

ÉCOTOXICOLOGIE

François GALGANI, biochimiste, responsable du laboratoire Écotoxicologie de l'IFREMER - Nantes

Créé en 91, le laboratoire Écotoxicologie concrétise la volonté de l'IFREMER de s'investir dans l'une des priorités actuelles, l'environnement. A vocation nationale et internationale, le laboratoire s'est fixé deux objectifs principaux : participer à la mise en place de réseaux de surveillance de la qualité du milieu marin et comprendre les mécanismes d'altération du métabolisme des organismes marins.

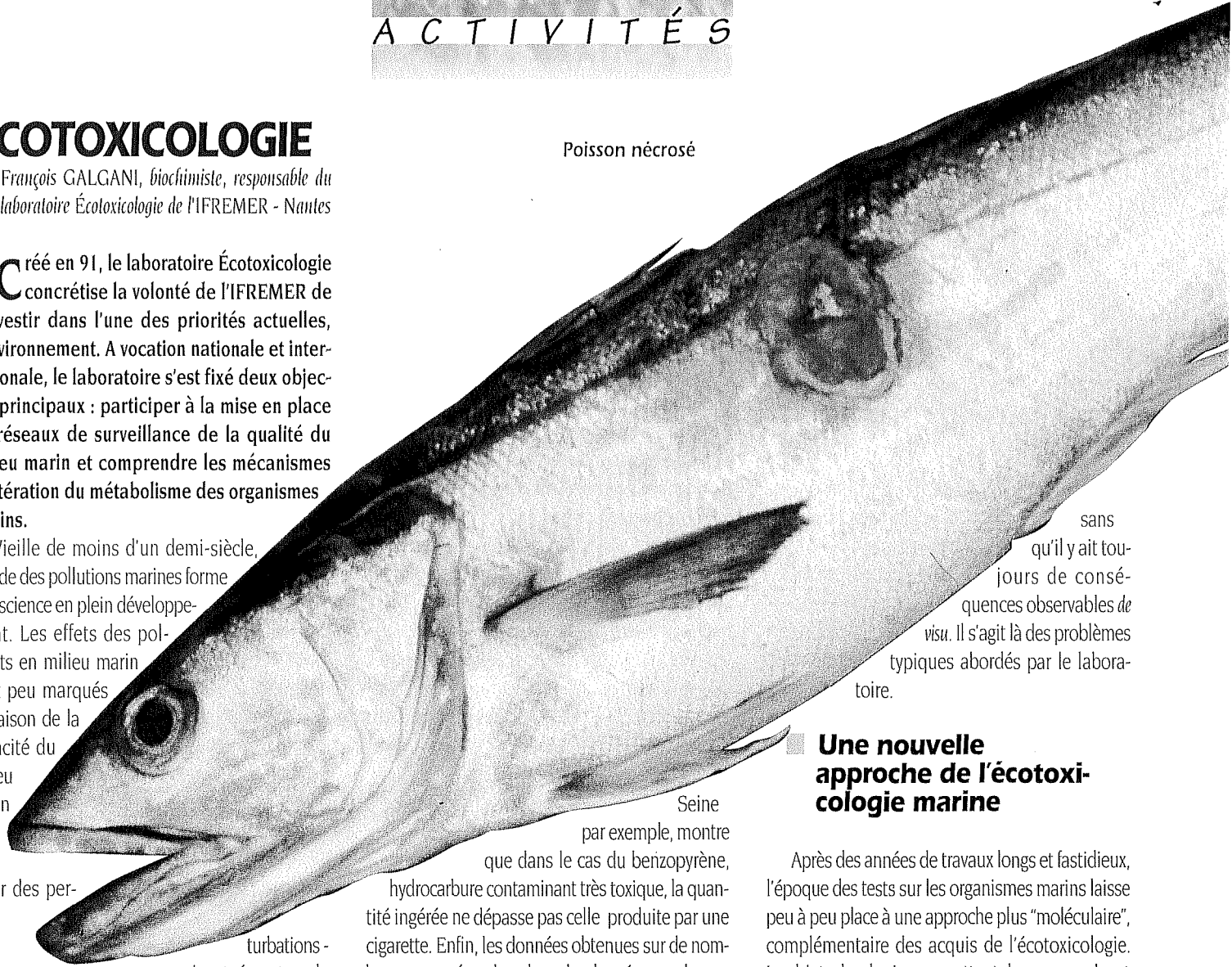
Vieille de moins d'un demi-siècle, l'étude des pollutions marines forme une science en plein développement. Les effets des polluants en milieu marin sont peu marqués en raison de la capacité du milieu marin à assimiler des per-

turbations - ou pouvoir autoépurateur de l'eau de mer -, et de son volume. Il n'en reste pas moins que les problèmes posés peuvent être conséquents, d'une part, en raison des apports à caractères accidentels et, d'autre part, des apports chroniques.

Effets spectaculaires et effets insidieux

Le golfe Persique constitue à ce titre un exemple très intéressant. Deux ans après la guerre, les concentrations en hydrocarbures dans les poissons du golfe se révélaient inférieures à celles mesurées avant le conflit et cela probablement en raison de la baisse des activités maritimes. De la même manière, l'étude approfondie des conséquences des accidents pétroliers (Amoco-Cadiz, en particulier) a montré un retour à l'équilibre du milieu après quelques années. Pour rassurer les consommateurs que nous sommes, un calcul simple basé sur la consommation annuelle de poissons, par habitant, même prélevés dans les zones les plus fortement polluées, telles que la baie de

Poisson nécrosé



Seine par exemple, montre

que dans le cas du benzopyrène, hydrocarbure contaminant très toxique, la quantité ingérée ne dépasse pas celle produite par une cigarette. Enfin, les données obtenues sur de nombreuses années, dans le cadre des réseaux de surveillance, montrent, au moins pour les côtes françaises, une tendance générale à la baisse pour l'ensemble des polluants mesurés. Voici donc un court bilan rassurant...

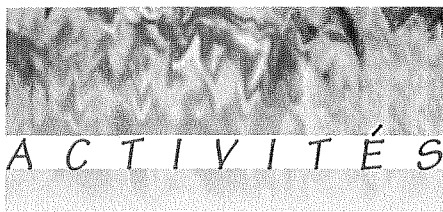
À côté des aspects spectaculaires, existent des effets insidieux. En quinze ans, le traitement des cultures agricoles du Languedoc-Roussillon par les pesticides a provoqué l'apparition de plus de 200 espèces résistantes.

Pour ces espèces, plus de dix gènes de résistance ont été caractérisés. Ainsi des modifications génétiques ont été produites et cela en moins de 20 ans. Au sein des populations d'espèces marines, les conséquences de telles modifications restent inconnues mais laissent supposer des modifications irréversibles du génome des espèces et donc de l'équilibre naturel. De tels phénomènes n'ont pas fait l'objet de travaux approfondis, mais augurent de découvertes importantes dans les prochaines années. De même, des altérations du métabolisme et des processus de cancérogenèse ont été mis en évidence chez des poissons ou des invertébrés

sans qu'il y ait toujours de conséquences observables de visu. Il s'agit là des problèmes typiques abordés par le laboratoire.

Une nouvelle approche de l'écotoxicologie marine

Après des années de travaux longs et fastidieux, l'époque des tests sur les organismes marins laisse peu à peu place à une approche plus "moléculaire", complémentaire des acquis de l'écotoxicologie. Les biotechnologies permettent de comprendre et de répondre aux problèmes posés par la pollution à l'échelle océanographique - c'est-à-dire à l'échelle de masses d'eau de plusieurs centaines de kilomètres cubes et d'écosystèmes de plusieurs dizaines d'espèces - par la connaissance et la compréhension, à l'échelle moléculaire, des mécanismes par lesquels les organismes marins répondent à cette pollution et la traduisent. La concrétisation de cette approche passe par le diagnostic, avec possibilité d'utiliser le savoir-faire du diagnostic médical et des biotechnologies "terrestres" pour des problèmes spécifiquement marins. Elle doit prendre en compte les contraintes liées à l'établissement et au développement des réseaux de surveillance : diversité des sites à surveiller, choix des espèces en fonction de critères précis — contact avec le sédiment, abondance, faibles migrations —, définition de paramètres présentant des variations en corrélation avec la présence de polluants, mise en place de batteries de tests capables d'indiquer rapidement, avec une bonne sensibilité et de manière fiable, l'effet des polluants. Ces contraintes expli-



A C T I V I T É S

RAVEL ET LE LITTORAL

Jean-Paul BERTHOME, *biologiste, chef du projet RAVEL IFREMER - Nantes*

Depuis longtemps déjà, les acteurs de la surveillance de l'environnement ont rêvé de s'affranchir des tâches répétitives telles que la prise de mesures manuelle. Les progrès technologiques réalisés dans le domaine des capteurs et de la transmission des données permettent d'apporter une première réponse à ce besoin.

Le projet RAVEL (réseau automatisé de veille pour l'environnement littoral) développe un concept basé sur trois ensembles : des capteurs multiparamètres sur bouées ou pylônes, un système de transmission de données par satellite et VHF, une station de réception, validation, archivage, traitement et mise à disposition des données vers les utilisateurs.

■ Les objectifs

Cet outil au service de la surveillance du littoral est conçu pour répondre à trois objectifs majeurs. Pour l'objectif environnemental, il s'agit d'observer les niveaux et les tendances à moyen et long termes pour les principaux paramètres indicateurs de la qualité générale des eaux tels que température de l'eau, salinité, pH, oxygène dissous, sulfures, turbidité, chlorophylle, sels nutritifs.

L'objectif Alerte correspond à la détection de toute variation "anormale" du milieu marin pouvant entraîner des conséquences néfastes notamment pour la vie marine. En effet, si certains des paramètres cités plus haut peuvent avoir une action directe (mortalité de poissons par anoxie), dans la plupart des cas ils ont un rôle d'indicateur. Par exemple, une dessalure des eaux, due à des crues, pourra indiquer un apport supplémentaire de matière organique et donc un risque de contamination bactériologique ou d'eutrophisation dans des zones semi-fermées.

Dans ce cas, d'autres réseaux de surveillance de type manuel pourront être déclenchés.

Quant à l'objectif Études, il s'identifie au besoin de mieux connaître les écosystèmes littoraux. Ses particularités sont la durée des prises

de mesures (de quelques semaines à quelques mois, voire un an), la surface relativement réduite des zones à étudier (une baie, un estuaire, une lagune) et le nombre de points de mesures nécessaires (de quelques unités à une dizaine). L'analyse du besoin, qui a précédé ces choix, a été menée avec une vision "utilisateurs". Elle a fait apparaître un quatrième objectif de type surveillance individuelle dans des exploitations aquacoles ou des stations de purification de coquillages. Dans ce cas, des systèmes de faibles dimensions, éventuellement portables, pourraient être développés en bénéficiant des acquis du réseau RAVEL.

■ Les originalités

Parmi les nombreuses spécifications fonctionnelles et techniques, certaines sont originales et innovantes par rapport aux autres systèmes du même type (réalisés ou en projet aux niveaux européen et international). Nous citerons la prise de mesures dans toute la colonne d'eau y compris près du fond et dans la zone de balancement des marées, le pompage des échantillons pour mesures dans la bouée, une fréquence de maintenance au plus bimestrielle, une fréquence de mesure et de transmission de tous les quarts d'heure en période d'alerte, un lien de transmission bi-directionnelle, un souci de modularité et d'interchangeabilité des différents composants, l'utilisation de capteurs "intelligents", des systèmes particuliers de protection contre les bio-salissures.

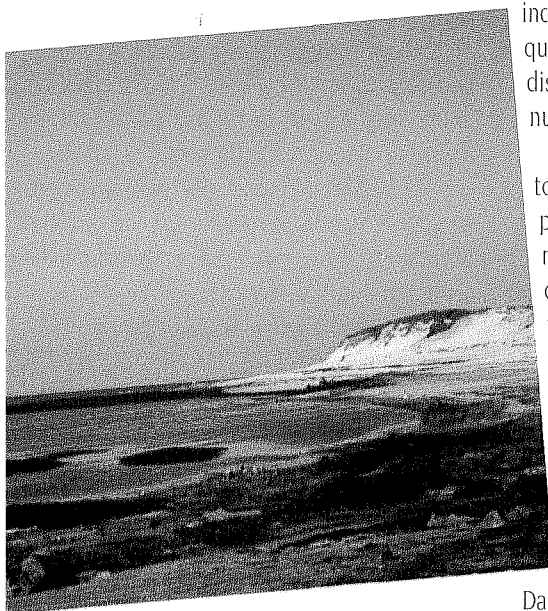
Ce projet, basé sur un partenariat étroit entre l'IFREMER, responsable scientifique et le groupe industriel MORS, coordonnateur industriel, bénéficie d'un soutien actif de la Communauté urbaine de Brest (Technopole Brest-Iroise). Le développement du système pilote actuellement en cours, d'un coût de 15 MF, a le soutien financier des différents ministères concernés et de la Communauté européenne. Le projet RAVEL est également en phase d'ouverture européenne, de nombreux contacts et projets communs étant réalisés avec l'Allemagne, la Grande-Bretagne, l'Italie, le Portugal, la Bulgarie, l'Ukraine, l'Estonie, Malte, Chypre.

Si le projet continue de se dérouler dans des conditions optimales, la bouée pilote sera mise à l'eau en rade de Brest en été 1993. Débutera alors une phase de validation de l'ensemble du système pilote qui préfigurera le futur réseau. Tout ceci n'a

quent que, parmi les centaines de voies métaboliques pour lesquelles on a enregistré des altérations liées à des modifi-

cations de la qualité de l'environnement, seules quelques-unes peuvent être retenues comme indicateurs de l'état du milieu marin.

L'apport des biotechnologies à l'évaluation des effets des polluants sur les organismes ou les écosystèmes marins est essentiel. La biologie moléculaire occupe une place importante. Des exemples récents, comme la mesure de l'expression des oncogènes en relation avec des perturbations chimiques du milieu ou la recherche de l'expression des gènes de résistance multidrogués en relation avec l'effet chronique des pollutions, confirment cette tendance. Même si l'absence de certaines connaissances et d'outils de base limite encore souvent les études, les informations acquises annoncent des applications nombreuses et, peu à peu, les rêves des environnementalistes se réalisent... ■



RAVEL : le réseau automatisé de veille pour l'environnement littoral

été rendu possible que grâce au travail en équipes pluridisciplinaires (quatre directions IFREMER sont concernées) et à l'existence de programmes de re-

cherche en soutien, tels que le développement de capteurs nouveaux et de méthodologie de validation et de calibration de ceux-ci ■

OCEANOGRAPHIE EXPÉRIMENTALE AU LABORATOIRE DE PHYSIQUE DES OCÉANS

Par *Herlé MERCIER*, chargé de recherche au CNRS, laboratoire de physique des océans, IFREMER - Brest.

L'océan est mis en mouvement par deux moteurs: l'action du vent et les flux de chaleur à l'interface air-mer. Les études consacrées à la compréhension de la réponse de l'océan au forçage du vent, le premier moteur, ont été ces dernières décennies, avec succès, au centre des préoccupations des océanographes. Aux moyennes latitudes, les modèles numériques forcés par le vent reproduisent les courants de frontière Ouest tels que le Gulf Stream et, si la résolution spatiale est suffisante, les instabilités génèrent des structures tourbillonnaires qui sont semblables à celles observées dans l'océan réel et qui, bien que d'échelle spatiale plus petite, sont l'analogue des dépressions atmosphériques. C'est la prise de conscience que, dans l'océan, les transferts méridiens de chaleur dépendent fortement de la réponse de l'océan à l'échauffement différentiel du soleil qui a, depuis quelques années, incité les océanographes à s'intéresser à la circulation thermohaline, réponse de l'océan au deuxième moteur. L'océan est un élément essentiel pour la définition du climat de la Terre, la compréhension de la circulation thermohaline est essentielle à l'identification du rôle joué par l'océan dans l'équilibre climatique.

■ Une tâche difficile

Le laboratoire de physique des océans de l'IFREMER a défini, dans le cadre du programme international WOCE (World Ocean Circulation Experiment 1991-97), une stratégie pour observer puis expliquer la circulation thermohaline dans l'Atlantique équatorial et l'Atlantique Sud. Un effort considérable a été effectué pour acquérir la technologie et les compétences permettant de faire des mesures en mer avec la précision nécessaire à la réalisation de ces objectifs. La tâche est

