins, les concentrations observées dans les sédiments du Golfe (3 à 450 nanogrammes par gramme de poids sec) correspondaient largement à la fourchette indiquée pour d'autres régions côtières, telles que Buzzards Bay et New York Bight aux Etats-Unis (7 à 1300 nanogrammes par gramme de poids sec) et dans les estuaires du Royaume-Uni (60 à 1510 nanogrammes par gramme de poids sec). En outre, la valeur médiane pour les sédiments du Golfe (12,5 nanogrammes par gramme de poids sec) était quelque peu inférieure à ce qui avait été enregistré lors d'une étude de portée analogue effectuée sur le même type de sédiments dans le sud de la mer Baltique (72,5 nanogrammes par gramme de poids sec, la fourchette allant de 1,7 à 150 nanogrammes).

Ainsi, il semble d'après l'enquête initiale que les HAP issus des puits incendiés n'aient pas entraîné de contamination massive du littoral du Golfe.

De nombreux échantillons recueillis durant l'enquête de 1991 sont actuellement analysés en vue d'y déceler d'éventuels polluants par d'autres techniques d'analyse nucléaires et non nucléaires. Par exemple, une suite de métaux lourds présents dans le pétrole, notamment le nickel, le vanadium et le plomb, ont été analysés par une méthode de spectrométrie à plasma induit par hautes fréquences. Dans certains échantillons de sol prélevés dans les champs de pétrole, on a observé une covariance entre les teneurs en vanadium et en hydrocarbures; toutefois, dans les échantillons prélevés sur le littoral, y compris au Koweït près des puits en flammes, le niveau des métaux n'a pas indiqué de variation due aux retombées des incendies. Des radionucléides naturels tels que le polonium 210 sont aussi enrichis en pétrole brut et ont donc été analysés dans les poissons et les mollusques bivalves de la région. Les niveaux de polonium 210 mesurés étaient similaires aux concentrations relevées normalement dans les poissons et crustacés vivant dans les eaux côtières d'autres régions. On n'a pu déceler aucune contamination importante attribuable aux incendies ou au déversement d'hydrocarbures.

L'ampleur de la catastrophe écologique dans le Golfe a mis en lumière la nécessité de pouvoir identifier les hydrocarbures dans des conditions de routine pour obtenir des informations sur l'origine des déversements. En conséquence, les recherches précédentes ayant montré que le pétrole contient un vaste éventail de signaux isotopiques stables sensiblement différents de ceux qui sont présents dans le milieu marin, des échantillons sélectionnés ont été analysés en vue de trouver des isotopes stables légers et d'étudier les possibilités qu'ils offrent pour tracer, quantifier et identifier les hydrocarbures dans la mer. Les différents types d'échantillons se distinguaient clairement dans les variations des signaux des différents isotopes. Des corrélations relativement fortes ont été observées entre les divers isotopes, et notam-

ment entre le soufre 34 et le deutérium pour les échantillons de pétrole brut du Koweït. En outre, des tendances significatives ont été notées dans la teneur en deutérium et en hydrocarbures des sables désertiques et la teneur en azote 15 et en hydrocarbures des échantillons de biotes.

Néanmoins, le nombre des échantillons étudiés était limité et il faudra en analyser beaucoup d'autres avant de pouvoir donner une interprétation définitive de ces tendances. Des études plus approfondies de ces tendances isotopiques sont envisagées en coopération avec les spécialistes de l'Institut japonais de l'énergie atomique.

Activités de suivi

Il est sans doute nécessaire de procéder à une estimation plus détaillée d'une pollution d'une telle ampleur avant de tirer des conclusions définitives sur les effets à long terme produits dans la région. Au cours du premier semestre de 1992, une expédition océanographique de trois mois a été organisée à bord du Mt. Mitchell pour étudier plus avant l'impact des déversements d'hydrocarbures de 1991; l'enquête a été menée dans le cadre du ROPME, en coopération avec la COI, la National Oceanic and Atmospheric Administration des Etats-Unis (NOAA) et le PNUE. Cette expédition multidisciplinaire a réuni plus de 140 scientifiques de la région et de l'extérieur.

En août 1992, une étude de suivi de la pollution côtière a été réalisée par le LEMM au Koweït et en Arabie Saoudite en collaboration avec l'IUCN, la COI et ROPME. L'équipe est retournée sur les sites les plus gravement touchés, qui avaient été étudiés en 1991, pour relever les éventuels changements survenus dans les niveaux de contamination au cours des 12 mois précédents. Quelque 60 échantillons de sédiments, biotes et eau de mer ont été recueillis dans 12 stations et sont actuellement analysés par le Laboratoire d'étude du milieu marin de l'AIEA. S'il faut attendre le résultat de ces analyses critiques pour évaluer les tendances temporelles, il semblerait d'après l'observation visuelle des zones les plus polluées que le goudron et le pétrole ont diminué dans la zone proche de la côte par rapport à un an plus tôt. Cette amélioration a été attribuée essentiellement à un phénomène de dégradation et d'enfouissement sous les sables et les sédiments mouvants.

Quoi qu'il en soit, il faudra certainement attendre plusieurs années avant que le littoral de cette région soit complètement débarrassé de la contamination par les hydrocarbures amenée par la guerre. Au titre de l'actuel projet de coopération ROPME/AIEA, les scientifiques du LEMM continueront de surveiller de près l'évolution de la pollution marine dans le golfe Persique.