

Actualités de la recherche

La marée noire de l'*Erika* : conséquences écologiques et écotoxicologiques

Bilan d'un programme de recherche

Lucien Laubier

Océanographe biologiste, Centre d'océanologie de Marseille, Station marine d'Endoume, rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille, France

Le 11 décembre 1999, le pétrolier *Erika*, battant pavillon maltais, chargé de 31 000 tonnes de fioul lourd n° 2¹, allant de Dunkerque à Livourne, rencontrait des conditions météorologiques difficiles au sud-ouest des côtes bretonnes (vent force 8 à 9, creux de 6 mètres). Le commandant lance un SOS le lendemain matin : le navire est en train de se briser en deux, à une trentaine de milles au sud de Penmarc'h. La partie avant du navire coule dans la nuit du 12 au 13 décembre ; la partie arrière, prise en remorque, coule à son tour en début d'après-midi, le 13 décembre. Les deux parties, distantes d'une dizaine de kilomètres, reposent par 120 mètres de fond. On estime entre 7 à 10 000 tonnes la quantité de fioul libérée lors du naufrage lui-même².

Le fioul transporté a une densité de 1,0025, voisine de celle de l'eau de mer (1,0027). Il renferme environ 25 % d'hydrocarbures saturés, 50 % d'hydrocarbures

aromatiques et 25 % de résines et d'asphaltènes. Il contient du nickel (Ni, 45 ppm) et du vanadium (Va, 82,7 ppm) qui peuvent constituer de bons traceurs. Ce fioul forme des émulsions contenant 30 % d'eau de mer (la teneur en eau peut atteindre jusqu'à 50 %), ce qui rapproche encore sa densité de celle de l'eau de mer. De ce fait, par mauvais temps, les nappes ne restent pas en permanence en surface, et sont donc particulièrement difficiles à suivre. Ce fioul est très peu soluble dans l'eau ; il contient toutefois des aromatiques légers (un à deux cycles benzéniques) et peut également, sous l'action des éléments, produire des boulettes et de fines gouttelettes qui se dispersent dans l'eau. Le modèle prévisionnel de dérive des nappes sous l'effet du vent et des courants de Météo France (modèle MOTHY), comparé à deux autres modèles, s'est révélé le meilleur, après recalage quotidien en fonction des observations visuelles.

Les premières arrivées à la côte se sont produites le 23 décembre, et les arrivages massifs se sont concentrés entre le 24 et le 27 décembre. Elles ont été particulièrement fortes sur les côtes de Loire-Atlantique et de Vendée, mais n'ont pas épargné le Finistère, le Morbihan et, au sud, la Charente maritime.

La lutte en mer contre la pollution a commencé dès le 15 décembre : 1 200 tonnes de fioul ont ainsi été récupérées en une quinzaine de jours. Par ailleurs, la société Total Fina, affréteur de l'*Erika*, s'était engagée à neutraliser le danger représenté par les hydrocarbures contenus dans les deux morceaux de l'épave. Entre la mi-mai et la fin de l'été 2000, un peu plus de 10 000 tonnes de fioul lourd, fluidifiées par adjonction d'ester méthylique de colza, ont été extraites lors du pompage principal, auxquelles il faut ajouter 1 200 tonnes environ lors du

Auteur correspondant : laubier@com.univ-mrs.fr

¹ Le fioul n° 2 est un mélange de 10 % de fluxant léger, 30 % de fluxant lourd et 60 % de produits de distillation sous vide. Il est utilisé en combustion directe (centrales thermiques) et pour les moteurs diesel lents et de grosse puissance. Sa densité est très proche de celle de l'eau de mer. Il n'est pas dispersible chimiquement. Au contact de l'eau de mer, il forme en quelques jours une émulsion contenant 30 % d'eau, de forte viscosité (70 000 cSt) ; à la côte, les teneurs en eau des émulsions atteignent 50 %.

² Le *Bulletin d'information du CEDRE* (n° 13, 1^{er} et 2^e semestres 1999-1^{er} semestre 2000) a publié au début de l'été 2000 un article de synthèse sur cet accident, sous la signature de Claudine Tiercelin, Michel Marchand et Christophe Rousseau. Le numéro suivant du bulletin a publié un second article sur l'intervention à terre (Samuel André et Christophe Rousseau, « Accident de l'*Erika*, intervention à terre », *op.cit.*, n° 14, 2^e semestre, pp. 8-22).

pompage de finition. Au total, sur les 31 000 tonnes transportées, 12 400 ont été récupérées en mer et dans l'épave, et un peu moins de 19 000 tonnes ont été libérées dans l'environnement ; le nettoyage des côtes souillées, qui s'est déroulé pendant les années 2000 et 2001, a conduit à enlever une quantité totale de déchets pollués de l'ordre de 240 000 à 280 000 tonnes (selon les sources), contenant 30 à 40 000 tonnes d'émulsion, soit, à peu de choses près, la quantité déversée.

Les programmes de recherche et de suivi

La mise en œuvre de programmes de recherche sur les conséquences écotoxicologiques et écologiques de la marée noire de l'*Erika* a été décidée par le comité interministériel à l'Aménagement et au Développement du territoire tenu à Nantes le 28 février 2000. Trois volets distincts confiés au ministère de l'Écologie et du Développement durable ont été identifiés : 1) le suivi scientifique des milieux et des espèces (environ 4,6 M€ pour une durée de trois ans), confié aux directions régionales de l'environnement ; 2) le suivi des conséquences écologiques et écotoxicologiques (environ 4,6 M€ sur une période de cinq ans) ; 3) le renforcement de programmes existants (LITEAU³ et RITMER⁴).

Le programme de suivi des conséquences écotoxicologiques et écologiques a pour objet de mettre en œuvre des méthodologies ayant fait leur preuve, et non de développer de nouvelles voies de recherche. Il s'agit d'application, et non de développement méthodologique. Ce programme est géré par un comité de pilotage réunissant élus, administrations et associations, un conseil scientifique, composé de chercheurs européens non engagés dans les études, un secrétariat permanent et un secrétariat scientifique assurés par l'Ifremer et l'INERIS. Un

³ Le programme LITEAU a été lancé en 1999 par le ministère de l'Écologie et du Développement durable. Il est consacré à la gestion durable du littoral. Ses problématiques sont fondées sur les besoins des gestionnaires du littoral. Il a pour objectif final de fournir des modèles validés pour une meilleure gestion des apports de nutriments et de pollutions, y compris les pollutions par hydrocarbures. À la suite du naufrage de l'*Erika*, ce programme a lancé huit projets de recherche destinés à définir les méthodes à appliquer dans le programme de « Suivi des conséquences écologiques et écotoxicologiques dues au naufrage de l'*Erika* ».

⁴ Le Réseau de recherches et d'innovation technologiques sur les pollutions marines accidentelles et leurs conséquences écologiques (RITMER) a été mis en place le 19 avril 2001 par le ministre chargé de la recherche. Une vingtaine de projets traitent du repérage de polluants sous l'eau, du traitement thermique des déchets, des accélérateurs de biodégradation, de la récupération du polluant par des filets, de la modélisation du fonctionnement de barrages, de navire récupérateur en haute mer, d'évaluation des risques sanitaires, etc.

appel d'offres permanent a été ouvert dès 2000. Les propositions de recherche déposées ont été sélectionnées par le secrétariat permanent, sur la base d'évaluations externes. Le conseil scientifique n'est pas intervenu dans ce processus, mais a assuré en revanche l'évaluation *ex post* des résultats intermédiaires et finaux. L'appel d'offres comporte quatre volets distincts : 1) étendue spatiale et temporelle, répartition dans les milieux ; 2) transformation et biodisponibilité ; 3) impacts sur les organismes vivants, avec deux sous-volets : impact sur les milieux et les espèces supralittorales⁵, impact sur les milieux et les espèces intertidales et subtidales⁶ ; 4) suivi de la restauration et évolution du trait de côte.

Au total, trente projets d'étude ont été retenus et financés. Sept projets traitent du suivi chimique de la pollution dans l'eau, sur les zones rocheuses, dans les sédiments et les organismes ; sept autres traitent de l'impact de la marée noire sur les oiseaux et les mammifères marins ; quinze projets abordent la faune marine et la flore littorale et marine ; enfin, un projet engagé récemment concerne les modifications du trait de côte produites par les travaux de nettoyage (voir la liste de ces projets dans l'Encadré). Les principaux résultats obtenus ont fait récemment l'objet d'une présentation lors d'un colloque tenu au Centre de Nantes de l'Ifremer les 20-21 novembre 2003. Un site peut être consulté : <http://www.suivi-erika.info/>

Les principaux résultats

Les communications présentées lors du colloque de Nantes (novembre 2003), que complétait heureusement une série de posters, permettent de dégager quelques résultats majeurs. Il avait été demandé aux responsables de projets de se regrouper par thématiques, en prenant également en compte, le cas échéant, les travaux effectués dans le cadre du programme LITEAU-*Erika*⁷.

La dégradation du pétrole de l'*Erika* a été étudiée en milieu intertidal sur différents types de substrats. Une étude préliminaire en laboratoire avait démontré que la biodégradation de ce fioul lourd était extrêmement lente. Dans le milieu naturel, en zone intertidale, l'exposition à un éclairage fort stimule la photooxydation

⁵ Le niveau supralittoral est situé au-dessus du plus haut niveau atteint par la mer. Les communautés végétales terrestres et l'avifaune, en particulier les oiseaux de mer, font partie du supralittoral.

⁶ La zone intertidale, ou estran, se situe entre le niveau des plus hautes mers et le niveau des plus basses mers. Les projets de recherche concernent la flore et la faune proprement marines. Le niveau subtidal correspond à la zone qui n'est jamais découverte. Plusieurs projets abordent la partie supérieure de cette zone.

⁷ Partie du programme LITEAU consacrée à l'étude des conséquences du naufrage de l'*Erika* (cf. note 3).

Encadré. Liste des 30 projets du programme de suivi écologique et écotoxicologique**Volets 1 et 2** (Suivi chimique de la pollution) :

Étude comparative de la contamination des sédiments par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) avant et après le naufrage de l'*Erika*, *Jacek Tronczynsky, Ifremer Nantes*.

Évaluation de l'impact écologique et de la contamination d'invertébrés benthiques par la marée noire de l'*Erika* en zone intertidale à l'aide de marqueurs métalliques (nickel et vanadium, métallothionéines), *Jean-Claude Amiard, ISOMER, Université de Nantes*.

Étude de la contamination chimique des mollusques par les HAP, le nickel et le vanadium suite au naufrage de l'*Erika*, *Catherine Munsch, Ifremer Nantes*.

Exposition des organismes marins aux HAP et autres contaminants organiques persistants, biodisponibilité et recherche de métabolites, *Hélène Budzinsky, Université de Bordeaux 1*.

Recherche de nickel et de vanadium chez la loutre d'Europe et les mammifères marins en Bretagne et Pays de Loire, *Sami Hassani, CSRPN Bretagne, et Lionel Lafontaine, Oceanopolis, Brest*.

Suivi de la dégradation naturelle du fuel de l'*Erika* : influence de l'environnement sur les processus d'autonettoyage, *François-Xavier Merlin, CEDRE, Brest*.

Étude de la contamination par les HAP des marais salants de Guérande et du sel produit en 2001, *Jacek Tronczynsky, Ifremer Nantes*.

Volets 3 et 4, Faune et flore, mammifères et oiseaux marins, restauration du trait de côte :● *Faune et flore littorales et marines* :

Impact de la marée noire sur les peuplements des étages supérieurs de la zone intertidale rocheuse, *Christian Hily, LEBAM, Université de Bretagne occidentale*.

Suivi des effets biologiques du pétrole de l'*Erika* sur la moule, *Gilles Bocquené, Ifremer Nantes*.

Suivi écologique, toxicologique et physiologique des poissons exposés à la marée noire de l'*Erika*, *Guy Claireaux, CNRS, CREMA-L'houmeau, et Yves Desauvay, Ifremer Nantes*.

Marée noire et zones aquacoles : évolution de la microfonge saprophyte marine, *Monique Montagu, Université de Nantes*.

Évaluation de l'impact écologique de la marée noire de l'*Erika* sur la communauté à oursins des mares et des chenaux de Lérat (Loire-Atlantique), *Laurent Barillé, Université de Nantes*.

La coquille Saint-Jacques témoin de la pollution de l'*Erika*, *Laurent Chauvaud, IUEM, Université de Bretagne occidentale*.

Mise en place d'un observatoire à long terme sur l'évolution de la biodiversité des estrans rocheux sur des sites ateliers, *Michel Seguignes, Université de La Rochelle*.

Évaluation de l'impact à court et moyen termes de la marée noire de l'*Erika* sur le littoral vendéen et suivi de la restauration du milieu, par l'utilisation de bioindicateurs, les foraminifères, *Frans Jorissen, LEBIM, Université d'Angers*.

Suivi écophysiological des peuplements végétaux de la zone littorale à halophytes soumise aux conséquences de la marée noire, *Nathalie Delpierre, Université de Bretagne occidentale*.

Suivi des effets immunologiques chez les huîtres dans la zone contaminée par les hydrocarbures de l'*Erika*, *Michel Auffret, IUEM, Université de Bretagne occidentale*.

Étude et suivi de la faune et de la flore marines intertidale et subtidale, *Sandrine Derrien, Concarneau*.

Impact de la marée noire sur les étoiles de mer prédatrices des moulières : quantification de la pollution au niveau cellulaire et populationnel, *Monique Guillou, IUEM, Université de Bretagne occidentale*.

Application de biotests in vitro et in situ aux échantillons naturels contaminés par le fioul de l'*Erika*, *Philippe Guarrigues, Université de Bordeaux 1*.

Suivi des impacts de la marée noire de l'*Erika* sur les espèces et communautés végétales terrestres, *Florence Poncet, Conservatoire botanique de Brest*.

Élaboration d'un état de référence de la végétation littorale terrestre, *Sylvie Magnanon, Conservatoire botanique de Brest*.

● *Mammifères et oiseaux marins* :

Impact de la marée noire de l'*Erika* sur les oiseaux marins et littoraux nicheurs, *Bernard Cadiou, SEPNB-Bretagne vivante*.

Mise en place d'un réseau d'observation des habitats marins insulaires du Morbihan, *Sylvain Chauvaud, TBM*.

Impact de la marée noire de l'*Erika* sur les oiseaux marins migrateurs : détermination de l'origine et de la structure des populations par la biométrie, *Guillaume Gelinaud, SEPNB-Bretagne vivante*.

Impact de la marée noire de l'*Erika* sur les oiseaux d'eau littoraux et milieux fréquentés, *Bernard Deceuninck, LPO/Université de Rennes 1*.

Programme de recherche et de suivi des oiseaux marins en mer (ROMER), *Michel Métais, Muséum national d'histoire naturelle, Biarritz, CNRS, Chizé et LPO*.

Bilan du plan national de sauvetage des oiseaux mazoutés, *Laurent Brucy, LPO, SEPNB Bretagne vivante et École nationale vétérinaire de Nantes*.

Impact de la marée noire de l'*Erika* sur les cétacés du golfe de Gascogne, *Vincent Ridoux, CRMM, Université de La Rochelle*.

● *Restauration du trait de côte* :

Conséquences de l'*Erika* : suivi de plages fragilisées par la dépollution et mise en place d'une méthodologie de suivi des côtes, *Paul FATTAL, Université de Nantes*.

du pétrole. L'impact du pétrole a été également étudié sur des tapis microbiens issus de marais salants; des souches bactériennes capables de biodégrader des molécules d'hydrocarbures modèles ont pu être identifiées.

La contamination chimique de l'eau, des sédiments marins et des marais salants, enfin de bivalves intertidaux, par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) a été suivie depuis la date du naufrage jusqu'à la fin de l'année 2003. Dans les zones les plus touchées (Loire-Atlantique et Vendée), les teneurs relevées dans la chair des bivalves ont conduit à des interdictions totales ou partielles pour la conchyliculture et la pêche à pied jusqu'au début de 2001. Pour la somme des seize HAP de la liste adoptée par l'*Environmental Protection Agency*, l'AFSSA avait fixé une valeur-guide égale à $500 \mu\text{g.kg}^{-1}$ en poids sec, et la direction des Pêches maritimes et de l'Aquaculture avait fixé un seuil d'exclusion au double de cette valeur. Des valeurs extrêmes de 3000 à 5000 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ en poids sec ont été relevées au Croisic et sur la côte ouest de Noirmoutier. À partir de la mi-2001, le retour à l'état de référence révèle, autour de l'estuaire de la Loire, des teneurs chroniques de l'ordre de 100 à 200 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ en poids sec⁸.

Parmi les composés chimiques du fioul de l'*Erika*, une attention particulière a été accordée au vanadium et au nickel dans les bivalves filtreurs (moules, huîtres). Les résultats ne suggèrent pas de contamination significative par le nickel, alors qu'une élévation brutale du vanadium est observée au cours du mois de mai 2000, cinq mois après le naufrage. Toutefois, d'autres résultats révèlent également une élévation de la teneur en nickel, associée à une plus forte teneur en métallothionéines. Des différences dans les protocoles d'analyse pourraient expliquer cette divergence. Quoi qu'il en soit, ces résultats montrent qu'un suivi analytique régulier des mollusques filtreurs peut mettre en évidence les traces d'une contamination pétrolière. D'autres espèces à régime alimentaire différent ont été également étudiées de ce point de vue : le bigorneau *Littorina littorea*, la nucelle *Nucella lapillus*, l'étoile de mer *Asterias rubens*, les populations de Foraminifères benthiques, etc. Chez l'huître *Crassostrea gigas*, des lésions immunopathologiques modérées ont été observées dans la région du Croisic, particulièrement touchée par les arrivées de fioul.

Les communautés végétales littorales ont été suivies pendant quatre années par une double approche écologique (relevés phytosociologiques) et écotoxicologique (dépistage des produits pétroliers dans les plantes).

⁸ Le bulletin du Réseau national d'observation de la qualité des eaux littorales a publié dans son édition de 2002 un article de Sébastien Chantereau, Jean-François Chiffolleau, Aurélie Dufour et Hélène Jeanneret, « Utilisation des données du RNO dans le cadre du naufrage de l'*Erika* » (*Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Édition 2002. Ifremer/Ministère de l'Écologie et du Développement durable*).

Le développement des plantes ne semble pas affecté notablement par l'impact des arrivées de fioul, à l'exception des sites fortement pollués où les végétaux étaient totalement recouverts par le pétrole après le naufrage. Les teneurs en HAP trouvées dans les tissus végétaux se réduisent progressivement au cours du temps. Les zones ayant fait l'objet d'opérations de nettoyage ou de dégradations annexes ont été affectées de manière très variable en termes de couvert végétal comme de composition floristique.

Les oiseaux marins hivernant dans le golfe de Gascogne ont été de loin les plus touchés par la marée noire. L'espèce ayant subi le plus de pertes est le guillemot de Troil *Uria aalge*, avec un impact immédiat au cours du premier mois suivant le naufrage évalué à 64 000 à 125 000 guillemots tués, dont un tiers de jeunes de l'année, un tiers d'oiseaux sexuellement matures et un tiers d'oiseaux d'âge intermédiaire. Les populations n'ont guère diminué en mer au cours des deux années suivant le naufrage. Des études biométriques ont montré que les guillemots tués sont originaires d'une vaste zone géographique englobant l'ensemble des colonies des îles britanniques et de mer du Nord, ainsi que des colonies plus septentrionales. Une approche génétique (microsatellites) a révélé une faible structuration génétique des populations, ce qui montre l'importance des flux de gènes entre colonies à l'échelle de l'Europe du Nord. Chez des espèces dont les effectifs sont plus faibles en mer, les populations ont au contraire diminué de manière significative (plongeurs, macreuse noire, pingouin). Il faut également tenir compte du naufrage du *Prestige*, qui transportait un fioul lourd similaire à celui de l'*Erika*.

Les stations de nettoyage d'oiseaux mazoutés ont relâché 2500 oiseaux environ, dont une centaine ont été retrouvés morts quelque temps plus tard. Concernant les évaluations quantitatives, des méthodes d'observation à partir de vedettes des services maritimes ont été employées; elles permettent d'identifier des secteurs sensibles et des changements de la répartition spatiale des oiseaux marins. L'observation à partir d'un avion volant à basse altitude a été également utilisée pour couvrir le golfe de Gascogne dans son intégralité (100 000 km²); la vitesse de la plate-forme permet d'éviter les problèmes statistiques inhérents aux dénombrements réalisés à partir de navires.

Les mammifères marins n'ont pas subi de mortalités directes. Les échantillons de fèces de loutre *Lutra lutra* ont révélé quelques disparités statistiquement significatives dans les teneurs en porphyrines, ainsi qu'une évolution graduelle du rapport nickel/vanadium entre sites pollués et sites propres. Les phoques gris ne montrent aucun signe attribuable à la marée noire. Il en est de même pour les delphinidés : les taux de vanadium, chroniquement élevés chez les individus du golfe de Gascogne, n'augmentent pas à la suite de la marée noire.

Des échouements de cadavres d'invertébrés ont été observés en janvier 2000. Dans l'une des régions les plus touchées, la presqu'île guérandaise (site de Piriac), des mortalités importantes ont été relevées chez des espèces sensibles comme les oursins de la zone intertidale, qui réapparaissent au cours de la troisième année par migration d'adultes. Les massifs d'hermelles (*Sabellaria alveolata*) ont également souffert des arrivées de fioul. En zone intertidale rocheuse, l'impact de la pollution sur les communautés végétales et animales et les étapes de recolonisation vers de nouveaux états d'équilibre ont été étudiés sur l'ensemble du littoral impacté : communautés du haut de l'étage médiolittoral dans diverses situations, mares à oursins du médiolittoral et dynamique des principales populations présentes, mares à copépodes harpacticoides du supralittoral. De manière globale, après une phase de mortalité immédiate de certaines espèces sensibles, comme les oursins, initiant des processus locaux de succession écologique, l'impact de la pollution de l'*Erika* sur ces communautés et populations se distingue peu ou pas de la variabilité et de l'hétérogénéité naturelles du milieu et des perturbations chroniques. En zone subtidale, quatre secteurs ont été étudiés en plongée entre 0 et 30 mètres : baie de Concarneau, archipel des Glénan, île de Groix et Belle-Île-en-mer. Les variations de biodiversité observées par rapport aux données de référence ne permettent pas de mettre en évidence une influence de la pollution de l'*Erika*.

Une espèce de poisson benthique, la sole *Solea solea*, a été choisie comme modèle. Bien qu'il n'ait pas été constaté de mortalité directe, ni même de nécroses de la face ventrale, comme ce fut le cas pour les poissons plats vivant dans les abers Benoît et Wrac'h à la suite de l'échouement du pétrolier *Amoco Cadiz*, une approche multidisciplinaire, combinant observation et expérimentation, a permis de valider au niveau individuel quelques indicateurs d'intégrité fonctionnelle et des baisses de performances écologiques à moyen terme, qui ne sont cependant plus perceptibles à l'échelle de la population. Chez cette même espèce, la bioaccumulation et la métabolisation de certains HAP ont été suivies, ainsi que l'impact physiologique de quelques métabolites.

Enfin, les impacts morphologiques de la marée noire à la côte et les conséquences des techniques de dépollution sont en cours d'étude, notamment en vue de minimiser les interventions trop lourdes pour le milieu littoral et trouver les solutions optimales pour la conservation de l'équilibre écologique.

Au cours du colloque, ont été également présentées quelques synthèses sur des accidents récents (*Exxon Valdez*, *Haven*, *Sea Empress*, *Baltic Carrier*, *Prestige*). Il convient de souligner l'intérêt de recherches récentes sur les populations d'oiseaux et de mammifères marins du golfe d'Alaska : plus de douze ans après l'accident, la persistance inattendue d'hydrocarbures toxiques enfouis dans les sédiments et dans les plages de galets a entraîné une exposition chronique qui, même à des niveaux largement sublétaux, agit sur l'abondance des populations de prédateurs et génère des effets en cascade retardant leur retour à l'équilibre : écotoxicologie et écologie constituent ainsi les deux volets indispensables d'une approche des effets à long terme des marées noires.

S'agissant du naufrage du *Prestige*, qui contenait un fioul lourd très comparable à celui de l'*Erika*, les premiers résultats présentés et les opérations de récupération envisagées ont fourni d'intéressants éléments de comparaison avec le programme de suivi *Erika*⁹.

Les perspectives

Le titre du colloque de Nantes illustre l'ambition à venir du programme de suivi : « L'après-*Erika*. Le milieu marin sous surveillance ». En effet, le constat a été fait une fois encore d'une certaine méconnaissance de l'état de référence des écosystèmes marins touchés par les marées noires, ce qui a pour conséquence une réelle difficulté à quantifier l'impact des polluants sur les peuplements. À terme, la surveillance permanente des écosystèmes marins côtiers doit aussi répondre à l'impact de ce qu'il est désormais convenu d'appeler le changement global, qui intègre les changements non liés aux activités humaines et ceux qui en dépendent directement (il s'agit dans les deux cas de changements « naturels » au sens où l'espèce humaine fait partie intégrante de la nature. . .).

Au terme de quatre années d'études, une nouvelle orientation se dessine. Il s'agit de mettre en place, à partir de l'expérience acquise sur les écosystèmes marins littoraux, un ou plusieurs réseaux pérennes d'observation permettant d'établir et de tenir régulièrement à jour des états de référence écologique afin d'apprécier aussi bien l'impact d'une pollution accidentelle que la lente dégradation des écosystèmes marins sous l'effet des pollutions chroniques. Ce thème, ainsi que la relance d'études économiques sur le coût des dommages écologiques, feront l'objet des prochains appels à proposition envisagés par le ministère de l'Écologie et du Développement durable.

⁹ La revue *Le Courrier de la nature* (n° 205, mars-avril 2003), a publié un article rédigé par François Ramade, sous le titre « Prestige ou développement durable ».