

Communication de l'information géographique maritime et côtière pour la gestion d'une crise environnementale : le naufrage du chimiquier « Ievoli Sun » en Centre Manche

L. Loubersac (1), P. Lazure (1), F. Dumas (1), J.F. Le Roux (1), P. Riou (2), E. Foucher (3),
B. Guillaumont (1)

(1) IFREMER DEL/AO, Centre de Brest BP 70, 29280 Plouzané, France.
lloubers@fremer.fr

(2) IFREMER Laboratoire côtier de Port en Bessin DEL/PB, Avenue du Général de Gaulle, 14520 Port en Bessin, France

(3) IFREMER Laboratoire Ressources Halieutique de Port en Bessin, Avenue du Général de Gaulle, 14520 Port en Bessin, France

Résumé

Dans la matinée du 31 octobre 2000 le chimiquier italien « Ievoli Sun » sombrait en Centre Manche. Sa cargaison, présentait un risque de contamination de l'environnement maritime comme de l'environnement littoral situé à proximité. L'Ifremer décidait, dès l'annonce du naufrage, de mettre en œuvre des outils de production et de communication de l'information environnementale.

Cette communication présente les solutions adoptées qui ont consisté à élaborer :

- un Système d'Information Géographique permettant la préparation de cartes,
- un ensemble de simulations de la dispersion en mer des produits dissous,
- la structure d'un site web de communication générale de l'information (cf. <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/ievoli.htm>).

Au-delà des présentations techniques des méthodes, des outils et des résultats obtenus, ce papier donne une analyse critique du contenu du site et de la forme des produits délivrés. En conclusion on discute des perspectives d'évolution scientifique et technique facilitant la communication efficace de données environnementales en cas de crises consécutives à des accidents maritimes.

Abstract

On the morning of the 31th October 2000, the Italian chemical tanker "Ievoli Sun" sank in the central Channel. Her cargo presented a risk of contamination for the marine environment and nearby coastal environment. From the moment the sinking was announced, Ifremer decided to implement, in almost real time, tools to produce and communicate environmental data.

This paper presents the solutions chosen to develop:

- a Geographic Information System to prepare maps,
- a series of simulations for dispersion at sea of dissolved products
- a general information web site structure (see <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/ievoli.htm>).

This paper will go beyond technical presentations of methods, tools and results obtained to take a critical look at the site's content and delivered products' form. The perspectives for scientific and technical developments to facilitate efficient communication of environmental data for crises following accidents at sea will be discussed in the conclusion.

Resumen

En la mañana del 31 de octubre del 2000, el buque de transporte químico italiano " Ievoli Sun » se hundía en la zona central del Canal de la Mancha. Su cargamento representaba un riesgo de contaminación del medio ambiente marino así como del litoral situado en su proximidad. El Ifremer decidió, a partir del anuncio del naufragio, de poner en obra sus herramientas de producción y de comunicación de la información medioambiental.

Esta comunicación presenta las soluciones adoptadas, que consistieron en elaborar :

- un Sistema de información geográfica permitiendo así la realización de mapas,
- un conjunto de simulaciones de la dispersión de los productos disueltos en el mar
- la estructura de un servidor Web de comunicación general de la información (ver <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/ievoli.htm>).

Mas allá de la presentación técnica de los métodos, herramientas y de los resultados obtenidos, este informe presenta un análisis crítico del contenido del servidor y de la forma de los productos suministrados. En conclusión se discuten las perspectivas de evolución científica y técnica para facilitar la eficacia de la comunicación de datos medioambientales en casos de crisis consecutivas a accidentes marítimos.

Introduction, contexte de l'étude

Le navire chimiquier « Ievoli Sun » de nationalité italienne se rendant de Rotterdam (Pays-Bas) et Fawley (Royaume-Uni) à destination de Gènes (Italie) via Berre (France) a sombré (fig1) en Centre Manche vers 9h locales, le mardi 31 octobre 2000, à environ 9 nautiques au nord des Casquets (49°52,3 N ; 02°23,8 W) et 20 nautiques à l'Ouest-Nord-Ouest de la côte française la plus proche (cap de la Hague).



Figure 1 : L'Ievoli Sun en remorque quelques heures avant son naufrage (source Marine Nationale)

Trois produits sont présents dans les soutes du navire :

- Styrène (dénomination chimique : vinylbenzène) : 3998 tonnes
- Méthyl éthyl cétone (dénomination anglo-saxonne : MEK; dénomination chimique : 2-Butanone) : 1027 tonnes
- Alcool isopropylique (dénomination chimique : Propanol-2) : 996 tonnes.

Alors que les deux derniers produits sont considérés comme pratiquement non toxiques pour la vie aquatique, le styrène fait partie des produits à risque pour le milieu marin et pour l'homme. Selon le GESAMP (*Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution*, groupe d'experts de l'OMI sur les polluants marins) (GESAMP 1989) le styrène est bioaccumulable et peut affecter les ressources marines consommables. Il est d'autre part dangereux pour la santé humaine par contact avec la peau ou par inhalation et peut entraîner d'importantes atteintes à l'environnement à cause d'une odeur toxique ou irritante persistante susceptible de conduire à la fermeture des plages.

Des explorations immédiates de la Marine Nationale ont montré que l'épave était couchée sur son côté bâbord sans fournir à ce stade préliminaire de reconnaissance d'éléments précis sur l'état de sa coque et l'importance d'éventuelles déchirures. Un navire antipollution, ultérieurement envoyé pour inspecter l'épave à l'aide d'un robot sous-marin téléguidé mettra en évidence des fuites de styrène dans le milieu marin.

La zone du naufrage est très riche au plan biologique et accueille de nombreuses activités maritimes (transport, trafic transmanche, pêche, parcs à moules et parcs ostréicoles, plages...), ainsi que de nombreuses zones sensibles et protégées. Elle est caractérisée par un littoral découpé, présentant de nombreuses baies et pointes, et la présence des Iles Anglo-normandes (et de leurs eaux territoriales). Elle est administrée par plusieurs autorités (selon le domaine d'activité) dont les rôles s'appliquent sur des zones bien définies.

Moins de deux heures après l'annonce du naufrage, l'Ifremer avait constitué une équipe d'intervention d'une douzaine de chercheurs et d'ingénieurs, intégrant des personnels de Brest, Nantes, Port en Bessin et Paris, disposant de compétences en chimie des polluants, écotoxicologie, halieutique, aquaculture, cartographie numérique, modélisation et simulation numérique, comme en communication. Les objectifs du programme d'actions aussitôt mis en œuvre étaient les suivants :

- réaliser un état de référence (état zéro) de contamination du milieu et définir un plan de suivi de la qualité de l'environnement littoral,
- caractériser le devenir des polluants dans la masse d'eau et identifier les zones sensibles et les espaces exploités menacés,
- informer les ministères et responsables concernés par la mise en œuvre de plans de lutte ou de protection de l'environnement et des ressources marines exploitées,
- communiquer vers le grand public une information objective, scientifiquement validée.

Aux plans de la production et la communication de l'information les contraintes se résumaient comme suit :

- compiler très rapidement un ensemble d'informations plurithématiques de sources et d'origines multiples,
- assurer dans les délais les plus courts possibles des simulations de dispersion des polluants en mer selon plusieurs scénarios de fuite de produit polluant, (aucune information précise à ce sujet n'étant disponible dans les premiers jours qui ont suivi le naufrage)
- standardiser au sein d'un même référentiel ces compilations et ces simulations afin de pouvoir les exploiter sous la même forme à Paris (tutelles), Nantes (experts chimistes), en Normandie : Cherbourg (Comité Régional des Pêches Maritimes de Basse Normandie, autorités préfectorales), et Port en Bessin (programmation d'un plan d'échantillonnage et lancement d'un programme de surveillance), à Brest (simulations et cartographie numérique),
- rendre cette information facilement communicable et actualisable,
- mieux faire comprendre l'événement et ses conséquences par des messages pédagogiques,
- favoriser l'homogénéité des messages perçus par les médias.

Pour atteindre de tels buts les outils de production et de communication d'information environnementale mis en œuvre se basent sur l'élaboration d'un Système d'Information Géographique, de modèles numériques de simulation du devenir des polluants en mer, et sur l'intégration de l'ensemble des résultats obtenus dans un site web.

Méthodes et outils

Elaboration d'un SIG pour échanger, mettre en forme, et visualiser un ensemble de données thématiques

Il a été considéré dès l'accident que la représentation cartographique d'un ensemble large de données était indispensable pour répondre aux questions posées par les interlocuteurs chargés d'organiser la lutte antipollution ou l'évaluation des impacts, mais aussi par les médias et par le grand public :

- où se situe l'épave et quel est le contexte morphologique de la zone du naufrage?
- quelles sont les limites en mer des zones de responsabilité ?
- y a-t-il des zones sensibles au plan écologique ou d'intérêt socio-économique à proximité ?

- où sont les points de surveillance existants, où situer de nouveaux points de contrôle et de suivi ?

L'Ifremer a donc construit une base de données géographiques qu'il a intégrées dans un référentiel commun sur la zone de l'accident de l'Evoli Sun et les régions maritimes avoisinantes. Il a pour cela développé une application de type SIG dévolue au recueil et à la représentation des informations marines et côtières en réponse aux questions posées précédemment.

Les spécifications fonctionnelles de l'outil étaient de :

- échanger et travailler des données de même format entre des sites de travail éloignés,
- permettre l'import et la mise en forme cohérente de données spatialisées de toute nature issues d'observations et mesures (milieu naturel physique, milieu biologique, zones d'activité humaines, limites et zones de réglementation, limites techniques etc...) qui intéressent le domaine maritime proprement dit, les estrans (zone de balancement des marées), et le littoral.
- adopter des critères de projection géographique permettant la manipulation de données de sources française et anglaise (îles anglo-normandes) ainsi que la continuité des représentations entre terre et mer,
- permettre l'intégration des données à des échelles identiques et sur un fond cartographique constitué d'objets géographiques standardisés,
- être inter-opérable entre les sites producteurs d'information (notamment Brest et Port en Bessin, distants de plus de 400 km),
- être connectable aux outils de modélisation numérique afin de permettre la représentation de données issues de simulations.

En utilisant un même logiciel de SIG entre les différents sites producteurs de données géographiques, notamment Brest et Port en Bessin, les choix méthodologiques et techniques ont été les suivants :

- passage des projections d'origine (Lambert, Mercator etc..) qui utilisent des ellipsoïdes différents en projection géographique en degré décimaux pour intégration des différentes couches puis transformation en UTM à l'aide d'un module spécialement développé par Ifremer sous Arc View,
- constitution des données géographiques de référence par mise en relation des objets de la base de données Carthage (RNDE 1996) avec celles du SHOM (Allain et al. 2000),
- adoption d'une échelle cohérente de travail : 1/50.000
- adoption d'un même gabarit de carte quelle que soit la couche de données,
- utilisation du réseau interne de communication de données pour mise en forme définitive des cartes numériques à Brest avant mise en ligne sous le web.

Elaboration d'un modèle numérique pour simuler la dynamique des masses d'eau et le comportement des polluants

Les modèles numériques, notamment de type hydrodynamique, basés sur les équations de la mécanique des fluides géophysiques permettent d'évaluer et de simuler, sous un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, la dynamique des masses d'eau et le comportement de polluants. On peut ainsi calculer à partir de la connaissance de la bathymétrie, des vents et de la marée, les courants et les niveaux à tout instant. La connaissance des courants permet de

calculer le déplacement et le mélange des masses d'eau ainsi que le devenir d'éléments dissous rejeté en mer. Un modèle centré sur la zone du naufrage, dérivé de la série des modèles MARS préalablement développés par l'IFREMER (Salomon et al. 1995, Garreau 1997) et à maille horizontale est de 500 m a été construit dans les quarante huit heures qui ont suivi le naufrage. Etant donné que la marée est le processus dominant, c'est un modèle bidimensionnel horizontal qui a été utilisé. Les courants dans cette zone sont peu variables suivant la profondeur et les substances dissoutes sont bien mélangées entre la surface et le fond. Grâce à la coopération mise en place entre Ifremer et Météo France, les vents imposés en surface sont issus du modèle ARPEGE de Météo France. Ils ont été systématiquement analysés pendant la durée des simulations depuis les 12 heures qui ont précédé le naufrage.

Les calculs réalisés à l'aide du modèle concernent :

- l'évolution des courants
- les trajectoires de marée
- l'évolution des concentrations de la fraction dissoute des produits rejetés.

Sur sollicitation du Ministère de l'Environnement, et en concertation avec Météo-France et l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN), 3 scénarios ont été envisagés dans les vingt quatre heures qui ont suivi le naufrage. On rappelle qu'aucune information objective n'était alors disponible. Ces 3 scénarios visant en particulier la mise en œuvre d'un programme de surveillance et un plan de suivi ont été, sous l'hypothèse d'une dissolution maximale du styrène dans l'eau de mer:

- Scénario 1 : largage total des 4000 tonnes dans le milieu,
- Scénario 2 : simulation d'une fuite de l'épave de 4000 tonnes de produit en 3,5 jours,
- Scénario 3 : simulation d'une vidange de 4000 tonnes de produit en 12 jours.

Un quatrième scénario « réaliste » basé sur les observations du robot sous-marin mis en œuvre par le navire dépollueur « Neuwerk » a pu être mis en œuvre quelques jours après le naufrage et a considéré un rejet continu de 20 l.mn^{-1} sur 25 jours.

L'utilisation d'une interface entre modélisation et SIG (Loubersac et al. 2000) permettait d'importer directement vers le SIG les données du modèle pour analyse spatiale.

Résultats et discussions

L'ensemble des résultats intégrés sous le web est accessible à l'adresse suivante <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/ievoli.htm>. On étudie ci-après plus précisément les résultats qui se situent sous les chapitres :

- cartes
- simulations

Les résultats cartographiques (<http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/ievolicartes.htm>) :

Ils comportent un texte et 16 documents cartographiques, dont on indique les sources, organisés conformément à la structure suivante :

- situation générale
- contexte morphobathymétrique de la zone du naufrage
- limites en mer et zones de responsabilité (Guillaumont et al. 2000)
- cultures marines (Ifremer 1999)

- zones de pêche (Ifremer Cefas 1993)
- zones protégées et zones sensibles (Muséum National d'Histoire Naturelle, Service de la Protection de la Nature MNHM/SPN)
- suivi de la qualité des eaux et de la matière vivante.

L'ambition du projet, notamment compte tenu du temps imparti : réaction sous quelques heures, s'est limité à la mise en ligne de cartes de situation sans approche approfondie du risque ou de la vulnérabilité des sites considérés

La carte de situation générale était construite et mise en ligne dès le début d'après midi du jour du naufrage. Le lendemain était réalisé l'ensemble des cartes de présentation des limites en mer et zones de responsabilité, des zones protégées et zones sensibles. 48 heures après le naufrage étaient mises en ligne la carte représentant le contexte morphobathymétrique de la zone de l'échouage et celle des zones de cultures marines. L'élaboration des cartes de pêche nécessitait des délais supplémentaires conformément aux raisons explicitées ci-après. Il en était de même pour les cartes de suivi de la qualité des eaux et de la matière vivante qui dépendaient de la mise en place des plans de prélèvement dans les jours qui ont suivi le naufrage. Trois exemples, parmi les 16 produits cartographiques du site web, sont présentés ci-dessous :

1^{er} exemple : le contexte morpho-bathymétrique

Le produit présenté en figure 2 est issu d'un modèle numérique de terrain, construit à partir des sondes bathymétriques des cartes marines du SHOM. Ce modèle correspond aux données de bathymétrie qui sont utilisées par le modèle hydrodynamique MARS 2D de l'Ifremer évoqué plus haut. La représentation donnée ci dessous est une vue perspective 3D.

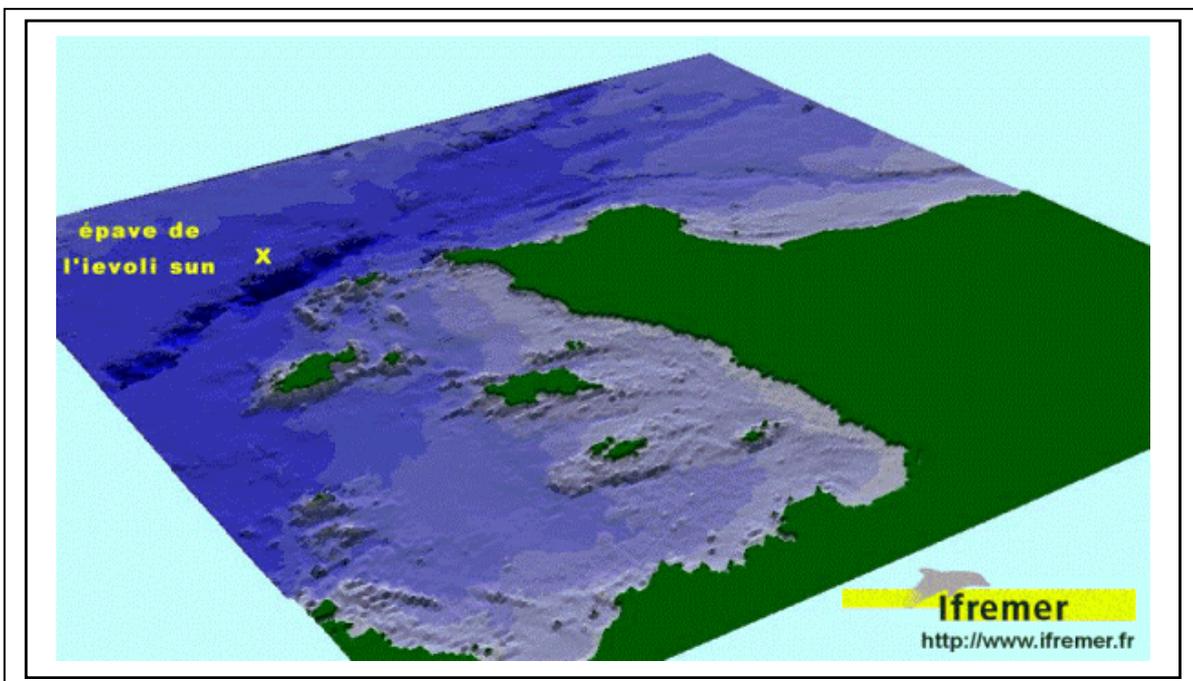


Figure 2 : bloc diagramme 3D représentant le contexte morphobathymétrique de la zone et des parages du naufrage.

2^{ème} exemple : carte des zones d'activité de pêche

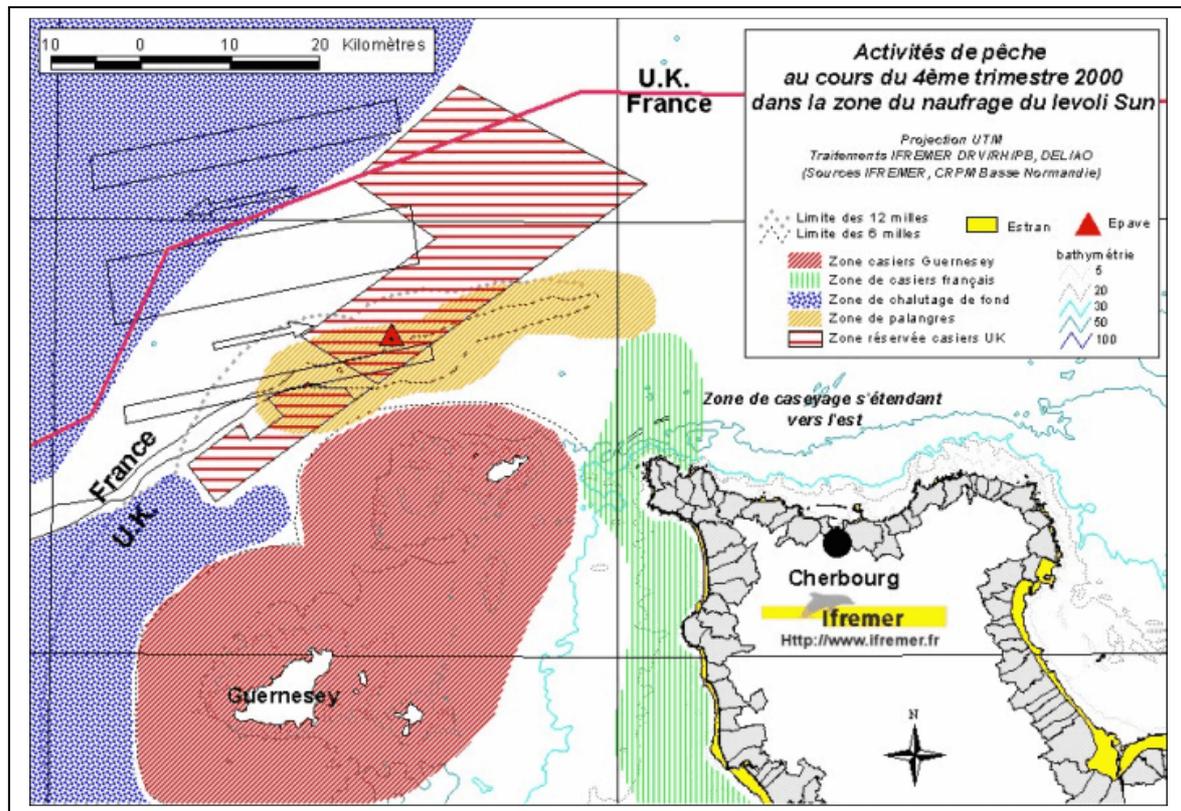


Figure 3 : Représentation des zones d'activité des principaux métiers de pêche sur la zone du naufrage.

Le deuxième produit cartographique (fig 3) correspond à la collecte et la mise en forme par la représentation Ifremer de Normandie (Port en Bessin) de données traitées en partenariat avec le Comité Régional des Pêches Maritimes de Basse Normandie. Il n'a pu être élaboré immédiatement compte tenu de la réticence des professionnels à fournir l'information sur leurs lieux et types de pêche. Néanmoins, 8 jours après le naufrage, sans doute compte tenu de l'impact représenté par le site web élaboré et de perspectives de dédommagement, la carte pouvait être dressée et compléter la série mise en ligne. Elle met en évidence les activités de pêche à la palangre et au casier tout autour de la zone de l'épave.

3^{ème} exemple : carte des zones protégées et zones sensibles (cas des Zones Natura 2000).

Cet exemple est issu d'une série de 6 cartes qui, basées sur le fond de référence cité plus haut, présentent les zones protégées en raison de leur valeur patrimoniale (habitats, faune et flore, zones de protection des oiseaux etc.). La figure 4 concerne la cartographie des inventaires relatifs à la directive européenne Natura 2000, dressés par le Muséum National d'Histoire Naturelle et le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

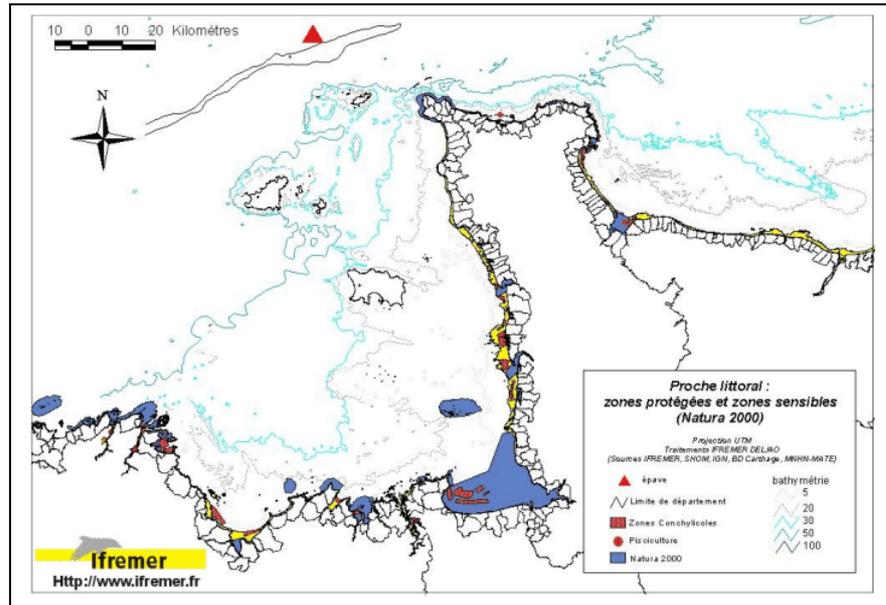


Figure 4 : Carte des zones protégées et zones sensibles de l'inventaire Natura 2000.

Quant aux objets du fond cartographique de référence adopté qui comprend :

- un trait de côte (limites des plus hautes mers des cartes marines du SHOM),
- une limite des plus basses mers (zéro des cartes marines du SHOM),
- un polygone estran (zone de balancement des marées),
- des isobathes de référence (cartes marines françaises du SHOM),
- les limites des départements et des communes reconnues par la Loi Littoral,

on citera le fait que nous n'avons pu obtenir ni de limite du zéro hydrographique ni a fortiori de polygones représentatifs des estrans pour les îles Anglo normandes, les fichiers numériques n'ayant pas été rendus disponibles dans les délais impartis. On notera qu'il n'a pas été possible de dresser une carte cohérente, sur la zone du naufrage et ses abords des biocénoses benthiques. D'une part les données nécessitaient un travail lourd de numérisation et de mise en forme, d'autre part les inventaires montraient des lacunes importantes sur plusieurs zones.

On ajoutera que les documents mis en ligne sont des cartes figées exportées sous forme d'images à partir des formats de sortie du logiciel de SIG pour mise sur le web. Il n'a pas été jugé utile d'utiliser des techniques de cartographie dynamique interactive faisant appel à des solutions logicielles de type Map Object IMS ou équivalent faute de temps, parce que cela ne se justifiait pas vis à vis des messages à adresser, et par ce qu'il était souhaité d'éviter les accès à des objets géographiques structurés par couche.

Les résultats de la modélisation et des simulations numériques
(<http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/ievolisimulations.htm>)

Ces résultats mis en ligne comprennent des textes explicatifs et 8 documents de simulation présentés sous la forme de 7 animations et d'un bloc 3D en perspective. Les 4 premiers documents de simulation (4 animations) sont des documents à vocation pédagogique qui explicitent la dynamique des courants de marée ainsi que les trajectoires de particules sous l'influence de la marée pour la zone du naufrage. Les 4 documents suivants (3 animations et

une vue perspective 3D) illustrent les 4 scénarios de largage du styrène en mer évoqués précédemment.

On présente et on discute ci dessous 3 exemples parmi les 8 documents de simulation : 1 pour la partie dite pédagogique et 2 qui correspondent au travail effectué sur scénarios.

1er exemple : trajectoires de marée.

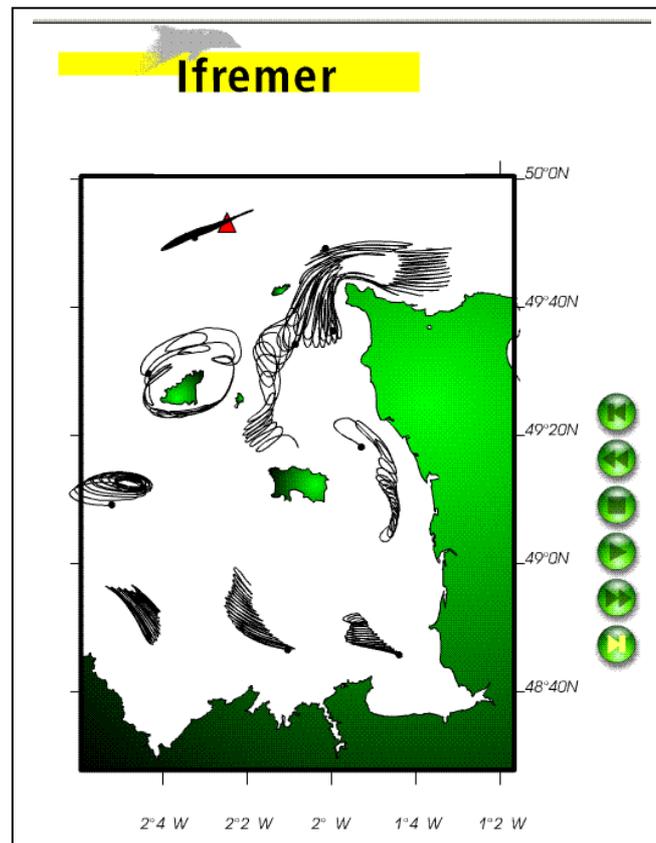


Figure 5 : trajectoires de particules fictives lâchées lors du jusant en l'absence de vent et pour une durée de 6 jours

La zone où se situe l'épave se caractérise par des courants très forts dont la vitesse peut dépasser 4 nœuds. Ils sont principalement induits par la marée et s'inversent toutes les 6 heures environ. La figure 5 représente le déplacement de plusieurs particules fictives lâchées lors du jusant en l'absence de vent et sur une durée de 6 jours. Cette simulation est réalisée en conditions de marée pendant lesquelles on passe de mortes eaux à des vives eaux. L'hétérogénéité des différents parcours dépend principalement de la forme de la côte et de la bathymétrie. On note à l'issue de chaque cycle de marée un déplacement résiduel (quelque soit le point de largage les particules ne reviennent pas à leur point de départ) qui caractérise des courants faibles, appelés courants résiduels. Cette figure illustre pour la période étudiée l'hétérogénéité des courants résiduels sur la zone : transports résiduels faibles dans la zone de l'échouage du Ievoli Sun et beaucoup plus importants (et très différents) autour de Guernesey, en face de Jobourg et Cherbourg, entre Jersey et la côte du Cotentin.

2^{ème} exemple : scénario 3 : simulation d'une vidange de 4000 tonnes de produit en 12 jours

La figure 6 représente une vue perspective 3D de la dispersion des produits dissous dans la masse d'eau. Dans la zone du naufrage, ces produits sont soumis à un brassage vertical intense par les courants de marée et la turbulence générée sur le fond, qui homogénéisent la colonne d'eau en permanence du fond à la surface. Les hypothèses retenues sont : *i*) une dissolution complète des matières issues de l'épave, *ii*) pas de modification chimique de celles-ci au cours du temps, *iii*) le courant moyen est responsable du transport de ces substances dissoutes. Cette vue en trois dimensions est issue de la mise en relation des données modélisées avec celles du SIG évoqué précédemment. Cette image correspond à la situation du 9/11 à 02h conformément aux conditions de vidange de 4000t de produit en 12 jours, avec prise en compte des données de forçage atmosphérique fournies par Météo France. Les limites de concentration indiquées sur cette figure sont : en rouge : 0,30 ppm (partie par million ou mg/l) ; en orangé : 0,15 ppm ; en jaune clair : 0,05 ppm.

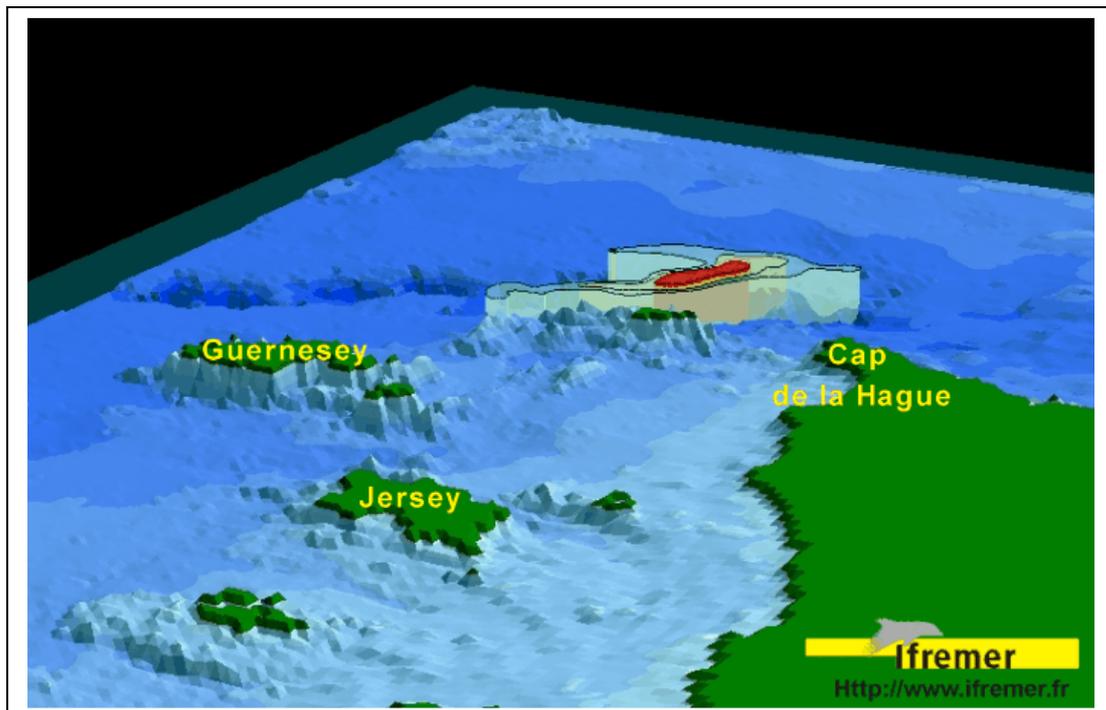


Figure 6 : représentation perspective en 3D de la nappe de dispersion des polluants dissous ; hypothèse d'un déversement de 4000 tonnes de produit en 12 jours (situation au 9/11 à 02h).

3^{ème} exemple : scénario 4 : simulation d'un rejet continu de 20l.mn^{-1} sur 25 jours.

La dispersion d'un rejet continu de 20l.mn^{-1} de produit a été simulée pour la période du 30/10 au 24/11/2000. Le débit de fuite retenu est conforme aux observations réalisées autour de l'épave par robot sous-marin. Les conditions météorologiques utilisées incluent les mesures du vent jusqu'au 19/11 et les prévisions pour la suite de la simulation. Les concentrations sont exprimées en ppm (partie par million). La figure 7 correspond à la fin de la simulation, soit la situation du 24/11/2000 à 6h. Alors que la majeure partie de la tache de dilution se situe le long d'un axe Est Nord Est – Ouest Sud Ouest autour du site de l'épave on note qu'une branche s'est dirigée vers le sud pour atteindre l'île d'Aurigny. Cependant, compte tenu du très faible flux simulé, les concentrations de produit dissous dans la colonne d'eau demeurent très basses, les plus fortes ne dépassant pas 0,056 ppm.

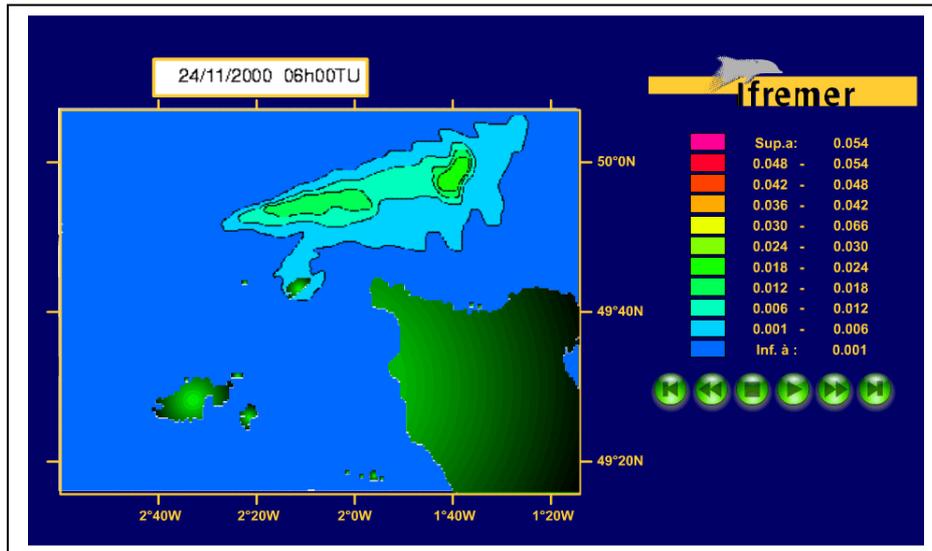


Figure 7 : dispersion simulée d'un rejet continu de 20l.mn^{-1} de produit pour la période du 30/10 au 24/11/2000; situation du 24/11/2000 à 6h.

C'est à partir des résultats de ces simulations qu'a pu être bâtie à Port-en-Bessin la stratégie d'échantillonnage du suivi de la qualité des eaux côtières.

L'ensemble des simulations réalisées, quel que soit le scénario, indiquent que le risque pour la faune et l'environnement marin est demeuré très faible. Ces résultats ont été corroborés par ceux des analyses effectuées in situ.

Conclusions et perspectives

Un ensemble de conditions favorables a permis de mener à bien cette expérience. 4 points peuvent la caractériser : préparation, réactivité, transparence, intégration.

La préparation :

Le naufrage du *Ievoli Sun* a contraint à une forte mobilisation pour anticiper ses conséquences prévisibles. Cette mobilisation a été d'autant plus efficace que :

- nous avons, dans le cadre de nos programmes, élaborés et entretenus :
 - . un code de calcul numérique de transport et diffusion des polluants par les courants,
 - . une base de données bathymétriques numériques,
 - . une chaîne de préprocesseurs permettant de construire rapidement un modèle de détail ("loupe") sur la zone du naufrage,
- nous possédions, parce que nous les avons structurées au préalable dans une optique de travail national systématique, un ensemble de données géographiques normalisées, intégrables dans un système numérique d'information,
- nous pouvions travailler de façon interactive et en temps réel avec le laboratoire côtier concerné (Port en Bessin) pour échanger des données et enrichir le système d'information. Les raisons en étaient notre réseau de communication interne et le fait que nous avons assuré le transfert vers les laboratoires côtiers de données géographiques de référence, d'outils SIG basés sur des logiciels compatibles, de règles et méthodes harmonisées d'implémentation de ces outils, de formation des utilisateurs,

- enfin nous pouvions en autonome mettre en œuvre en temps réel des produits de communication de l'information sur le Web sous forme de textes HTML, de cartes 2D ou 3D dérivées de l'utilisation de SIG ou encore d'animations sous Flash de résultats de la modélisation compte tenu des investissements techniques que nous avons consentis sur le sujet.

La réactivité

En moins de 48 heures, l'activation de ces outils a permis d'éditer un ensemble de cartes de synthèses de connaissances environnementales sur la zone du naufrage, de sortir des prévisions heure par heure du déplacement des taches de styrène dissous correspondant à différents scénarios de fuite et d'y associer un diagnostic prudent des effets sur la faune marine.

L'excellente coordination interne comme avec les autres partenaires (Météo France notamment), la saisine immédiate de l'Ifremer par ses tutelles et la conviction des personnels de pouvoir apporter rapidement des résultats utiles ont été déterminants dans le délai de réponse.

La transparence

L'utilisation efficace et intensive du Net (pour échanger entre sites et entre experts), et la mise en ligne de produits d'information lisibles et compréhensibles par le plus grand nombre, a permis une très large diffusion de résultats exhaustifs, scientifiques et objectifs. Ceux-ci ont donc pu être exploités au fur et à mesure sous la même forme en différents sites ainsi qu'évoqué en introduction et faciliter la gestion de crise. Il fut très significatif de noter que les professionnels de la mer, impliqués dès le départ dans la démarche, ont contribué à propager les conclusions et donc l'homogénéité des messages perçus par les médias.

L'intégration :

Il a été clair pour tous que les outils mis en place ont, conformément à l'organisation que nous avons mise en œuvre, particulièrement facilité l'intégration et la gestion des interfaces. Ils ont en effet permis :

- l'élaboration d'informations géocodées cohérentes sur l'interface terre/mer,
- le partage efficace de données entre les deux sites producteurs : Brest et Port en Bessin,
- la synergie active entre spécialités thématiques: hydrodynamique, géomatique, chimie, biologie, spécialistes de la communication,
- le rapprochement étroit entre localisation, représentation et synthèse (les SIG), analyse et simulation (les modèles numériques), information et communication (le Web),
- l'interface active entre scientifiques producteurs d'expertises et les décideurs (ministères de tutelles, responsables régionaux), les organismes chargés de la lutte, les professionnels de la mer, les associations de défense de la nature, le grand public..

Les niveaux d'interrogation du site web créé (placé en position 5 par le moteur mondial Google sur près de 7000 références), le fait que les pages largement les plus visitées étaient celles correspondant aux entrées « cartes » et « simulations », les réactions du public nous remerciant d'avoir mis en ligne des données cartographiques et demandant à poursuivre cette expérimentation ou encore les avis du Conseil d'Administration de l'Ifremer soulignant la

réactivité de l'Institut qui a su rendre rapidement accessible un ensemble de résultats sont là pour témoigner de la capacité offerte par les outils utilisés à la gestion efficace des interfaces.

Il ne faut pas perdre de vue toutefois les conditions favorables qui furent celles de cet accident dont l'impact fut restreint et il faut donc considérer les difficultés non résolues ou les manques qui subsistent. Nous en citerons quelques uns qui nous paraissent déterminants pour des développements futurs.

- Au plan de l'information géographique et de ses outils :
 - . si une structuration générale des données de référence avait été réalisée au préalable, certaines données de base font particulièrement défaut ou ne sont pas standardisées : nature des fonds, biocénoses benthiques, habitats tout particulièrement. Ce fait est tout particulièrement pénalisant si l'on veut construire dans des délais courts des indicateurs de risque ou de vulnérabilité. L'accident précédent du pétrolier « ERIKA » sur les côtes atlantiques avait souligné cet état de choses et le dossier « IEVOLI SUN » n'a fait que confirmer le besoin d'élaboration de bases de connaissances sur les biocénoses benthiques,
 - . des difficultés majeures sont apparues quand il s'est agi d'intégrer des données géographiques d'autres pays (Royaume Uni). Cette question récurrente est cruciale et intéresse tout nouvel accident en Manche, en Mer du Nord, dans le Golfe de Gascogne, ou encore en Méditerranée avec nos voisins européens,
 - . si la communication d'informations spatialisées a pu se réaliser de façon satisfaisante il n'y a pas eu de véritable « partage » du système d'information par les différents acteurs. Il existe un enjeu majeur de construction d'un système d'information géographique côtier totalement inter-opérable entre scientifiques, aménageurs et gestionnaires, prévisionnistes, opérationnels de la lutte, professionnels de la mer et qui devienne un véritable instrument de gestion de crise.

- Au plan des simulations :
 - . nous étions en Manche dans une mer à marée, là où la stratification est faible et où un modèle à deux dimensions était raisonnablement un outil efficace de représentation du devenir des polluants dans la masse d'eau. Dans le Golfe de Gascogne ou en Méditerranée ce sont des modèles intégrant en outre les transports liés à la houle et à trois dimensions qu'il faudra utiliser. Or ceux-ci, notamment en Méditerranée, ne sont pas actuellement arrivés au stade de maturité des modèles 2D que nous avons pu utiliser,
 - . nous avons simulé le devenir des polluants dissous dans la masse d'eau, il n'était pas du ressort de l'Ifremer de simuler la fraction dérivant en surface des produits largués ni des échanges avec l'atmosphère. Sur l'aspect, dérive de surface de plusieurs types de polluants, des efforts importants sont à consentir entre organismes océanographiques spécialisés dans l'hydrodynamique et le transport côtier et organismes météorologiques afin d'élaborer des simulations et des diagnostics optimisés,
 - . la simulation « réaliste » effectuée sur la base des observations du robot sous-marin mis en œuvre par le navire dépollueur « Neuwerk » a montré que les concentrations calculées du styrène dans la masse d'eau restaient en deçà des seuils de toxicité connus. Le réseau de mesures mis en place a confirmé cela et

aucune contamination des eaux n'a ainsi été mise en évidence. Si des traces de styrène ont été détectées dans la matière vivante à proximité de l'épave, elles n'ont jamais dépassé les doses journalières maximales admissibles (<1 µg de styrène par kg de matière vivante.). Ces faits expliquent que l'exploitation par analyse spatiale sous SIG des résultats de la modélisation dans le but de définir des indices de vulnérabilité par site et type de milieu ou d'usage n'a pas nécessité d'être conduite.

- Au plan de la communication le web s'est avéré être un outil éminemment puissant et efficace. Son utilisation a cependant posé plusieurs questions pratiques comme, par exemple :
 - . format des pages construites : cartes au départ non directement lisibles sur les écrans de taille réduite des PC utilisés par la majorité du grand public,
 - . problèmes de débit et donc de temps d'accès à l'information multimédia (cartes et animations) qui pouvaient décourager le lecteur,
 - . questions posées par la transmission d'une représentation compréhensible des phénomènes dans la masse d'eau (et non en surface). Nous n'avons pu mettre sous web qu'en vue fixe ce type de représentation (cf. fig 6). Or il apparaît souhaitable de pouvoir utiliser des solutions de représentation en 3D animée que les technologies de la réalité virtuelle couplées à Internet devraient permettre de résoudre,
 - . problème de la lenteur qu'ont les moteurs de recherche à intégrer les mots clés adressés par le webmestre. Il aura fallu plus de 6 semaines pour que le site web que nous avons construit soit répertorié par les principaux moteurs mondiaux et donc accessible au plus grand nombre alors que la crise environnementale propre à ce naufrage était alors passée!

En cas d'événement beaucoup plus grave, liée au type de polluant déversé, aux conditions de l'accident, à l'époque de l'année... un ensemble d'interrogations majeures demeurent pour une véritable « gestion de crise ». Celles-ci touchent notamment à l'organisation au plan humain comme technique d'un réseau d'expertise scientifique en interface avec les acteurs de terrain et d'une chaîne de traitements intégrés nécessaires à la production d'information comme à la régulation de cette production.

Remerciements : Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement : B Barnouin, Directeur de l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral à l'Ifremer, chargé de la coordination des actions de l'Institut, A Francois pour les traitements sous 3D Analyst, Patrick Josse de la cellule de prévision de Météo France, Alain Laponche, webmestre du site Internet général de l'Ifremer, Ronan Le Goff, responsable du Laboratoire côtier Ifremer de Port en Bessin.

Références

Allain S., Guillaumont B., Le Visage C., Loubersac L., Populus J. 2000. Données géographiques de référence en domaine littoral ; in "*Geomatics and Coastal Environment*", Actes du colloque COASTGIS'99 Brest France, éditions Ifremer/Shom pp 67-79.

Garreau P. 1997. Caractéristiques hydrodynamiques de la Manche. *Oceanis*, vol 23 n°1 65-97.

GESAMP [Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection], 1989, The evaluation of the hazards of harmful substances carried by ships : (revision of GESAMP Reports and Studies n° 17). *GESAMP Reports and Studies*, 35 : 44p., [11] annexes.

Guillaumont B., Durand C. 2000 The integration and management of regulatory data in a GIS : an applied analysis on the french coasts; in "*Geomatics and Coastal Environment*", Actes du colloque COASTGIS'99 Brest France, pp 269-283.

Ifremer Cefas 1993. Identification biogéographique des principaux stocks exploités en Manche, relations avec ceux des régions voisines. Rap. Int. CEFAS, MAFF, Lowestoft (UK) et DRV/RH IFREMER (France), n°93-023, 256 p.

Ifremer 1999. Inventaire des zones d'aptitude aquacole du littoral français, Rapport IFREMER DRV/DEL pour le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche 2 volumes conchyliculture et pisciculture, 80 cartes. Brest 1^{ère} édition, mars 1999

Loubersac L., Salomon J.C., Breton M., Durand C., Gaudineau G. 2000. Perspectives offertes par la communication entre un modèle hydrodynamique et un SIG pour l'aide au diagnostic environnemental ; caractérisation de la dynamique et la qualité des masses d'eaux ; in "*Geomatics and Coastal Environment*", Actes du colloque COASTGIS'99 Brest France, éditions Ifremer/Shom pp 173-185.

RNDE (Réseau National des Données sur l'Eau) 1996. Spécifications de la structure de la Base de Données Cartographiques BDCARTHAGE, version 2.4. Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, Agences de l'Eau, Paris, 44p plus annexes.

Salomon J.C., Breton M., Guegueniat P. 1995. A 2D long term advection-dispersion model for the Channel and Southern North Sea. Special Issue MAST 52, part B and C. *Journal of Marine Systems*, 6(5-6) 495-528)