

L'ACTION DE RITMER EN "R&D" POUR LA LUTTE CONTRE LES POLLUTIONS MARINES ACCIDENTELLES

Jean CROQUETTE,

IFREMER – Brest (France)

Monique GUILLOU

Université de Bretagne Occidentale / IUEM – Brest (France)

Michel HUTHER

Bureau Veritas – Division Marine – Paris (France)

SOMMAIRE

Le réseau de recherche technologique et d'innovation RITMER a été créé par le Ministère de la Recherche en 2001, suite à la pollution de l'ERIKA de manière à structurer la recherche et développer des liens entre la recherche publique et privée sur le thème de la lutte contre les pollutions marines accidentelles. Après un bref rappel de l'organisation et objectifs du réseau présentés en détail à la session 2002 de l'ATMA, un bilan est fourni suivi d'une présentation d'un échantillon de 7 projets parmi les 25 projets labellisés depuis 2001. Ces 7 projets concernent la surveillance à distance du pétrole sur le fond, le traitement thermique des déchets pollués par le pétrole, les paramètres de biodégradation du pétrole, le comportement en eau de mer de produits chimiques. En complément aux actions nationales, les contacts, échanges et projets développés avec l'étranger sont présentés, en particulier avec l'Espagne et le Japon. En conclusion les priorités pour les recherches futures françaises déterminées lors de deux séminaires organisés en 2003 sur le thème de la détection et mesures de la pollution et en 2004 sur le thème outils innovants et méthodes pour le traitement des zones côtières sont développées.

SUMMARY

The Technological Research and Innovation Network RITMER was created by the French Ministry of research in 2001 after the ERIKA oil spill, in order to structure the French research, and to develop links between public and private research on the domain of the fight against accidental pollution. After a short recall of the network organization and objectives which have been presented at the 2002 ATMA session, a balance is given followed by a presentation of a sample of 7 projects amongst the 25 labeled projects since 2001. These 7 projects concern the remote sensing of sunken oil, the thermal treatment of oily waste, the oil biodegradation parameters, the behavior of chemical products at sea . In addition to the national actions, contacts, exchanges and projects which have been developed with foreign countries are presented, in particular with Spain and Japan. In conclusion, the future priorities for the French research determined during two seminars organized in 2003 on detection devices and probes, and in 2004, on innovative tools and methods for the response in coastal areas are developed.

1. INTRODUCTION

Suite à la pollution de l'ERIKA en décembre 1999, le gouvernement français a lancé plusieurs actions importantes pour améliorer les réponses à de telles situations: réglementation du trafic maritime sur les côtes françaises et contrôle international des vieux pétroliers, accroissement des capacités du CEDRE comme conseiller des autorités, mise en place de nouveau programme scientifiques, Suivi-Erika (programme de suivi des impacts écologiques de l'accident), Liteau-Erika (programme de recherche sur l'impact écologique des pollutions par fuel lourd).

En outre un RRIT Réseau de Recherches et d'Innovations Technologiques sur la lutte des pollutions marines accidentelles a été créé, venant compléter les 16 RRIT existants couvrant les domaines important pour l'industrie: transport, énergie, informatique, télécommunication, génome, etc...

Le RRIT conseille les autorités françaises sur les orientations et les financements des recherches et organise la sélection des projets aidés par les Ministères impliqués. Concernant la lutte contre la pollution marine accidentelle, le RRIT s'appelle RITMER, Réseau de Recherches et d'Innovations Technologiques sur les Pollutions Marines Accidentelles et leurs Conséquences Ecologiques. Il est dirigé par une Cellule d'animation, un Bureau et un Comité d'Organisation d'une trentaines de personnes de l'industrie et de la recherche [1] (<http://www.ritmer.org>).

Les domaines couverts par le RITMER sont principalement les pollutions par fuel et produits chimiques, mais aussi par solides comme les débris flottants ou les conteneurs. Les pollutions par matières radioactives ne sont pas traitées par le réseau en raison de leur nature très spéciale et le secteur d'activité concerné.

Les sujets traités par RITMER se regroupent en 8 thèmes définis par le Comité d'Organisation. Ces thèmes sont les suivants:

- 1) La caractérisation des produits transportés,
- 2) Les technologies de repérage et de suivi des polluants (en mer, sous l'eau, dans le sable...)

- 3) La récupération et le traitement des polluants en mer et à terre,
- 4) La gestion des épaves,
- 5) La gestion des risques vis-à-vis des écosystèmes,
- 6) Les technologies de protection et de réhabilitation des sites et écosystèmes sensibles,
- 7) Les technologies de traitement des déchets collectés (passage du déchet aux produits ultimes)
- 8) Les méthodes de gestion des risques.

Plus de détails sont donnés en [1].

2 –PROJETS LABELLISES

Les propositions de projets sont volontaires et reçues en continue. Leur évaluation est effectuée par des experts indépendants suivant 5 critères fixés lors de la mise en place du réseau. La labellisation ou non est prononcée au vu du rapport d'évaluation lors des réunions du Comité d'Organisation.

Pour être recevable le projet doit comporter une part significative de recherche et associer des organisme de recherches, des industriels et des utilisateurs des résultats.

2.1 Bilan fin 2004

Entre avril 2001 et décembre 2004, RITMER a reçu 39 propositions de projets. Compte-tenu de demandes d'améliorations lors de premières évaluations, ce sont 60 évaluations qui ont été effectuées par les experts et 26 projets on finalement été labellisés pour financement (tableau 1).

Les 26 projets labellisés représentent un budget de plus de 13 millions d'euros, non compris le coût des personnel universitaires. L'aide des ministères s'élève à 7,7 millions d'euros. Un résumé du contenu des projets est donné sur le site web RITMER mentionné en introduction.

Enfin nous signalerons qu'un des projets labellisés a donné lieu à un projet européen coordonné par Alstom Chantier de l'Atlantique sur le sujet de la conception d'un navire dépollueur de haute mer.

Thème		Nb présentés	Nb labellisés	Nom
1	La caractérisation des produits transportés	1	1	ECOPEL
2	Les technologies de repérage et de suivi des polluants	10	8	EXCAPI SCOPMAR2 DETECSUIV2 CLARA2 JETSTAR2 ROSE2 STORM SURLITOP2
3	La récupération et le traitement des polluants en mer et à terre	11	8	BIOREHAB ECREPOL BLACMOR3 OSH2 NAVPOLEM2 RENAPIM2 BARGE TAPI
4	La gestion des épaves	3	2	JETSTAR2 ROSE2
5	La gestion des risques vis-à-vis des écosystèmes	3	1	CONCHPOL3
6	Les technologies de protection et de réhabilitation des sites et écosystèmes sensibles	6	3	BIOREHAB SIMBAR (BOOM) CONCHPOL3
7	Les technologies de traitement des déchets collectés	7	4	BIOREHAB THERMER EVABIODEG2 DESEMULSIFICATION
8	Les méthodes de gestion des risques	5	5	POLLUCOM2 CONCHPOL3 CLARA2 OERS2 ARGEPOL

Table 1 - Liste des projets évalués par thèmes
(un projet peut dépendre de plusieurs thèmes)

2.2 Descriptions de projets

* ECOPEL : Etude du comportement des produits chimiques déversés en mer

ECOPEL a pour but d'étudier le comportement de déversement de produits chimiques en environnement marin. Le programme comporte 3 phases [2]:

1- Analyse du trafic maritime des produits chimiques le long des côtes françaises afin de déterminer les produits les plus dangereux

2- Recherche des paramètres les plus importants permettant de caractériser le comportement des produits flottants rejetés à la mer par essais à différentes échelles, laboratoires, sites pilotes (colonne verticale) et macrocosmes (cellules flottantes).

3- Développement de tests permettant l'identification des effets de tels déversements sur les espèces marines

Les données de trafic sont obtenues en interrogeant les autorités portuaires, puis finalisées en utilisant des données de groupes de travaux et centres régionaux et des documents de la Marine Nationale. Les produits principaux identifiés sont: acétate de vinyle, acide acétique, acide phosphorique, acide sulfurique, acide oléique, ammoniac, benzène, éthylène, glycol, huiles végétales et animales, hydroxyde de sodium, mélasse, méthanol, MTBE, phénol, styrène, toluène, dioctylphtalate et urée.

Des essais ont été effectués sur les produits donnés en table 2. Une méthode de détermination de la solubilité en eau de mer des produits chimique a été définie. Elle est basée sur 3 essais dérivés des normes françaises (AFNOR) et américaine (EPA) qui permettent d'évaluer la solubilité en eau calme mais aussi la quantité de produit dissoute ou dispersée en eau agitée.

Noms des produits	
Huile de soja	MIBK (méthyl isobutyl cétone)
Huile de castor	Adiponitrile
Huile de palme	2-Ethyhexanol
Acide oléique	Nonylphénol
Benzène	Acide octanoïque
Styrène	N-butyl acétate
Dioctylphtalate	Octanole
Ethyl-benzène	

Table 2: Liste des produits testés dans ECOPEL

Des données sur le comportement des produits déversés dans la colonne d'eau ou sur le fond ont été obtenues dans une colonne d'essais et des essais en cellules flottantes ont permis d'approcher le comportement en mer ouverte. Enfin, deux tests de toxicité ont été effectués au Cèdre en exposant des espèces marines qui pourront être utilisées par les biologistes à l'avenir en cas de pollutions chimiques.

* EXCAPI : Expérimentation de capteurs acoustiques pour repérer le pétrole immergé

L'objectif de EXCAPI est d'effectuer des essais de divers sonars et de déterminer leur capacité à détecter des galettes de fuel lourd reposant sur un fond sablonneux [3]. L'expérience a consisté à placer des galettes de différentes dimensions, compositions et épaisseurs sur un fond de 3 cm de sable dans un réservoir de grandes dimensions (figure 1).

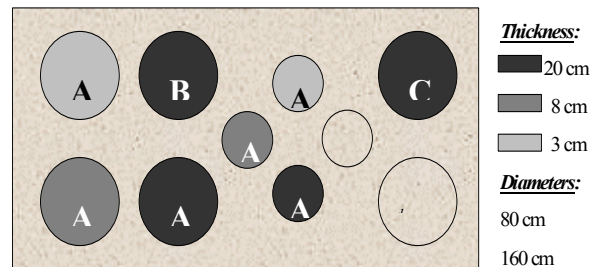


Figure 1: Galettes de fuel utilisées pour tester les sonars

Les résultats obtenus peuvent se résumer comme suit: certains sonars haute fréquence (200-500 kHz) souvent utilisés en mer (sonars latéraux, sonars multi-faisceaux, sonars à front sectoriel) peuvent détecter la présence de galettes de fuel sur un fond sablonneux en raison de la forte atténuation du signal du au faible pouvoir réfléchissant de ces galettes (figure 2). Le contraste obtenu avec trois fuels lourds différents est similaire. Cependant le contraste dépend du système considéré et des conditions d'utilisation (altitude, distance transversale et incidence, ...).

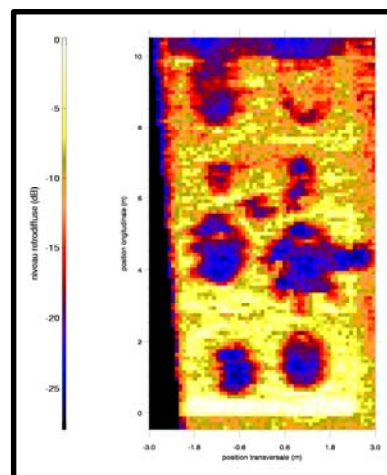


Figure 2: Echos sonars observés avec les galettes de fuel de la figure 1

En conclusion, un sonar latéral peut être utilisé pour une évaluation rapide de la pollution sur une grande surface, et lorsqu'il y a présomption de présence de galettes, une analyse plus fine peut être effectuée avec d'autres systèmes comme des sonars multi-faisceaux, verticaux, à front sectoriel, depuis des navires, sous-marins, ROV ou AUV.

*** THERMER : Remédiation de sable pollué par voie thermique**

Le projet THERMER a étudié la possibilité de brûler des déchets pollués par du fuel sur lit fluidisé. Le projet a en premier évalué la fluidisation de sables pollués en fonction de la quantité de fuel contenu [4]. Puis des essais ont été menés en four afin de déterminer la niveau thermique nécessaire et la cinétique de combustion. Un équipement a été défini pour permettre une bonne remédiation du sable pollué, en évitant une pollution atmosphérique et en minimisant la consommation d'énergie.

Les résultats de essais de fluidisation ont montré que le fuel du Prestige contenant jusqu'à 62% d'eau pouvait être traité. La température d'autocombustion est d'environ 700° C, et le sable pollué est totalement nettoyé en 30 secondes. La pollution résiduelle est de l'ordre de 50 ppm d'hydrocarbures. Les émissions de NO, N₂O, CO et SO₂ dépendent du polluant (quantité d'eau, volatilité, quantités d'azote et de sulfures). Le coût du traitement est considéré acceptable (80 à 100 € par tonne de déchets hydrocarbures).

*** POLLUCOM : Système d'information et de télécommunications appliqué aux pollutions maritimes**

POLLUCOM est un système dédié à la communication et à la gestion de données pour les de contrôle des rejets en mer, exploitable en France métropolitaine et territoires d'outre-mer.

Le système POLLUCOM, capable de transmettre des volumes importants de données dans des temps acceptables, utilise un support commun à tous les acteurs, Internet, qu'ils soient à terre, en mer ou dans les airs. Conçu à partir de produits standards, POLLUCOM est

un système flexible et évolutif, aussi bien vis-à-vis des utilisateurs que de la nature des données échangées. Grâce à son architecture, POLLUCOM peut être utilisé dans des environnements et contexte géographiques divers.

L'opération du système respecte parfaitement l'organisation en place, le rôle et les méthodes de travail des divers acteurs. Elle accepte toutes les situations opérationnelles, avant, pendant et après l'accident, et peut être exploitée par les utilisateurs pour:

- maintenir leur champ des connaissances grâce au partage en temps réel des données
- estimer les situations et risques à l'aide de moyens basés sur le système de cartographie électronique ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)
- élaborer des réponses opérationnelles élaborées à l'aide d'outils intégré de coopération

POLLUCOM participe à la gestion de crise élargie en proposant un enrichissement qualitatif et quantitatif des éléments d'information et de cartographie adaptés au mode de réflexion des utilisateurs.

*** SCOPMAR : Système cartographique opérationnel de la pollution marine**

L'objectif de SCOPMAR est de fournir une vue de la situation analysée par les avions POLMAR (images des nappes, de la côte, positions des navires, ...) aux autorités responsables des opérations de contrôle du déversement.

La solution choisie est de transmettre un objet numérique élaboré en plan par fusion de données de divers types, puis de le convertir dans un standard du commerce (SHAPE, GEOTIFF) afin de l'intégrer dans le GIS (Geographic Information System) des instituts scientifiques et centres impliqués dans les opérations (CEDRE, IFREMER, SHOM, METEO-France) (figure 3).



Figure 3: Illustration de vues fournies par SCOPMAR

*** EVABIODEG : Evaluation d'une filière de traitement biologique et chimique de déchets issus de pollution marine accidentelle par des hydrocarbures**

L'objectif de EVABIODEG est de définir une méthode et de construire une plate-forme pour l'évaluation de traitements physico-chimiques et biologiques de déchets huileux.

Le système fournira une information et évaluation technique sur l'efficacité des méthodes de nettoyage et sur la toxicité sur les ressources marines des produits dégradés et effluents.

La méthode a été définie par des essais avec du sable et algues pollués par du fuel lourd.

***BIOREHAB : Etude comparée de la biodégradabilité d'hydrocarbures par des bactéries planctoniques ou des biofilms bactériens en fonction de paramètres environnementaux**

Le projet étudie l'impact moyen sur la bio-assimilation d'hydrocarbures par *Pseudomonas putida* PpG7 et *P. aeruginosa* PAO1pNAH7. Une concentration marine en NaCl (0,5 M) bloque l'assimilation des hydrocarbures. Ce stress osmotique agit en empêchant la synthèse

d'enzymes métaboliques et probablement l'absorption de certains hydrocarbures.

Cette inhibition a été éliminée en ajoutant des osmoprotecteurs. Le métabolisme du pétrole (arabique léger) a été suivi, révélant que les microorganismes contenus dans le pétrole dégradent les n-alcans et étaient stimulés par *P. aeruginosa* PAO1pNAH7. L'assimilation peut être améliorée par émulsification des hydrocarbures avec des rhamnolipides. Leur production par *P. aeruginosa* PAO1 a été observée en utilisant divers hydrocarbures comme source de carbone.

Cependant elle n'a été observée que dans un milieu phosphaté limité.

3 – ECHANGES ET COMMUNICATION

En complément aux labellisations de projets, RITMER maintient une activité de communication et d'échanges avec d'autres groupements tant en France qu'à l'étranger.

3.1 Séminaires

Le RITMER a organisé deux séminaires sur l'innovation.

Le premier séminaire a traité des besoins en moyens d'échantillonnage et d'analyse pour détecter, identifier et suivre les déversements. L'expérience dans divers secteurs a été présentée : industrie pétrolière, chimie, eau potable, et les potentialités de développement ont été identifiées.

Le séminaire a montré que de nombreux moyens d'échantillonnage existent, mais que les propriétés des polluants, principalement chimiques, n'ont pas été suffisamment étudiées, que ces moyens nécessitent une adaptation pour leur utilisation en environnement marin. Il a aussi été constaté que le marché était limité et que les développements ne pouvaient qu'être des compléments aux marchés de détection et suivi des pollutions.

Les domaines potentiels d'innovation qui ont été identifiés sont l'utilisation des drones pour la détection à distance de zones dangereuses, le développement de méthodes d'analyse à spectres larges, (spectrométrie, chromatographie, bio-capteurs, bio-marqueurs), et enfin le développement d'échantillonnages à très bas coût.

Le second séminaire a concerné des moyens et techniques innovants pour des opérations côtières. Quatre thèmes ont été abordés: suivi des nappes près des côtes, guidage des navires d'intervention, utilisation des filets et géotextiles, récupération des polluants sur les fonds marins, nettoyage des zones difficilement accessibles et écologiquement sensibles.

3.2 – Actions internationales

Le Ritmer a pour volonté de coopérer avec d'autres pays. Certains de ses membres comme le Cèdre sont déjà présents dans le monde. Le réseau Ritmer est lié au niveau gouvernemental avec l'Espagne et d'autres partenaires européens, dans le cadre d'un réseau européen (ERANET) pour la coordination des programmes nationaux de recherche sur le contrôle des rejets (Espagne, France, Belgique, Estonie, European Science Foundation, Irlande, Norvège, Portugal, UK). Des projets transnationaux sont aussi possibles via des projets labellisés par le Ritmer. Deux projets

existants associent des partenaires étrangers. La possibilité de coopération avec le Japon, NMRI (National Maritime Research Institute) est aussi en cours d'étude.

4 – CONCLUSION

En conclusion, le réseau Ritmer a permis d'identifier les besoins d'innovation et d'orienter le flux de projets qui ont suivi les pollutions de l'Erika et du Prestige. Le réseau répond au besoin permanent en recherche et développement de technologies innovantes et de méthodes, en complément aux programmes de recherche français existants suite à l'Erika. Le réseau a renforcé la capacité de réponse de l'organisation française en contrôle des rejets accidentels et attiré de nombreux laboratoires de recherche universitaires (15), de centres de recherche (25), et de sociétés privées (39), qui coopèrent maintenant sur des projets innovants.

Après 3 ans de fonctionnement, le Ritmer a sélectionné 26 projets couvrant inégalement les besoins antipollution qui ont été identifiés par le réseau.

Quelques priorités ont été définies pour des actions futures:

Thème 1: La caractérisation des produits transportés

Première priorité du réseau: ciblé sur les rejets de produits chimiques, leur évolution en mer, leur dangerosité.

Thème 3: La récupération et le traitement des rejets à la mer et à terre

Suivi à distance, suivi des galettes dans les zones côtières, amélioration des techniques filets

Thème 4: Gestion des épaves

Etudes de faisabilité de techniques innovantes pour le suivi des épaves

Thème 7. Technique de traitement des déchets récupérés

Techniques de stockage, transfert et stockage final des produits pollués par fuels récupérés par des navires, déchets provenant de rejets chimiques.

REFERENCES:

[1] Huther M., Croquette J., Guillou M. 2002. Le réseau RITMER : un soutien à la R&D en pollutions marines accidentelles. *100ème session de l'Association Technique Maritime et Aéronautique*. Paris, octobre 2002.

[2] Mamaca E., Merlin F.X., Le Floch S. 2004 Experimental studies on the weathering of vegetable oil in an open pool to predict its behaviour in case of a casual spillage *Proceedings of the Interspill 2004 Conference*, Trondheim, Norway.

[3] Parthiot F., de Nanteuil E., Merlin F.X., Zerr B., Guedes Y., Lurton X., Augustin J.M., Cervenka P., Marchal J., Sessarego J.P., Hansen R.K. 2004 Sonar detection and monitoring of sunken heavy fuel oil on the seafloor *Proceedings of the Interspill 2004 Conference*, Trondheim, Norway.

[4] Alappat B., Déon S., Pré P., Delebarre A. 2004. *Fluidization of sand polluted with oil*. Fluidization XI, U. Arena, R. Chirone, M. Miccio & P. Salatino (Eds), Engineering Conference International, New York, pp. 787-794.

[5] Diab F., Bazire A., Jebbar M., Dufour A., Bernard T., Haras D., Blanco C. Hydrocarbon degradation and bioemulsification by *Pseudomonas*. *Pseudomonas 2003*, Septembre 2003, Québec.

REMERCIEMENTS

The authors acknowledge the projects coordinators who have contributed in this paper . Their e-mails are :

ECOPEL : Stephane.le.floch@cedre.fr

SCOPMAR : Sylvain.Pierrard@lne.fr

EXCAPI : francois.parthiot@cedre.fr

EVABIODEG : yves.andres@emn.fr

THERMER : arnaud.delebarre@emn.fr

BIOREHAB : dominique.haras@univ-ubs.fr

POLLUCOM : gwendal.lecoq@ago.fr