



**CENTRE DE DOCUMENTATION DE RECHERCHE ET
D'EXPERIMENTATIONS SUR LES POLLUTIONS ACCIDENTELLES DES
EAUX**

715, Rue Alain Colas, CS 41836 - 29218 BREST CEDEX 2 (Fr)
Tél : (33) 02 98 33 10 10 – Fax : (33) 02 98 44 91 38 – E- mail : contact@cedre.fr
Web : www.cedre.fr

**Lettre Technique Mer- Littoral n°18
2007-2**

Sommaire

• Accidents	2
Déversement de fioul lourd suite au talonnage du paquebot <i>Sea Diamond</i> (île Santorin, Grèce)	2
Pollution suite à la rupture d'une ligne de transfert (raffinerie <i>ENAP</i> , Talcahuano, Chili)	2
• Préparation à l'intervention.....	3
Exercices sur les zones Manche/Mer du Nord (POLMAR 2007) et Atlantique (GASCOGNE 2007)	3
• Rejets illicites.....	4
Exercice multinational <i>Super CEPCO</i> : cinq navires pris en flagrant délit	4
• Prévention	5
Coopération transnationale pour la réduction des risques de pollutions : projet de pipeline Paneuropéen.....	5
• Techniques et moyens de lutte / recherche et développement	5
Expérimentations en mer <i>DEPOL 07</i>	5
Confinement des hydrocarbures submergés	6
• Stratégie de lutte	7
Marais : restauration par brûlage <i>in situ</i>	7
Dispersion chimique et photo toxicité	8
• Récupération en eaux côtières.....	8
Barges Ecocéane : <i>Cataglop XL</i> et <i>Catamar</i>	8
Barrages et stockages flottants	9
• Conférences et colloques	10
Trentième Colloque technique de l' <i>AMOP</i> (Canada)	10
• Législation /condamnations	11
Union Européenne : durcissement de la réglementation sur les pétroliers à double coque.....	11
Forte amende pour rejet illicite (chimiquier <i>Ozden-S</i>)	11

• **Accidents**

Déversement de fioul lourd suite au talonnage du paquebot *Sea Diamond* (île Santorin, Grèce)

Le 5 avril 2007, alors qu'il achevait une croisière de plusieurs jours, le paquebot grec *Sea Diamond* (22 412 tonnes) s'est échoué à proximité du port de l'île de Santorin (Cyclades, Mer Egée), où il s'apprêtait à accoster, sur un récif pourtant indiqué sur les cartes marines. En raison d'une voie d'eau dans la coque, le navire a coulé par 130 mètres de fond aux premières heures du 6 avril, après que les 1 500 passagers et membres d'équipages ont été évacués et 2 touristes français portés disparus.

Au moment du naufrage, les soutes du *Sea Diamond* contenaient 450 m³ d'hydrocarbures, essentiellement du fioul de propulsion mais aussi du gasoil et des lubrifiants. Une partie du fioul, estimée à 100 m³ environ, s'est échappée de l'épave dès le lendemain de l'accident.

La société spécialisée *Environmental Protection Engineering SA* a été contractée pour la mise en œuvre de la réponse en mer, conjointement avec les autorités grecques qui en supervisaient le déroulement. Les opérations en mer ont mobilisé 5 navires dont 2 spécialisés en lutte antipollution. Dans un premier temps, 3 rideaux de barrages flottants (longueur totale de 1,5 km) ont été déployés au-dessus de la position de l'épave. Si les conditions météo-océaniques favorables ont permis à ce dispositif de contenir l'essentiel des nappes à la surface de l'eau au cours des jours suivant le naufrage, le pompage des hydrocarbures restant dans le navire a rapidement été considéré comme une option prioritaire.

Malgré le confinement et la récupération du fioul en mer, des arrivages d'hydrocarbures se sont produits sur le littoral de l'île de Santorin, sur un linéaire côtier d'environ 5 km, tandis que les nappes ayant atteint le port ont été pompées au moyen de camions à vide. A la fin du mois de juin, la quantité de fioul récupérée à la côte était estimée à 250 à 300 m³ ; le navire en recèlerait encore 200 m³.

Dès le 10 avril, l'épave a été inspectée au moyen d'un ROV (*Remote Operated Vehicle*, véhicule opéré à distance) pour en évaluer la stabilité, en vue d'une recherche en plongée des passagers manquants, et estimer les possibilités de colmatage en cas de nouvelles fuites conséquentes d'hydrocarbures. Le Ministère grec de la Marine Marchande a par ailleurs demandé au propriétaire chypriote du navire de présenter rapidement un plan de pompage de l'épave afin de faire cesser les risques de pollution. Le propriétaire, se reposant sur l'avis de ses propres experts, n'a ni soumis de plan ni mis en œuvre de telles opérations en invoquant de trop forts « risques de pollution » en cas d'intervention. Il s'était cependant engagé à présenter aux autorités grecques un plan de pompage pour le 6 juin 2007... annonce non suivie des faits.

Le 18 juin une amende de plus d'1 M € a été prononcée à l'encontre du propriétaire pour pollution, et les autorités du Port de Santorin y ont ajouté 8 800 € d'amende par jour sans réponse en termes de pompage des hydrocarbures (totalisant 560 000 € en début juillet 2007). A cet égard, en l'absence d'une action du propriétaire, les autorités portuaires menacent par ailleurs de faire procéder à l'enlèvement de l'épave en dépit de risques de pollution liés au démantèlement éventuel de la structure... Protestations de la compagnie, qui argue avoir déjà dépensé plus de 4 M€ pour les opérations de lutte et avoir créé un fonds de 4,3 M€ destiné à l'indemnisation de plaignants s'estimant victimes de la pollution du mois d'avril (activité touristique).

Quelques jours seulement après l'accident, le capitaine du navire et 5 membres d'équipage (lesquels ont imputé l'accident aux courants...), ont été inculpés de négligence ayant entraîné un naufrage et une pollution des eaux marines, ainsi que de manquement aux règles internationales de sécurité de la navigation.

En décembre, une polémique a été soulevée, par la compagnie propriétaire du *Sea Diamond*, quant à la validité des cartes marines (produites par les Services Hydrographiques de la Marine hellénique) dans la zone de l'accident. Celle-ci a en effet commissionné une étude hydrographique auprès de la société grecque *AKTI Engineering*, selon laquelle le récif en cause dans le talonnage serait inexactement reporté sur les cartes existantes. Rejetant cette assertion, les Services Hydrographiques de la Marine ont répondu défavorablement à la demande du propriétaire de mener une expertise officielle, effectuée dans le but de vérifier l'hypothèse de cartes erronées, et d'obtenir une annulation des amendes prononcées à son encontre.

Pollution suite à la rupture d'une ligne de transfert (raffinerie *ENAP*, Talcahuano, Chili)

Le 25 mai 2007, au Chili, environ 350 m³ de pétrole brut ont été accidentellement déversés dans la Baie de San Vicente, à partir d'une ligne de transfert sous-marine située en face du port de Talcahuano (région méridionale de Bio Bio), où le pétrolier *New Constellation* (immatriculé aux îles Marshall) déchargeait sa cargaison à destination de la raffinerie *ENAP* (*Empresa Nacional del Petróleo*).

Si la fuite (dont la cause n'est toujours pas officiellement élucidée) a été rapidement colmatée, la pollution s'est bientôt étendue sous l'effet des courants, fragmentée en nappes venant s'échouer sur le littoral à proximité du port de Talcahuano, mais aussi dans un estuaire hébergeant d'abondantes populations d'oiseaux

marins.

La compagnie *ENAP* a participé aux opérations de nettoyage du littoral, supervisées par les autorités chiliennes et qui ont essentiellement consisté en un ramassage manuel, recrutant une cinquantaine de pêcheurs dont l'activité avait été suspendue suite au déversement.

Parallèlement, les autorités portuaires se sont efforcées de limiter l'extension des nappes flottantes en bord de plage, au moyen de barrages flottants et absorbants.

Les opérations de dépollution du littoral étaient réalisées à 85 % au début du mois de juin.

En termes d'impact, des centaines d'oiseaux ont été souillées suite au déversement, et les Services chiliens de l'Agriculture et Vétérinaires (*Agricultural and Livestock Service*) ont mis en œuvre des opérations de secours à la faune ; au début juin, plus de 200 oiseaux étaient traités en centre de soins et environ 100 otaries avaient été nettoyées (sachant que 200 autres individus souillés n'avaient pu être capturés pour être soignés).

Selon la Commission Environnementale Nationale du Chili, le bilan des pertes infligées aux populations aviaires pourrait s'avérer lourd (chiffres néanmoins non communiqués). Par ailleurs, cet accident a causé des impacts socio-économiques en entraînant la suspension temporaire des activités de pêche et d'aquaculture.

Critiquée pour avoir réagi tardivement au déversement, l'*ENAP* est tenue comme responsable des dommages environnementaux et économiques engendrés par la pollution ; une enquête des autorités chiliennes a été diligentée afin d'établir la cause et les responsabilités exactes de l'accident et, *a posteriori*, la nature du délit imputable à la compagnie pétrolière. Cette dernière s'est vue infliger une amende de 380 000 € (565 000 \$US) pour atteinte à l'environnement, la pollution étant qualifiée de « majeure » au vu des impacts induits sur la faune. Par ailleurs, les demandes d'indemnisation des parties civiles -pêcheurs et riverains- se monteraient à plus de 5 M€ (8 M\$US).

Afin de réduire les risques de telles pollutions, l'*ENAP* projette la construction, à terre, d'un nouveau terminal censé être opérationnel à partir de 2009.

• Préparation à l'intervention

Exercices sur les zones Manche/Mer du Nord (POLMAR 2007) et Atlantique (GASCOGNE 2007)

L'exercice POLMAR 2007, organisé par la préfecture maritime de la Manche et de la mer du Nord, s'est déroulé le 25 mai au large de Boulogne-sur-Mer, dans le but de tester les procédures et les moyens techniques prévus en cas de pollution accidentelle, la coordination entre les différentes administrations impliquées dans la réponse, ainsi que les possibilités de recours aux pêcheurs professionnels.

L'un des principaux objectifs de l'exercice était d'accroître la coopération entre la Marine nationale et les pêcheurs volontaires en cas de pollution.

Le scénario était celui d'un déversement d'hydrocarbures suite au naufrage d'un vraquier, les nappes de fioul étant simulées par de la balle de riz. D'importants moyens nautiques ont été déployés, comprenant : le bâtiment de soutien de région (BSR) *Elan*, le patrouilleur de Service Public (PSP) *Pluvier*, la vedette des affaires maritimes *Armoise*, et 2 chalutiers boulonnais. Travaillant en « bœuf », ces derniers ont pu procéder à la récupération des hydrocarbures à l'aide du chalut antipollution (CAP) *Thomsea*.



Chalut antipollution mis en œuvre par un navire de pêche (Source : Thomsea)

La préfecture maritime de l'Atlantique a organisé les 20 et 21 juin l'exercice Gascogne 2007, de lutte contre une pollution par hydrocarbures au large de Biarritz, ainsi que d'assistance à un navire en difficulté.

L'exercice, qui a bénéficié du concours de moyens espagnols (*SASEMAR* -société de sauvetage et de sécurité en mer) et de l'Agence Européenne de Sécurité Maritime (AESM), a mobilisé plus de 12 navires et 5 aéronefs d'organismes et de nationalités diverses. Il s'agissait de valider les mesures postérieures à l'accident du *Prestige* (2002) visant à améliorer la sécurité maritime dans la zone concernée, notamment en activant le plan d'accueil des navires en difficulté et le dispositif POLMAR, mais aussi le *BISCAYE PLAN* (accord de coopération franco-espagnole).

L'exercice se déroulait selon le scénario suivant : suite à une collision avec un cargo, un pétrolier signale au CROSS Etel une forte gîte due à une entrée d'eau. La perforation d'une soude et l'invasion de la salle des machines rendent le navire non manœuvrant et nécessitent son remorquage. Les autorités maritimes et terrestres françaises doivent alors se prononcer sur le choix d'un site-refuge adapté tandis que la situation du bâtiment se dégrade et entraîne une pollution par hydrocarbures au large de Biarritz.

Aux moyens en mer des administrations françaises, espagnoles, et de l'AESM, s'est ajoutée une flottille de navires de pêche mise à la disposition du Préfet maritime.



Le BSAD Argonaute (au premier plan), et des navires de l'AESM (Île de Bréhat) et de la SASEMAR.



Confinement des « nappes » (balle de riz) par barrage flottant déployé depuis le BSAD Argonaute.

(Source : Marine Nationale)

Les avions de la SASEMAR (*Casa 235*) et des Douanes françaises (*Polmar*) ont œuvré de concert à la localisation des nappes en mer, dont la position était transmise à la frégate *Germinal* qui assurait le contrôle opérationnel des moyens, coordonnait leur action et attribuait à chacun une zone de travail.

Les opérations de récupération du polluant simulé (balle de riz) ont été guidées par les hélicoptères *Ecureuil* de la Gendarmerie et *Dauphin* de service public de la Marine nationale.

Concernant la lutte sur le littoral, l'exercice s'est organisé autour de prévisions de dérive fournies aux états-majors à terre (SASEMAR, Centre Opérationnel Zonal Sud-Ouest, Services Interministériels de Défense et de la Protection Civile et PC POLMAR des préfectures des départements 64 et 40), impliquant le littoral des Pyrénées Atlantiques, des Landes et de la Gironde.

• Rejets illicites

Exercice multinational *Super CEPCO* : cinq navires pris en flagrant délit

Dans le cadre de l'Accord de Bonn se tiennent chaque année des opérations multinationales de contrôle aérien baptisées *CEPCO* (*Coordinated Extended Pollution Control Operation*), consistant en une surveillance continue exercée sur une zone déterminée de la mer du Nord.

En avril 2007, les parties contractantes de l'Accord de Bonn ont organisé le projet pilote *Super CEPCO*, consistant en un exercice étendu sur 10 jours et exploitant des images satellitaires. Celui-ci associait la Belgique (Unité de Gestion du Modèle Mathématique de la mer du Nord, *UGMM*) – qui en a assuré la coordination générale, les Pays Bas, la France (Douanes françaises et Marine nationale) et le Royaume Uni (*Maritime and Coastguard Agency*). L'Agence Européenne de Sécurité Maritime (AESM) a également participé au projet, qui a reçu le soutien financier de la Commission Européenne. Les objectifs en étaient :

- d'effectuer un suivi continu des navires potentiellement pollueurs, dans des zones d'intérêt pour les 4 pays participants et à haute probabilité de rejets illégaux (voies de trafic maritime), ceci par observations aérienne et satellitaire ;
- d'évaluer et optimiser l'apport de l'imagerie satellitaire, notamment en matière d'interprétation (seuils de confiance, artefacts...), de procédures de coopération transnationale -s'agissant de formuler des recommandations en vue d'améliorations ;
- d'identifier les pollueurs sur la durée de l'exercice, et de lancer rapidement les procédures judiciaires prévues (inspections, poursuites, etc.).
- de rédiger des guides, à valeur européenne, sur les procédures de détection et de suivi des nappes d'hydrocarbures.

En termes de moyens, les pays participants ont mobilisé 7 avions, diversement équipés de caméras, de radars et de capteurs ultraviolets et infrarouges. Ceux-ci ont permis le survol de la zone retenue durant 220 heures en continu. Une quarantaine d'images satellitaires ont été exploitées, et 7 navires appartenant aux 4 pays se sont tenus prêts à intervenir en mer pour l'échantillonnage des rejets et l'inspection des navires.

Quarante-cinq nappes ont été détectées et validées par les aéronefs, et les navires présumés responsables ont été identifiés pour 5 d'entre elles, correspondant à 3 infractions dans les eaux britanniques, 1 dans les eaux néerlandaises et 1 dans les eaux belges.

Globalement, les images satellitaires ont présenté un intérêt certain dans le cadre de ce type d'opérations, particulièrement pour compléter la couverture par les avions de surveillance. Les modèles mathématiques de l'*UGMM* ont également démontré leur utilité en permettant la correspondance entre les données satellitaires et les nappes détectées lors des reconnaissances aériennes.

Ce projet pilote *Super CEPCO* a fait l'objet d'une évaluation par le biais d'un atelier organisé en septembre par les Douanes françaises, à la Préfecture Maritime de l'Atlantique (Brest).

Pour en savoir plus :

<http://www.mumm.ac.be/SuperCEPCO/index.php>

• **Prévention**

Coopération transnationale pour la réduction des risques de pollutions : projet de pipeline Paneuropéen

Le mois d'avril 2007 a vu la signature d'une convention entre la Croatie, l'Italie, la Roumanie, la Serbie et la Slovénie, prévoyant la construction d'un pipeline dans le but de réduire les risques de pollutions accidentelles liés à l'intensité du transport par navire de produits pétroliers dans le Détroit du Bosphore, large de 0,7 km à 4 km, pour une longueur de 30 km.

La difficulté de la navigation dans le Détroit –couplée à un trafic en hausse constante- est en effet à l'origine de collisions de plus en plus fréquentes entre navires de commerce. Si un certain nombre de restrictions décidées par le gouvernement turc en 1994 puis en 2002 (ex : autorisation de naviguer de jour uniquement pour les pétroliers de plus de 200 m, avec un délai de 90 minutes entre les navires) ont pu contribuer à juguler la hausse du nombre d'accidents, celles-ci ont également généré des frustrations notamment en termes de délais d'acheminement des produits.

C'est dans un objectif de compromis entre la maîtrise des risques de pollutions accidentelles et le volume d'hydrocarbures transporté quotidiennement que s'insère la mise en service de ce pipeline paneuropéen (*Pan-European Oil Pipeline*) long de 1 400 km, prévu pour joindre en 2012 la Mer Noire et l'Adriatique -depuis le port de Constanta (Roumanie) à celui de Trieste (Italie). Le débit quotidien visé est compris entre 1,2 et 1,8 millions de barils.

Le projet (d'un coût estimé entre 1.4 M€ et 2.3 M€ environ) est essentiellement destiné au transport terrestre de brut en provenance de Russie, du Kazakhstan et d'Azerbaïdjan. En juin 2008, lors d'une réunion tenue à Belgrade, le Comité inter états pour la construction du pipeline Paneuropéen a indiqué un certain retard dans l'exécution du projet en raison d'un manque de financements. Dans l'attente de réunir les fonds manquants, les membres italiens du comité ont souligné l'intérêt du pipe en évoquant son potentiel d'extension, à partir de Trieste, vers d'autres villes (Gênes) voire d'autres pays (Marseille, France).

• **Techniques et moyens de lutte / recherche et développement**

Expérimentations en mer DEPOL 07

Du 21 au 24 mai 2007, une opération en mer baptisée DEPOL 07, impliquant un déversement réel d'hydrocarbures, a été organisée par le *Cedre*, la Commission d'Études Pratique de lutte antiPOLlution de la Marine nationale (CEPPOL) et la Douane française, avec le soutien de Total. Elle visait à évaluer divers systèmes de détection et de guidage de navires dépollueurs sur des nappes d'hydrocarbures, d'une part en expérimentant des systèmes déjà existants, d'autre part en contribuant à des projets de recherche en déroulement, de par la possibilité offerte à leurs porteurs de tester les dispositifs développés en conditions réelles. Quatre entités ont participé à l'opération :

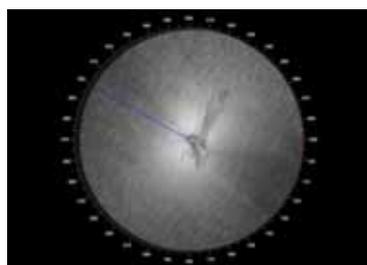
- la Douane française, à l'aide d'un avion *Polmar 2* équipé de radar latéral, caméra visible, scanners infrarouge et ultraviolet, et porteur d'une bouée aérolargable de prélèvement d'échantillons ;
- l'entreprise néerlandaise *SeaDarq*, qui commercialise un dispositif basé sur un traitement logiciel du signal brut collecté par le radar de navigation d'un navire (Cf. LTML 2004-1) ;
- les porteurs du projet *DETherPOLMAR*, soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), visant à développer une caméra thermique infrarouge montée sur un mât autonome déployé depuis un navire. La caméra était fixée sur un trépied positionné sur les ailerons de la passerelle, un automatisme en déclenchant régulièrement la rotation pour lui permettre de balayer le champ de vision et d'acquérir des images en modes séquentiel ou continu. Les données acquises étaient directement transmises à un ordinateur portable installé en passerelle ;
- les porteurs du projet ANR *RAPACE* qui développent un drone filaire de détection déployé depuis un navire, et équipé d'une caméra opérant dans le spectre visible. Le concept développé consiste en un engin volant à hélice, gyrostabilisé et alimenté par un câble de 100 m de long. Dans le cadre de DEPOL 07, le projet n'était pas suffisamment avancé pour tester un prototype final, et il a été prévu de déployer un ballon de 17 m³ gonflé à l'hélium, porteur d'une caméra optique ainsi que d'une unité de transmission-réception de données sans fil (transmission « wifi »), à partir de la plage arrière du navire.

L'expérimentation consistait à déverser en mer 4 petites nappes de 1 m³ de produits flottants et peu persistants, le même jour et à des positions proches : il s'agissait d'un fioul moyen, d'une huile de tournesol, d'un kérosène, et de *Radiagreen*® (additif de boues de forage constitué d'esters d'acides gras et utilisé en Europe pour des essais en mer en raison de son caractère biodégradable). Quatre heures étaient dévolues à l'acquisition de données par les différents systèmes, avant dispersion des produits persistants par épandage de dispersant à partir du navire.

A l'issue de l'opération, les points suivants ont pu être mis en évidence.

- **Douane française** : les vols de détection ont permis de fournir des informations de référence sur les nappes, à différents stades de l'opération (situation, évolution, efficacité de la dispersion, ...). Par ailleurs, il a été possible d'identifier certains éléments qualitatifs de discrimination des divers produits déversés (comportement, évolution, réponses comparées aux divers capteurs utilisés). La bouée de prélèvement n'a pas pu être testée en raison des conditions météo-océaniques qui ne permettaient pas de la récupérer.
- **SeaDarq** : les acquisitions réalisées ont révélé la très bonne précision des images obtenues, même sur des très faibles quantités, sans distance minimale de détection ni zone d'ombre (pourtant attendues), avec une portée maximale d'1 à 2 nautiques selon les conditions. Un tel système pourrait permettre d'optimiser notablement des opérations de lutte (diminution des durées de recherche, meilleur rendement du traitement, allongement des opérations et suivi des nappes au cours de la nuit, ...). Par ailleurs, l'opération a été mise à profit par les concepteurs du *SeaDarq* pour tester différents dispositifs d'optimisation envisagés (choix du mode de polarisation et validation d'un algorithme automatique de traitement d'image).
- **Projet DETHERPOLMAR** : l'expérimentation a permis à ce projet de recherche, alors non encore abouti, de démontrer la faisabilité du procédé envisagé. Divers développements restent à produire sur cette base avant d'aboutir à un système opérationnel et commercialisable.
- **Projet RAPACE** : à défaut d'avoir pu déployer le ballon en raison de la météo, l'opération a permis de valider en conditions réelles des sous-systèmes du dispositif (capteur visuel, système de transmission de données). Des développements restent à poursuivre pour aboutir à un système définitif.

Par ailleurs, des enseignements ont pu être tirés de cette première expérimentation avec du *Radiagreen*®, concernant notamment la proximité du comportement de ce produit avec celui du fioul sur certains aspects (étalement, signatures radar et infrarouge), qui pourrait inciter à y recourir dans le cadre de futures expérimentations.



Exemple de détection par le système *SeaDarq* au cours de la dispersion d'une nappe de fioul moyen par l'Alcyon.



La caméra infrarouge thermique du projet DETHERPOLMAR.



Le ballon RAPACE installé sur le pont de l'Alcyon.

(Source : Cedre)

Confinement des hydrocarbures submergés

Dans le cadre de la lutte contre les pollutions impliquant des fiouls lourds ayant tendance à couler (en raison d'une densité supérieure à celle de l'eau et/ou d'une charge en particules sédimentaires), *Environnement Canada* et la *Science Applications International Corporation (SAIC)* ont récemment mené une série d'évaluations de l'efficacité de barrages modifiés, destinés au confinement de nappes dérivant sous la surface de l'eau. La modification en question consiste en l'adjonction de filets, dotés de mailles de différentes dimensions et testés en canal expérimental en présence d'un courant d'1 nœud environ (en eau douce, pour une température de 18 °C).

Les prototypes testés sont constitués d'un boudin flottant en polyéthylène (15 cm de diamètre) dont la jupe est remplacée par un filet lesté (40 cm de hauteur) à mailles carrées de 0,6 cm, 1,3 cm, 1,9 cm ou 2,5 cm de côté, barrant la section du canal d'essai et dont le bord inférieur est fixé sur le fond. L'évaluation concerne la capacité du dispositif à laisser circuler l'eau tout en retenant les hydrocarbures.

Le produit utilisé est un mélange de fioul lourd (de type *Bunker C*) et de bitume, d'une viscosité de 105 000 cP et d'une densité proche de celle de l'eau douce (0,999 g.cm⁻³) dans les conditions de l'expérience (18 °C). Une dizaine de litres est déversée pour chaque série de tests.

Ces travaux, entendus comme préliminaires, ont montré que les mailles de 2,5 cm ne retiennent les hydrocarbures que sur une très courte durée -10 secondes seulement- dans les conditions expérimentales. Les plus petites mailles (0,6 et 1,3 cm) ont, logiquement, arrêté le polluant un peu plus durablement, mais soulèvent le problème du colmatage du filet qui, chargé et en conditions réelles, subirait une pression telle sous l'effet des courants qu'il deviendrait probablement difficile de maintenir le dispositif en place, sans parler du relargage

des hydrocarbures sous la poussée de l'eau.

Plusieurs voies de développement sont recommandées par les auteurs, afin notamment :

- de préciser, pour de faibles courants, les tailles de mailles permettant un délai de confinement maximal (*i.e.* durée avant re-largage des hydrocarbures à travers le filet), ceci pour différentes viscosités ;
- de poursuivre les expériences sur les petites mailles, et de solutionner le problème de charge du filet par un dispositif permettant l'évacuation progressive des hydrocarbures retenus (mèches, feuilles d'absorbants... ?) ;
- de comparer les résultats obtenus avec des dispositifs absorbants classiques (ex : filaments du type « pom pom ») ;
- développer une configuration préservant le passage du flux d'eau à travers le filet (ex : au niveau de portions étroites munies de grandes mailles ?) afin d'atténuer les forces exercées sur les hydrocarbures confinés (et le dispositif en général).

Pour en savoir plus :

AMOP 2007: COOPER D., VELICOGNA D., and BROWN C.E., 2007. *Heavy oil booming*. In Proceedings of the 30th Arctic and Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar, vol.1, pp. 343-354.

• Stratégie de lutte

Marais : restauration par brûlage *in situ*

Dans le cadre de l'édition 2007 de l'AMOP (Cf. rubrique Conférences et colloques, p. 10) le symposium *BIOSOLR*³ consacré aux solutions techniques de remédiation, de restauration et de réhabilitation des sites (*Biological SOLutions for site Remediation, Restoration and Rehabilitation*) a été l'occasion d'une présentation des résultats d'une expérience de restauration d'un marais par brûlage *in situ*, menée conjointement par l'Université de l'Etat de Louisiane, la NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*) et *Chevron Energy Technology C^o*.

La zone d'étude est un marais pollué par environ 15 m³ de pétrole brut, suite à la rupture d'un stockage d'hydrocarbures sous l'effet du cyclone Katrina (août 2005 ; Cf. LTML 2005-4). Le milieu comporte une végétation dominante à *Schoenoplectus americanus* (cypéracée), à *Spartina patens* (graminée) et *Typha latifolia*, plantes vivaces dotées d'une souche souterraine ou d'un système racinaire leur conférant une grande capacité colonisatrice et donc un bon potentiel de récupération.

Le brûlage, généralement mis en œuvre dans la semaine qui suit un déversement, a été réalisé 45 jours après la pollution ; les auteurs estiment que le couvert végétal dense du marais, en limitant l'évaporation des fractions légères, a facilité l'ignition des hydrocarbures. Huit hectares (soit la moitié de la surface affectée) ont été brûlés, après définition au sein du marais de strates diversement impactées et brûlées, d'une part, et de 2 strates de référence, d'autre part.

Le suivi a été réalisé sur 7 stations d'échantillonnage, au sein de surfaces de 1,5 m x 3 m, afin de comparer la biomasse, la hauteur et la densité du couvert végétal entre les divers traitements, à T_{brûlage+9 mois} et T_{brûlage+12 mois}. Dès le 9^{ème} mois après le brûlage, l'absence de différence significative entre les résultats obtenus sur les différentes parcelles indique une restauration complète de la flore (que celle-ci ait été sévèrement ou modérément polluée). Pour partie, les auteurs attribuent cette rapidité au niveau d'eau dans le marais lors de l'intervention : l'inondation provoquée pour l'opération aurait en effet permis de maintenir la température du sol en deçà de 60 °C (préservant l'intégrité des appareils végétatifs souterrains).

En résumé, le brûlage a efficacement supprimé la végétation contaminée et permis la repousse naturelle de la flore en moins d'un an, au prix d'un impact considéré comme minimal sur le substrat en comparaison avec les risques d'impacts indirects inhérents à d'autres types d'intervention.

Une prolongation du suivi est néanmoins prévue afin de confirmer l'origine des changements de composition spécifique observés sur l'ensemble des placettes au terme des 12 mois de l'étude (*a priori* imputables à la variabilité interannuelle des populations, ainsi qu'à des processus éventuels de compétition interspécifique spartines / scirpe).

Cette étude vient étayer les arguments avancés en matière de réponse antipollution dans certains pays, qui voient dans le brûlage *in situ* une technique performante (dès lors qu'elle est réalisée correctement) pour la restauration de zones sensibles, évitant d'y causer des dommages physiques (piétinement, tassement, etc.) et présentant une alternative à la « non-intervention ».

Pour en savoir plus :

AMOP 2007: BAUSTIAN J.J., MENDELSSOHN I.A., QIANXIN L., RAPP J., and MYERS J., 2007. *Year-one recovery of an intermediate marsh in South Louisiana after an in-situ burn for oil spill remediation*. In Proceedings of the 30th Arctic and Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar, vol.1, pp. 427-435.

Dispersion chimique et photo toxicité

Il est largement reconnu que les rayonnements ultraviolets (UV) peuvent favoriser voire induire la toxicité de certains contaminants (phénomène de photo toxicité), parmi lesquels figurent notamment les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Un article publié au printemps, dans la revue *Marine Pollution Bulletin*, dresse une synthèse d'études expérimentales ayant démontré la toxicité accrue des HAPs par exposition aux UV.

Le propos de cet article est de fournir des éléments de réflexion, dans le cadre opérationnel de la lutte antipollution par épandage de dispersants, quant à l'influence potentielle des UV dont les auteurs soulignent :

- (i) la faible prise en compte, jusqu'à présent, lors des estimations du risque toxicologique de la dispersion chimique ;
- (ii) la probabilité non négligeable concernant des hydrocarbures *in situ*, par opposition aux conditions lors des évaluations, en laboratoire (absence d'UV), de la toxicité des produits pétroliers dispersés (tel que, par exemple, dans le cadre des procédures d'approbation ou non des dispersants chimiques au Royaume-Uni).

Pour ce faire, les auteurs ont réalisé des bioessais préliminaires, selon un protocole standard recommandé par le JAMP (*Joint Assessment Monitoring Programme*) pour l'évaluation de la qualité des eaux en Europe, dont le but était d'évaluer la toxicité d'un pétrole brut (*Kuwait crude oil*) sur des embryons d'huîtres (test *OEB*, pour *Oyster Embryo Bioessay*), ceci pour différentes intensités d'exposition aux UV. Les résultats de ces travaux montrent une photo toxicité significative de la fraction soluble, en particulier lorsque celle-ci est obtenue par dispersion chimique (effets délétères augmentés d'un facteur 10) par rapport à une dispersion mécanique.

En toute hypothèse, s'il est donc possible que les procédures standard de laboratoire (sans UV) sous-estiment la toxicité des produits dispersés, les auteurs de l'étude soulignent que, dans la réalité, la photo toxicité *in situ* supposerait une pénétration suffisante des UV dans la couche d'eau (*et* dans les organismes) - processus étroitement lié à la saison, à l'ensoleillement, à la turbidité, à la nature des organismes présents dans la masse d'eau, *etc.* Il est suggéré que ces facteurs ne sont pas nécessairement de nature à entraîner des impacts *in situ* significativement accrus dans des eaux de régions tempérées (type Europe du nord), mais que l'irradiation par les UV pourrait être une donnée à considérer dans les scénarios de réponse par dispersants dans des régions tropicales à subtropicales, particulièrement pour des masses d'eau peu turbides.

Pour en savoir plus :

KIRBY M.F., LYONS B.P., BARRY J., and LAW R.J., 2007. The toxicological impacts of oil and chemically dispersed oil: UV mediated phototoxicity and implications for environmental effects, statutory testing and response strategies. *Marine Pollution Bulletin* 54 (4): 472-475.

• Récupération en eaux côtières

Barges Ecocéane : *Cataglop XL* et *Catamar*

Au mois de février 2007, le *Cedre* avait assisté, dans le port de Paimpol (22), à une présentation de bateaux dépollueurs fabriqués par la société *Ecocéane*, ainsi qu'à une démonstration de fonctionnement d'un nouveau prototype de barge de dépollution portuaire –déclinaison de la série *Cataglop*. Une version notablement modifiée de ce modèle a été commercialisée à l'été 2007 sous le nom *Cataglop XL*.

Cette unité de 8,5 m est basée sur le concept initial du *Cataglop*, testé en juillet 2003 dans le bassin du *Cedre* (Cf. LTML 2003-3), et reposant sur la création -au moyen d'une turbine- d'un flux d'eau qui traverse le bateau de part en part, la couche de surface étant écrémée par deux seuils successifs, afin de récupérer et de séparer à la fois les macro déchets et les polluants fluides flottants.

Destiné au nettoyage de ports, le *Cataglop XL* est également capable de travailler en milieu côtier (armé en 4^{ème} catégorie professionnelle), en étant notamment équipé à cet effet de bras de confinement amovibles en barrage flottant, autorisant un fonctionnement plus efficace en milieu ouvert en portant sa largeur de travail à 4 m environ. Doté d'un stockage propre de 2,5 m³, sa conception lui permet de connecter et de remorquer un réservoir souple flottant additionnel de 5 m³.

Par rapport au prototype initial, divers ajustements ont permis d'accroître sensiblement la capacité d'aspiration de l'embarcation, d'améliorer sa manœuvrabilité ainsi que le comportement et l'efficacité des bras de confinement, et de simplifier le réglage des seuils d'écrémage.



La barge *Cataglop XL* et son stockage souple additionnel (Source : *Cedre*)

Cinq types d'essais ont été menés sur la barge *Cataglop XL* au *Cedre* en mars 2008, afin de tester ses performances, et d'identifier les éventuelles adaptations susceptibles de la perfectionner.

Il s'agissait d'évaluer :

- la manœuvrabilité et la stabilité, qui se sont avérées relativement bonnes et adaptées aux zones de travail ciblées (ports, avant-ports, littoral) ;
- le pouvoir d'aspiration, qui a montré un phénomène d'avalement marqué dans le premier mètre devant l'entrée de la barge, et significatif jusqu'à environ 5 m ;
- la récupération de macro-déchets, confirmant le bon fonctionnement du principe de panier relevable, et l'efficacité de la manœuvre associée ;
- la récupération d'hydrocarbures. Effectués sur trois types d'hydrocarbures et un résidu, les tests ont mis en évidence de bonnes performances, notamment en mode dynamique. Les débits constatés étaient proches de $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ sur fioul moyen, $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ sur fioul lourd, $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ sur coupe pétrolière légère, et même de $35 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ sur des résidus de mélanges de fiouls (variables selon les conditions initiales des essais). Les rejets demeuraient faibles et généralement inférieurs à 5 %, avec des taux de récupération constatés très satisfaisants, moyennant un réglage des paramètres de la barge en fonction du type de produit ;
- le remplissage de la capacité de stockage : ces essais ont été effectués sur un résidu d'hydrocarbures. Limités par la quantité d'hydrocarbure disponible, ils n'ont pu valider la capacité de stockage interne que jusqu'à $1,8 \text{ m}^3$ de polluant, valeur inférieure à la capacité interne effective de la barge. D'autre part, ce cinquième essai a mis en évidence les trop faibles capacités de la pompe centrifuge de bord pour le transfert de ce type de polluant.



Essais sur fioul lourd : détail de l'avaloir en mode de récupération dynamique (Source : Cedre)

En termes de voies potentielles de perfectionnement, la pompe centrifuge de transfert semble devoir être réévaluée pour la récupération d'hydrocarbures moyens à lourds. D'autre part, il pourrait être intéressant de disposer d'un système d'alerte permettant de contrôler les rejets au niveau du venturi. La possibilité de diminuer la vitesse de rotation de l'hélice dans la phase de récupération pourrait permettre d'affiner les réglages en termes de rejets et de remous créés. Par ailleurs, en cas d'utilisation intensive de la barge, le vidage de la cuve pourrait être rendu plus aisé et efficace par l'utilisation d'une tête d'écumage ou d'un dispositif de type embout sélectif. La collecte des macro déchets pourrait être affinée par une augmentation du débattement en rotation du panier, et l'ajout de pattes de levage sur la caisse.

Sur un concept similaire, on signalera la construction fin 2007 d'une version de 18 m, armée en 2^{ème} catégorie et conçue pour la récupération en mer et en zone littorale (autonomie d'une semaine). Baptisée *Catamar*, l'unité est équipée d'une capacité de stockage propre de 30 m^3 , ainsi que d'un réservoir flottant tracté de 50 à 250 m^3 , ses bras amovibles permettant une largeur d'attaque allant jusqu'à 10 m. En cas de nappes de faible épaisseur ($< 1 \text{ mm}$), le navire peut être précédé de 2 navires tractant des barrages flottants, fermant ainsi un dispositif en entonnoir d'une centaine de mètres de large.

Pour en savoir plus :

<http://www.ecoceane.com>

Barrages et stockages flottants

Basée au Mans, la société Zeppelin, spécialiste des embarcations pneumatiques, propose sur catalogue des équipements antipollution, notamment des barrages flottants et un réservoir souple flottant, le *Pollustock*, de conception voisine du *Pollutank* et de l'*Aristock* dont sont dotés les stocks Polmar.

Le bureau d'ingénierie MOS (Matériel Opérationnel de Secours) l'épaulé dans le domaine et cherche à redynamiser l'activité de Zeppelin en antipollution (contact : limbongo.eyatcha@wanadoo.fr ou ingenierie@zeppelin.fr).

Pour en savoir plus :

<http://www.zeppelin.fr/solutions-gonflables.php>

• **Conférences et colloques**

Trentième Colloque technique de l'AMOP (Canada)

Du 5 au 7 juin 2007 s'est tenu, à Edmonton (Canada), le 30^{ème} séminaire *AMOP (Arctic and Marine Oil spill Programme)*, qui hébergeait également le 24^{ème} séminaire technique sur les déversements de produits chimiques (*TSOCS – Technical Seminar on Chemical Spills*) et la 8^{ème} édition du symposium *BIOSOLR³* consacré aux solutions techniques de remédiation, de restauration et de réhabilitation des sites (*Biological SOLutions for site Remediation, Restoration and Rehabilitation*).

Cette édition 2007 comptait, parmi sa centaine de participants, une immense majorité de nord-américains avec seulement 4 participants européens représentant 3 structures (*ITOPF, Swedish Rescue Service Agency* et *Cedre*). Les présentations et débats se sont articulés autour des thématiques habituelles de l'AMOP, parmi lesquelles :

- le comportement et les caractéristiques physiques et chimiques de la dispersion des hydrocarbures. Les présentations ont concerné des aspects de modélisation et de protocoles analytiques. On retiendra une présentation sur des modèles de prédiction du comportement des hydrocarbures utilisant les données de base que sont la densité et la viscosité, souvent les seules données précises dont on dispose dans le cadre d'une réponse d'urgence. Une approche utilisant des algorithmes simples à partir de ces données est proposée, dont les résultats -comparés à ceux d'autres outils- sont jugés plus fiables que ceux résultant de l'utilisation de modèles classiques, utilisant des données vagues telles que les classifications « brut léger » ou « brut intermédiaire », ou nécessitant des paramètres physico-chimiques très spécifiques dont on ne dispose pas toujours ;
- les agents de traitement pour les déversements d'hydrocarbures, s'agissant de présentations de résultats de tests de dispersion mécanique ou chimique ou encore de retour d'expérience d'accidents. Elles ont abordé l'apport du brassage mécanique pour favoriser la dispersion chimique, dont une évaluation de l'efficacité des turbulences créées par la propulsion de brise-glaces. *Environnement Canada* a présenté les résultats d'une évaluation de sa méthode de test d'efficacité des dispersants, qui a abouti à la recommandation d'une mise à jour de son guide (édité en 1984) ;
- le compte rendu des activités et de la planification des mesures d'urgence. Il s'agissait d'un état des lieux des besoins existants en matière de préparation / planification, sur des thématiques reconnues internationalement (ex : détection des hydrocarbures submergés) ou ayant plus spécifiquement trait à des pratiques usitées sur le continent américain (ex : impact du brûlage *in situ* sur les plantes aquatiques). L'intérêt potentiel des modèles hydrologiques, pour la réalisation de plans d'intervention, a été présenté *via* une application à des zones marécageuses en Louisiane ;
- les effets biologiques et la biodégradation du pétrole (symposium *BIOSOLR³*).
 - Cette séance a vu la présentation de travaux visant à préciser les intérêts respectifs de divers composés réfractaires à la biodégradation -plus particulièrement de stéranes, dans le but de développer un indice fiable de l'état de dégradation à long terme des HAPs permettant d'apprécier l'opportunité d'accélérer le processus par des mesures de bioremédiation (étude basée sur des échantillons recouvrant les 17 années qui ont suivi l'accident de l'*Exxon Valdez* en Alaska). A ce sujet, il a été considéré que lorsqu'une diminution de 70 % des HAP totaux était mesurée, la bioremédiation n'était plus efficace.
 - Autre thème d'intérêt : le besoin de développer les connaissances en matière de comportement et d'impact potentiel des biodiesel (esters d'acides gras, d'origine végétale ou animale, purs ou mélangés avec des hydrocarbures d'origine pétrolière). Les résultats d'une étude canadienne, considérée comme préliminaire, ont montré une certaine variabilité du comportement (solubilité, dispersibilité...) et de la toxicité de ces produits. Si la toxicité aiguë des biodiesel apparaît 5 à 10 fois inférieure à celle des hydrocarbures d'origine pétrolière, elle n'en reste pas moins significative vis-à-vis de certains organismes aquatiques. Enfin, les biodiesel testés ont présenté une bonne dispersibilité en conditions de forte agitation. Les biodiesel sont incontestablement un axe de recherche émergent.
 - Deux présentations ont abordé la problématique de la toxicité, sur certains organismes (stades précoces de poissons), des hydrocarbures dispersés chimiquement. Elles ont été l'occasion pour l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (*US EPA*) de signaler l'existence de lacunes dans l'évaluation de l'impact de la dispersion chimique et, *a fortiori*, des risques induits par cette option de lutte en particulier en eaux peu profondes ;
- le confinement et la récupération des hydrocarbures :
 - concernant les moyens de récupération (pompes pour hydrocarbures visqueux, récupérateurs), on signalera le développement, par la garde côtière américaine et le *Minerals Management Service*, d'un protocole standard pour l'évaluation de l'efficacité des écrémeurs -à brosses et à tambours- en accord avec les normes de l'*ASTM* (Société américaine pour les essais et les

matériaux) en la matière.

- la problématique du confinement des pollutions par fiouls lourds submergés a été abordée via la présentation d'une étude préliminaire relative à l'efficacité de barrages submersibles (Cf. article p. 6).

- le brûlage *in situ*. Les présentations ont concerné, cette année encore, l'utilisation des surfactants (« repousseurs ») pour faciliter le brûlage en mer en présence de blocs de glace, et un retour d'expérience sur la restauration d'un marais traité par brûlage, suite à la pollution causée par le cyclone Katrina en août 2005, présentation développée ailleurs dans cette Lettre (Cf. article p. 7) ;
- la détection, le suivi et la télédétection. Ont notamment été présentées les avancées et améliorations en matière de systèmes aéroportés de fluorodétecteurs à laser (*Scanning Laser Environmental Airborne Fluorosensor - SLEAF*), par exemple dans le cadre opérationnel de la détection des nappes d'hydrocarbures le long des routes maritimes de Terre-Neuve (projet *Environnement Canada*, financé par le programme canadien *Birds Oiled At Sea*) ;
- la modélisation des déversements, en terme de comportement d'hydrocarbures dispersés, de gaz liquéfiés et de produits chimiques ;
- le colloque technique sur les produits chimiques (*TSOCS*) a comporté des conférences portant sur des tests de matériel de détection, d'analyse et de suivi de la décontamination (air, sol, bâtiments), les aspects de gestion de crise, les méthodes d'évaluation des risques d'installations dangereuses dans différents pays et le retour d'expérience d'accidents.

• Législation /condamnations

Union Européenne : durcissement de la réglementation sur les pétroliers à double coque

En 2002, un règlement avait été émis par le Parlement européen et le Conseil de l'union européenne, établissant un plan d'introduction accélérée pour l'application aux pétroliers à simple coque des prescriptions en matière de double coque, ou de normes de conception équivalentes de la convention MARPOL.

Dans la lignée des mesures prises après les pollutions majeures de l'*Erika* (1999) et du *Prestige* (2002), un article de ce règlement a été revu le 25 avril 2007, concernant les pétroliers transportant des produits raffinés lourds. Il stipule qu' « aucun pétrolier transportant des produits pétroliers lourds, quel que soit son pavillon, n'est autorisé à entrer dans les ports ou les terminaux en mer relevant de la juridiction d'un État membre, à quitter ces sites ou à jeter l'ancre dans une zone relevant de la juridiction d'un État membre, sauf s'il s'agit d'un pétrolier à double coque ». En outre, aucun pétrolier transportant des produits pétroliers lourds n'est autorisé à battre le pavillon d'un État membre, sauf s'il s'agit d'un pétrolier à double coque.

Cette loi vise à améliorer la prévention de la pollution de l'environnement marin en cas d'accident de navires pétroliers.

Forte amende pour rejet illicite (chimiquier *Ozden-S*)

En novembre 2007, le tribunal correctionnel de Marseille a condamné l'armateur du chimiquier *Ozden-S* à une amende totale de 750 000 € pour rejets illicites d'hydrocarbures. La société turque *ATS Denizcilik Shipping* a été condamnée en sa qualité de personne morale à 500 000 € d'amende ; le capitaine du navire a été reconnu coupable des faits reprochés et condamné à 250 000 € d'amende -dont 220 000 € à la charge de l'armateur.

Les faits remontent au 11 avril 2007, quand un avion de surveillance Polmar 2 des douanes avait repéré une pollution de 10 km dans le sillage de l'*Ozden-S* (en transit au large de la Corse en direction de la Sardaigne), qui plus est dans une zone maritime protégée. Le navire avait été dérouté vers le port de Fos-sur-Mer, pour immobilisation assortie d'une caution de 1 M€ L'armateur risquait une amende maximale de 5 M€ et le capitaine de 1 M€

En octobre, le parquet de Marseille avait requis 1 M€ d'amende, dont 20 000 € à l'encontre du capitaine et 980 000 € à l'encontre de l'armateur, pour « pollution volontaire par rejet d'hydrocarbures ». Ce jugement avait été mis en délibéré au 21 novembre.

En l'absence de tests réalisés ou suivis par lui, le Cedre ne peut garantir les qualités et performances des moyens de lutte mentionnés dans la Lettre Technique qui n'engagent que les personnes à la source de l'information (sociétés, journalistes, auteurs d'articles et rapports, etc).

Sauf cas particulier et alors précisé, la mention par le Cedre d'une société, d'un produit ou d'un matériel de lutte n'a pas valeur de recommandation et n'engage pas la responsabilité du Cedre.