



**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

Courriel : contact@cedre.fr - Web : www.cedre.fr

Lettre Technique n°55

2022-1

Contenu

● Principaux déversements accidentels	3
MER & LITTORAL	3
Déversement de pétrole brut en environnement côtier, à partir d'un poste de déchargement (Terminal <i>Repsol La Pampilla</i> , Pérou).....	3
Fuite d'une ligne de transfert sur un poste de chargement offshore (<i>Star Petroleum Refining Public Company Ltd.</i> , Thaïlande).....	6
Explosion et perte en mer d'un FPSO vieillissant (<i>Trinity Spirit</i> , Golfe de Guinée, Nigéria).....	7
EAUX DULÇAQUICOLES.....	8
Erosion de berges et glissement de terrain : pollution dans le bassin amazonien (pipeline <i>OCP</i> , Equateur). 8	
Rupture de bassin de rétention d'effluents miniers (<i>D-Troop Jiangxi Risheng Mine</i> , Zimbabwe).....	9
Rupture de pipeline : déversement de brut soufré en rivière (<i>Marathon Pipeline</i> , Etats-Unis).....	9
Déversement par percement accidentel d'un oléoduc (<i>Mid-Valley Pipeline</i> , Tennessee, USA).....	10
● Statistiques	10
Risques de pollutions : apport des bilans de l' <i>International Salvage Union</i>	10
Accidents de porte-conteneurs : approche des risques émergents, des stratégies d'intervention et des avancées possibles	11
● Préparation à l'intervention / stratégies (inter)nationales	12
Etats-Unis : priorités de recherche du gouvernement fédéral pour 2022-2027.....	12
AESM : affrètement d'un nouveau navire d'intervention pour la mer Égée.	14
Canada : initiative de financement de développements innovants (<i>Oil Spill Response Challenge</i>).....	14
● Initiatives de l'industrie pétrolière	15
Soins à la faune souillée : le projet <i>Global Oiled Wildlife Response Service</i> évolue en service de l' <i>OSRL</i>	15
Dispersion chimique : documents pédagogiques de l' <i>Ipieca (Dispersant decision toolkit)</i>	16
● Détection	16
Détection et mesure de l'épaisseur des nappes flottantes : comparaison des technologies récentes	16
Reconnaitances en milieux arctiques reculés : recherche de procédure opérationnelle pour la télédétection de pétrole.....	18
Polluants dans la masse d'eau : système d'échantillonnage déployé par AUV	19
● Confinement	20
<i>Elastec/American Marine</i> : exploitation de barrages autogonflables <i>Sea Curtain</i> de <i>Kepner Plastics</i>	20
Barrage-barrière permanent en mousse alvéolaire <i>OCT Oil Boom</i>	21
● Récupération	22
EAUX OUVERTES.....	22
Récupération en forts courants : révision du système <i>Current Buster 4 (NOFI)</i>	22
PLANS D'EAU ABRITES.....	23
Collecte sélective d'irisations/films résiduels : tête d'écumage à faible débit <i>SKIMYLEC</i>	23
Récupérateurs oléophiles <i>Aqua-Guard</i> : ajout des RBS TRITON 10 et 100	24
Cedre : évaluation du système amovible <i>Lamor MiniBagger</i> pour intervention eaux abritées	24
Déversements de gazoles additivés : tests de récupérabilité par écumeur oléophile	25

- **Produits**..... **27**
 - Soutien au nettoyage littoral : développement et évaluation d'un filmogène *CA-CNC* (alginate de calcium et nanocristaux de cellulose)..... 27
 - Toxicité comparée des agents repousseurs pour l'environnement aquatique 28
- **Brûlage contrôlé *in situ*** **28**
 - Evaluations de principes divers d'application du concept « *Burning Tongue* » 28

- Principaux déversements accidentels

MER & LITTORAL

Déversement de pétrole brut en environnement côtier, à partir d'un poste de déchargement (Terminal Repsol La Pampilla, Pérou)

Le 15 janvier 2022, à 4,5 km environ au large de la municipalité péruvienne de Ventilla (Province de Callao), une rupture de conduite sur une bouée de déchargement (*Multibuoy Terminal No. 2*) du terminal de la raffinerie *La Pampilla* (opérée par *Repsol*) a causé le déversement en mer d'approximativement 1 700 tonnes de pétrole brut moyen *Buzios*¹ (initialement minoré par *Repsol*, puis annoncé à environ 950 m³ le 19 janvier, le volume s'est finalement avéré de l'ordre de 1 900 m³).

Survenue durant les opérations de dépotage de la cargaison du pétrolier italien *suezmax Mare Doricum* (chargé de 157 000 m³ de pétrole brut), l'avarie aurait, selon l'exploitant de la raffinerie, été causée par une houle soudaine (vague scélérate ou *rogue wave*) liée à une éruption volcanique, la veille, dans l'archipel des Tonga. Dans les conclusions du premier rapport d'un comité de crise, l'Autorité Maritime Péruvienne écartait en revanche cette possibilité. D'autres structures, telles l'Agence *Office of Supervision of Investment in Energy and Mining (Osinergmin)* ont évoqué la possibilité d'une rupture de ligne liée à un mouvement brusque du pétrolier, mais sans y attribuer de cause. Alors que *Repsol* a maintenu qu'un mouvement anormal du navire aurait provoqué l'avarie et pointé, à cet égard, l'implication de l'équipage du *Mare Doricum*, ce dernier a rejeté toute responsabilité et argué d'une défaillance de l'infrastructure (ainsi que d'une réaction inadéquate des personnels de la raffinerie). La suite d'événements et les responsabilités respectives de ces parties prenantes sont à notre connaissance toujours l'objet d'une enquête technique et d'une procédure judiciaire.

Quoiqu'il en soit, des arrivages de pétrole sont constatés dès le 18 janvier sur les estrans du district de Ventanilla, avant de s'étendre, sous l'influence du courant de Humboldt, vers le nord jusqu'au district de Chancay (Province de Huaral). Cette phase dynamique d'échouages sur le littoral s'achèvera vers la fin du mois et affectera, de façon discontinue, plus de 50 km de littoral.

Sur les plages de sable, les arrivages de brut -relativement fluides- se présentent sous forme d'un film gras plus ou moins concentré, voire de festons écumeux, en laisse de mer en surface des sables. Des accumulations plus épaisses se produisent en revanche au niveau de zones d'hydrodynamisme atténué (petites criques, anses, ...), et/ou dont les substrats (champs de blocs rocheux, notamment) présentent des anfractuosités propices au piégeage des hydrocarbures.

Avec une pollution littorale confirmée, et en raison de la proximité d'aires sensibles écologiquement (*Lomas de Ancón* ; sites de la *Reserva Nacional Islas, Islotes y Puntas Guaneras*), le gouvernement déclare un état d'urgence environnementale le 19 janvier, tandis que l'*OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental)* fixe à l'industriel des délais d'achèvement du nettoyage des côtes affectées -délais dont le non-respect pourrait entraîner des sanctions conformément aux lois environnementales péruviennes. *Repsol* mobilise ses intervenants et moyens propres, et ceux de sociétés spécialisées mandatées par lui pour réaliser le nettoyage au sein de secteurs attribués.

Peinant à mettre en œuvre un plan d'urgence national² qui, ancien, n'a jamais été appliqué ni actualisé, l'organisation de la réponse par les autorités est confuse et pêche par divers volets, dont l'appréciation rapide de la situation et des actions à entreprendre n'a pas été des moindres. Le gouvernement sollicite une assistance internationale le 20 janvier. L'*ONU* dépêche ainsi une unité d'expertise conjointe *UNEP/OCHA* (à laquelle 2 experts du *Cedre*, entre autres, participent en contribution au mécanisme de protection civile de l'UE) pour assistance et conseil technique aux autorités. Le soutien international à ces dernières (ex : *OEFA*, *AMN-DICAPI*³...) vient aussi de structures américaines, via des experts de la *NOAA* et de l'*US Coast Guard*, en plus de diverses institutions spécialisées de l'*ONU* (ex : *OMI*).

¹ (API 29,1 ; masse volumique d'environ 880 kg/m³)

² En lieu et place, seul un plan local dimensionné pour les niveaux d'urgence de tier II a été activé,

³ *Autoridad Marítima Nacional - Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Perú*



28/01/2022, Site de Cavelo : exemple d'aménagement des accès (ici, par échafaudages) à un chantier en fond de crique encaissée (source : Cedre)

Ces difficultés d'accès, en ralentissant par ailleurs les chantiers de collecte du pétrole, ainsi que l'évacuation des *bigbags* de déchets souillés, causeront indirectement des pollutions secondaires, lors d'épisodes de remobilisation du pétrole échoué -sous l'action d'un hydrodynamisme relativement élevé dans l'aire affectée.

La collecte du pétrole libre sera, de ce fait, un enjeu prioritaire pour limiter ce processus d'extension de la pollution.

Pour mener ces actions en frange côtière, Repsol a engagé une quarantaine de navires -en majorité de petite taille, et une demi-douzaine de stockages flottants, pour la collecte des nappes, étalées et éparées. Celles-ci sont confinées par remorquage de barrages flottants et récupérées selon diverses modalités, selon la quantité à traiter : manuellement (et à l'aide d'absorbants) ou via des moyens de pompage et d'écumage (écumeurs).



28/01/22, Ancon : chantiers d'écumage/pompage de pollution libre accumulée contre un épi rocheux (Source : Cedre)

Au-delà des plages sédimentaires, les criques rocheuses et pieds de falaises inclus dans le linéaire souillé sont d'une approche -par voie terrestre comme par mer- difficile pour les équipements et les intervenants. Environ 50 % des côtes concernées correspondent à des profils escarpés, surplombant des estrans de blocs rocheux et nécessitant l'aménagement et la sécurisation préalables d'accès (ex : sentiers pédestres, notamment, installation d'échafaudages, localement, etc.) qui retardent le lancement des opérations de nettoyage.



01/02/22, site de Cavelo Beach: reprise du polluant par les vagues et courants (gauche), donnant lieu à de nouveaux dépôts alentours (droite) (Source: Cedre)



02/02/22 : Remorquage d'une nappe confinée par barrage, avant pompage du polluant (source : Repsol)

En parallèle, des moyens de pompage, associés à des têtes d'écumage, et les stockages primaires nécessaires, resteront mobilisés sur les plages pendant plusieurs semaines, pour y récupérer, autant que possible, le brut flottant en bord d'estran.

Sur les plages, les opérations de retrait du pétrole des sédiments sont rapidement lancées par *Repsol*, qui annonce dès le 18 janvier la mobilisation de plus de 200 intervenants -les siens propres et ceux de sociétés spécialisées mandatées par lui (*COAM, Lamor, ...*), un nombre qui atteindra près de 2 000 à la fin du mois de février :

- Au cours de la première phase d'urgence, la précipitation de déploiement des intervenants (nombreux) et des moyens génère un certain enfouissement des arrivages de surface dans les substrats, avec lesquels il se retrouvera plus ou moins mélangé sous l'effet du piétinement et de la circulation des engins, insuffisamment canalisés.



18/01/22 : Récupération manuelle de la pollution de surface, avec piétinement de sédiments (gauche) (source : AP-DR) ;
22-24/01/22 : Extraction de sables peu souillés, avec évacuation en chargeurs mécaniques (centre) (Source : Repsol)



Exemples de traces de polluant enfoui en subsurface des sédiments : sites de Peralvilla, 02/02/22 (gauche) et de Caveró, 27/01/22 (droite) (source : Cedre).

L'application peu sélective de la collecte manuelle (au moyen d'outils légers : pelles, raclours, seaux, etc.), qui constitue l'essentiel des techniques mises en œuvre, et un recours à des engins mécaniques (peu adaptés à la faible intensité et à la forme des arrivages), mènent à l'extraction d'un volume excessif de sables peu souillés ;

- Par la suite néanmoins, et alors que la distribution du pétrole devient plus diffuse et mélangée aux sédiments, les experts techniques des sociétés mandatées pour contribuer au dispositif de gestion de crise de *Repsol* font appliquer des techniques de collecte plus sélectives, d'une part, et favorisant l'atténuation naturelle de la pollution résiduelle, d'autre part. Sont ainsi menées des opérations de remaniement *in situ* des sédiments souillés pour en extraire les hydrocarbures infiltrés, relevant des techniques :
 - o de *surfwashing*, grâce à la mobilisation de plusieurs chargeurs, et avec une récupération du brut libéré au moyen d'absorbants en écheveaux (type *pom-pom*) et/ou manuellement (en laisse de mer, ou sur l'eau à bord d'embarcations légères de pêcheurs indemnisés par *Repsol*) ;
 - o de hersages réitérés des sables superficiels, permettant d'oxygéner le substrat et d'exposer le polluant résiduel à l'action des facteurs environnementaux (lumière, embruns, vents,...), pour en accélérer la dégradation naturelle ;
 - o de brassage immergé des sables souillés, et de rinçage à marée haute des substrats durs à anfractuosités (sédiments très grossiers, blocs, enrochements), pour déloger les hydrocarbures qui y sont restés piégés.

Le 25 janvier, durant les opérations de lutte, un déversement résiduel, d'un peu plus de 1 m³ de brut, survient au cours des travaux menés sur l'infrastructure de la bouée de chargement ; celui-ci est maîtrisé et sans impact sur la situation à terre.



Confinement autour de la source de la fuite mineure signalée le 25 janvier (source : Marina de Guerra del Perú)

Quelques jours plus tard, le Ministère de l'Environnement fait savoir qu'environ 670 m³ de pétrole ont été collectés, en résultat des mesures de réponse sur l'eau et sur le littoral. A ce stade, les reconnaissances permettent d'établir l'absence de pollution significative en mer, et c'est en courant-février 2022 que *Repsol* a indiqué la transition vers la phase de nettoyage fin, avec des actions focalisées sur les sites les plus difficiles d'accès et, en parallèle, la démobilitation progressive (et mise en *stand-by*) des moyens nautiques et des équipements lourds.

Sans disposer d'informations détaillées à ce sujet, on notera qu'à la fin de 2023 -soit près de 2 ans après le déversement et en dépit des opérations de nettoyages et de visites d'inspection des sites, l'autorité environnementale nationale du Pérou estimait que les plages ne pouvaient toujours pas être intégralement réouvertes au public.

Le gouvernement péruvien a estimé que plus de 700 000 personnes auraient été impactées par le déversement, notamment dans les secteurs du tourisme ou de la pêche. Après avoir été condamné en 2022 à des amendes de 1,5 M€ puis de 9,87 M€, prononcées pour diverses infractions (ex : communication d'informations erronées, mise en œuvre tardive de la réponse, défaut d'identification de l'aire affectée...), *Repsol* s'est vu adresser, au début 2023, 3 nouvelles amendes totalisant 5,3 M€, portant selon l'*OEFA* sur un défaut de gestion du risque environnemental. *Repsol* (qui a par ailleurs indiqué avoir signé des accords d'indemnisation avec des milliers de particuliers) fait également l'objet de poursuites civiles visant, potentiellement, au versement d'un total de près de 4,5 M€ en indemnisation des dommages causés à l'environnement et aux parties civiles.

Fuite d'une ligne de transfert sur un poste de chargement offshore (*Star Petroleum Refining Public Company Ltd., Thaïlande*)

Le 25 janvier, la fuite d'une ligne de transfert sous-marine, sur un poste de chargement *offshore* opéré par la compagnie pétrolière *Star Petroleum Refining Co. (SPRC)*, a causé un déversement en mer de pétrole brut à environ 20 km des côtes de la province thaïlandaise de Rayong.



Reconnaissance aérienne de l'extension en mer du pétrole à partir de la conduite sous-marine, 26/01/22 (gauche) (source : Royal Thai Navy) ; Arrivages littoraux sur la plage de Mae Ramphueng (droite) (source: Thailand Marine Department)

Initialement évalué à 400 m³ par l'industriel, le volume de la fuite a été revu entre 160 et 180 m³ environ. Formant des nappes étendues sur plus d'une cinquantaine de km², la pollution a dérivé vers le nord, en direction de secteurs littoraux sensibles économiquement (plages touristiques) ou écologiquement (parc national de Khao Laem Ya-Mu Ko Samet), proches de la municipalité de Rayong.

Tandis que l'opérateur pétrolier travaillait à maîtriser la fuite (stoppée dès le lendemain), la Marine thaïlandaise engageait les opérations de reconnaissance et de lutte en mer, mobilisant une douzaine de

navires dotés de moyens de confinement et de récupération sur l'eau, ainsi que de moyens aériens équipés de dispositifs d'épandage de dispersants.



Tentative de protection des plages de Mae Ramphueng et Khao Laemya, en anticipation des arrivages (source : Thai Royal Navy); Collecte par absorbants des traînées de brut fluide en surface des eaux littorales (Source : Thailand Marine Department)

Dans le même temps, environ 150 intervenants de *SPRC* et 200 de la Marine thaïlandaise déployaient des barrages flottants en tentative de protection de littoraux estimés à risque, ainsi que des embarcations légères pour collecter manuellement, à l'aide d'absorbants, une partie de la pollution éparsée dérivant en frange littorale.

Ces mesures préventives n'ont cependant pas permis d'éviter des arrivages localement importants, 3 jours après le déversement, sur plusieurs plages des alentours de Mae Ramphueng. Les opérations de nettoyage y ont consisté en un pompage des accumulations, fluides, de pétrole flottant, et de collecte manuelle des arrivages à l'aide d'absorbants conditionnés (boudins, tapis, feuilles).

Si la pollution et son traitement se sont majoritairement déroulés en mer, le gouvernement de la Province de Rayong a déclaré un état d'urgence, et l'interdiction temporaire d'accès aux littoraux pollués où des chantiers de ramassage manuel (à l'aide d'absorbants) et de pompage du polluant ont été établis.



Pompage du pétrole libre, à partir des plages avec protection (par bâches) des substrats propres (Source : Thailand Marine Department)

Tout en indiquant prendre à sa charge les coûts induits par ces opérations (1,4 milliards de baths thaïlandais en 2022, dont 337 millions en indemnités aux riverains -notamment des pêcheurs), *SPRC* a ultérieurement abaissé son estimation du volume déversé à 50 m³ environ.

Explosion et perte en mer d'un FPSO vieillissant (*Trinity Spirit*, Golfe de Guinée, Nigéria)

Le 2 février 2022, le *Trinity Spirit* (construit en 1976 ; 337 mètres de long, 54 de large), unité flottante de production, de stockage et de déchargement (*FPSO*) propriété de la compagnie pétrolière nigérienne *Sepcol* (*She bah Exploration & Production Company Limited*), était victime d'une explosion au large de l'embouchure de la rivière Escravos (Etat du Delta).

D'une capacité de traitement de 3 500 m³/jour et de stockage de l'ordre de 300 000 m³, le navire en mauvais état était positionné sur le champ pétrolier Ukpokiti, lequel n'était plus en production depuis quelques années. Le *FPSO* n'avait alors, selon le Ministère de l'environnement nigérian, pas produit de pétrole depuis 2019 et n'était plus utilisé qu'à des fins de stockage. Il a été estimé qu'entre 6 000 et 9 500 m³ de brut se trouvaient à bord lors de l'explosion. Ravagée par l'incendie consécutif de l'explosion, la structure a sombré dans les eaux du Golfe de Guinée. L'Agence nigérienne *NOSDRA* (*National Oil Spill Detection and Response Agency*) a qualifié l'accident de « majeur », tout en supposant qu'une partie seulement du brut présent à bord, d'un volume impossible à estimer, aurait effectivement été déversée en mer, privilégiant l'hypothèse d'un brûlage spontané d'une majorité de la cargaison durant l'incendie.

EAUX DULÇAQUICOLES

Erosion de berges et glissement de terrain : pollution dans le bassin amazonien (pipeline OCP, Equateur)

Le 28 janvier 2022, à proximité de la municipalité de Piedra Fina (Equateur), de fortes précipitations ont entraîné un glissement de terrain en surplomb de berges de la rivière Coca (affluent du fleuve Napo, lui-même contributeur de l'Amazone) et, sous l'impact d'un rocher de 2 m de diamètre, l'ouverture d'une brèche sur un pipeline opéré par la compagnie *Oleoductos de Crudos Pesados (OCP) Ecuador*.

L'évènement s'est produit dans un secteur déjà soumis à une forte érosion des sols, liée à l'aménagement d'ouvrages en amont et qui, en 2020 déjà, avait causé l'effondrement de berges de la Coca et la rupture de 2 pipelines du réseau *Sistema Oleoducto Trans-Ecuatoriano (SOTE)* (Cf. LTEI n°30).

Plus de 1 000 m³ d'un brut lourd ont aspergé les sols et la végétation alentours, avant de ruisseler le long du ravin vers le lit du cours d'eau. Suite à l'arrêt du pompage sur la ligne, et en parallèle du lancement d'opérations de réparation, OCP a mandaté 3 sociétés spécialisées pour mener les actions de nettoyage, à la fois sur le cours d'eau et entre celui-ci et le pipeline.



Vue aérienne d'un point d'accumulation de la pollution, le long de la pente, en érosion régressive, surplombant la Coca (source : DR/Agencia Ecologista de Información)



Vue de la brèche sur l'oléoduc (gauche) ; Sols et végétation du ravin, aspergés par le geyser de pétrole sous pression (droite) (source : DR/Agencia Ecologista de Información)

L'opérateur a indiqué que la mise en œuvre, prioritaire, de diverses mesures de confinement (levées de terre ; creusement de rétentions ; pose de sacs de sable, d'absorbants, de barrages flottants, etc.) avait permis, dans les 2 jours suivant l'accident, de circonscrire la majorité de la pollution en 7 points principaux de collecte, en amont de son écoulement dans la rivière.



Creusement, par engins lourds, de fosses (gauche) et de tranchées (centre) de drainage pour limiter en urgence l'extension du pétrole à partir de la source ; édification de talus de terre au niveau d'un écoulement dans la rivière Coca (droite) (Source : Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica)



Confinement/collecte, par boudins absorbants, du pétrole brut dans des drains d'écoulement secondaires le long du ravin (gauche) ; pompage (camion à vide) au niveau d'un point/fosse de collecte (droite) (source : DR/Agencia Ecologista de Información)

Le Ministère de l'Environnement, annonçant de possibles poursuites judiciaires et administratives contre OCP, a demandé à l'entreprise l'évaluation détaillée de l'impact du déversement ; celui-ci s'est en effet produit à la lisière du Parc national Cayambe-Coca, et à l'amont du Parc national Yasuni (zone classée en réserve de biosphère UNESCO).

Le 3 février 2022, OCP annonçait avoir collecté et réinjecté dans le système d'oléoducs environ 850 m³ de pétrole, et orienter ses efforts à la récupération des « traces » de brut dans la rivière, sans détailler les volumes concernés, et tandis que des communautés indiennes proches rapportaient des souillures visibles sur des berges de la Coca.

Rupture de bassin de rétention d'effluents miniers (D-Troop Jiangxi Risheng Mine, Zimbabwe)

En mars 2022, la rupture d'une paroi sur un bassin de rétention d'eaux d'extraction, au sein d'une installation minière de la compagnie chinoise *De Troop Jiangxi Risheng* sise dans la région de Karoi (Zimbabwe), a causé le déversement d'un volume significatif -mais non précisé- de boues contaminées : particulièrement chargées en cyanure, celles-ci ont pollué la rivière Angwa. D'importantes mortalités piscicoles ont été constatées selon l'*Environmental Management Agency (EMA)*, laquelle a ordonné à l'industriel la mise en œuvre d'actions de suivi et de décontamination des milieux affectés, assorties de rapports d'étape quant à la dépollution de la rivière, ainsi que d'alerte des communautés riveraines en aval du déversement.

L'Agence a pointé l'absence de plan d'intervention d'urgence adéquat de la part de l'industriel, soulignant que ce dernier ne disposait par ailleurs pas de sulfate ferreux (sel utilisé pour le traitement, par précipitation, d'eaux chargées en cyanure) en quantités nécessaires dans le contexte de cet accident. Pour y pallier, l'*EMA* a, dans l'urgence et avec le soutien des services de protection civile locaux, pris l'initiative de faire appliquer ce procédé en trois points le long de la rivière. Selon les autorités, cet incident vient s'ajouter à des défaillances techniques, et autres violations de dispositions réglementaires concernant la manipulation du cyanure, déjà constatées en divers sites miniers.

Rupture de pipeline : déversement de brut soufré en rivière (Marathon Pipeline, Etats-Unis)

Le 11 mars 2022 près d'Edwardsville (Illinois, Etats-Unis), la rupture d'un pipeline enterré (1,2 m de profondeur ; conduite de 60 cm de diamètre) entraîne une fuite de pétrole brut soufré (*Wyoming Asphaltic Sour*), d'un volume estimé par l'*Illinois Environmental Protection Agency (IEPA)* à environ 630 m³. La pollution s'infiltré dans les sols et donne lieu à des résurgences au niveau des berges d'un canal de dérivation de la rivière Cahokia (affluent du Mississippi).

Fermant la section défaillante dès la détection de la fuite, l'opérateur déploie immédiatement des intervenants et équipements spécialisés. La pose de barrages flottants, doublés de boudins absorbants, permet de constituer des poches de confinement successives le long du cours d'eau, et ce quasiment jusqu'à sa confluence avec le Mississippi, où le polluant est collecté à partir des rives (par camions à vides) ou du plan d'eau (à bord de barges anti-pollution). Un retrait de la végétation et des débris flottants souillés est effectué, et des pelles mécaniques œuvrent à l'excavation des terres polluées.

La réponse, menée sous la supervision d'un *Unified Command* regroupant des représentants des Agences publiques concernées (locales, de l'état et fédérales), aboutit en 1 semaine à la récupération de plus de 2 800 m³ d'un mélange eau/pétrole, et à l'évacuation de plus de 1 700 m³ de sols pour traitement *ex situ*. Durant ces opérations, l'*EPA* avait fixé à l'opérateur un suivi atmosphérique en divers sites de chantiers, pour

identifier d'éventuels risques sanitaires (teneurs en COVs, incluant l'H₂S), et l'emploi d'effaroucheurs sonores afin d'éloigner la faune de la zone polluée.

Déversement par percement accidentel d'un oléoduc (*Mid-Valley Pipeline, Tennessee, USA*)

Le 29 juin 2022 à proximité de Henderson (Tennessee, Etats-Unis), un pipeline inter-état (long. > 1 600 km ; vieux de 72 ans) opéré par la compagnie *Mid-Valley PipeLine (MVPL)* a été fissuré par un engin de faucardage, au cours de travaux de coupe de la végétation le long du tracé de la ligne.

L'Agence fédérale *PHMSA (Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, du Ministère des Transports)*⁴, aussitôt notifiée de l'accident, a indiqué que la brèche (d'environ 18 cm x 2,5 cm), survenue à environ 90 km des vannes d'isolation, a été à l'origine de la fuite de plusieurs centaines de m³ de pétrole, répandues dans un secteur boisé et dont une partie s'est écoulée dans les eaux de la rivière Horse Creek.

Lors de la maîtrise de la fuite (avec l'achèvement, au bout de 24 heures, de la pose d'un collier de sécurité), l'opérateur estimait qu'environ 80 m³ de pétrole s'étaient déversés dans l'environnement : lors des opérations de reconnaissance et de nettoyage, ce volume est ré-évalué à approximativement 700 m³, et sera confirmé au sortir des actions de lutte (estimé à 690 m³, dont 530 ayant pollué le cours d'eau).

Les Agences concernées, fédérales (*US EPA* en tête, mais aussi le *PHMSA* et l'*US Chemical Safety and Hazard Investigation Board*) et de l'état (*Tennessee Department of Environment and Conservation* notamment), se sont réunies en un centre de gestion de crise (*Unified Command*) incluant des représentants de la partie responsable, pour superviser les actions menées par cette dernière et ses contractants. Les opérations ont inclus la pose de barrages flottants et de boudins absorbants, ainsi qu'une édification de remblais de terre afin de limiter l'extension du polluant, dont les accumulations flottantes ont été collectées *via* divers moyens mécaniques (camions à vide ; pompes avec ou sans têtes d'écumage -> tambours oléophiles notamment). Des opérations d'excavation des sols pollués (parfois jusqu'à plus d'1,5 m de profondeur) ont été également mises en œuvre au niveau des berges et près du point de fuite. En parallèle, le *Department of Environment and Conservation* de l'état a maintenu un suivi hebdomadaire de la qualité de l'eau et de l'air (teneurs en *BTEX*⁵ -composés aromatiques légers), en vérification de l'absence de risque sanitaire pour les riverains les plus proches (de fait, aucune évacuation temporaire n'a été nécessaire).

C'est au terme d'une semaine d'opérations que l'*US EPA* a annoncé la collecte d'environ 75 % du total déversé, un chiffre *a minima* selon l'agence, indiquant que viendrait probablement s'y ajouter une part supplémentaire après décantation, en cours, de quelque 360 m³ de mélange eau/hydrocarbure récupérés sur l'eau.

• Statistiques

Risques de pollutions : apport des bilans de l'*International Salvage Union*

L'*International Salvage Union* publie régulièrement des synthèses relatives aux actions passées de ses membres concernant le sauvetage de navires (ex: traitement d'épaves, remorquages, etc.), lesquelles fournissent une image, outre des tendances en termes d'accidentologie (fréquence, type de navires, etc.), des risques actuels en termes de déversements de polluants.

Les analyses récentes de l'*ISU* ont ainsi indiqué que ses membres avaient réalisé, en 2021 et 2022, 226 et 186 prestations, respectivement, correspondant à des estimations, similaires, de 2,6 millions de tonnes cumulées de marchandises et de carburant⁶. On relève, au sein de ce tonnage, l'importante part occupée par les marchandises diverses -dont celles classées dangereuses- transportées en conteneurs, particulièrement en

⁴ En charge de la réglementation en matière de transport des ressources énergétiques et de substances dangereuses.

⁵ i.e. Benzène, toluène, éthylbenzène et xylène

⁶ N.B. : l'*ISU* indique néanmoins que, d'année en année et dans un certain nombre de cas de services, les quantités de carburants ou le type de cargaison ne sont pas complètement détaillés, menant à une sous-estimation probable des totaux affichés dans ses analyses.

2021 avec plus de 100 000 EVP (représentant plus de 1,5 M tonnes, soit plus de la moitié du bilan annuel), et dans une moindre mesure en 2022 avec 50 000 EVP (soit environ 750 000 tonnes, correspondant à près de 30 % du bilan annuel).

Les parts respectives des vracs liquides d'hydrocarbures concernés par les services des membres de l'ISU se sont avérées relativement stables entre 2021 et 2022, un peu plus faibles pour les pétroles bruts (4 % et 5 %, respectivement, soit 103 400 et 140 900 t.) que pour les hydrocarbures raffinés (7 et 6 %, soit 182 200 et 144 900 t. environ). A noter que la part des carburants de soutes est d'un ordre de grandeur comparable, représentant environ 4 % des bilans cumulés en 2021 et 2022⁷. L'implication relative des cargaisons de produits chimiques dans les interventions des membres de l'ISU, marginale en 2021 (<1%), a été estimée à environ 3 % en 2022 : une part en hausse entre ces 2 années, mais qui reste bien inférieure à celle des produits pétroliers dans leur ensemble, donc.

La catégorie des vracs divers considérés comme potentiellement polluants dans l'analyse (ex: charbon, céréales, ciment, etc.) a largement fluctué, entre 16 % et 47 % des tonnages traités lors des interventions, respectivement, de 2021 à 2022 ; dans cet intervalle, celle des vracs considérés comme non polluants (divers minerais, par exemple) est quant à elle passée de 10 % à 4,5 %.

Ce type d'analyses, initiées par l'ISU il y a une trentaine d'années, dont la méthodologie a évolué en 2014 pour inclure un plus large éventail de marchandises, (conteneurs, catégorisation des cargaisons en vrac, etc.), montre comment les services de ses membres contribuent à prévenir la survenance de déversements potentiellement impactants pour l'environnement marin et littoral, et peuvent contribuer à l'identification des types actuels de scénarios de pollutions accidentelles

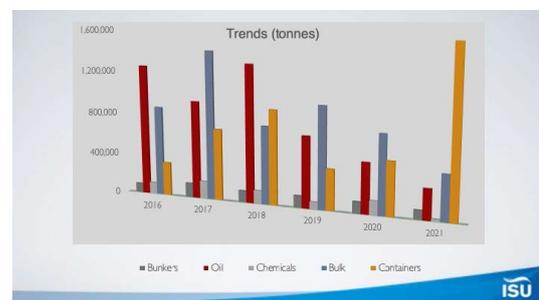


Illustration : source <https://www.marine-salvage.com/>

Pour en savoir plus :

<https://www.marine-salvage.com/>

Accidents de porte-conteneurs : approche des risques émergents, des stratégies d'intervention et des avancées possibles

Une étude soutenue notamment par l'Initiative de Recherche Multipartenaire (IRPM, ou MPRI, programme fédéral canadien géré par Pêches et Océans Canada -DFO) et Environnement et Changement climatique Canada a fait l'objet d'une publication récente proposant une synthèse des principaux risques de pollutions émergents, liés aux accidents de porte-conteneurs, transportant des tonnages croissants de marchandises diverses, et ceci à la lumière d'un certain nombre de cas concrets.

Faisant le constat d'une hausse, au cours de la dernière décennie, de la fréquence d'implication de ces navires dans divers contextes accidentels (collisions, échouements, incendies, etc.⁸), les auteurs ont ici tenté de préciser les caractéristiques des risques, des stratégies de réponse et des progrès de la réglementation en la matière. Ils ont, ainsi, tâché d'apprécier d'éventuelles spécificités régionales, sur la base des données de chargement enregistrées entre 2010 et 2020 au niveau de terminaux représentatifs du trafic de conteneurs dans divers secteurs (Shanghaï, Singapour et Busan en Asie, Rotterdam en Europe, Dubaï au Moyen Orient, Los Angeles aux Etats-Unis) ; L'Asie (Shanghai en tête) est apparue comme la région présentant les tonnages de fret conteneurisé les plus importants (devant le Moyen Orient, l'Europe et, enfin, les USA), recouvrant plus de 90 % des marchandises, et en constante augmentation depuis 2010.

⁷ Avec, en 2022, 11 interventions sur des navires contenant chacun plus de 2 000 tonnes de soutes.

⁸ Les simples pertes de conteneurs, souvent sous rapportées et mal documentées, ne sont pas incluses dans l'analyse.



La méthode statistique dite d'estimation de densité par noyau (KDE) a été appliquée à des jeux de données sur les accidents de porte-conteneurs⁹ afin de confirmer les « points chauds » en la matière -s'agissant en l'occurrence de l'Asie de l'Est, suivie de la région côtière de l'Asie du Sud-Est et de l'Europe (en correspondance plutôt logique avec l'intensité du fret conteneurisé du monde).

D'autres calculs basés sur ces données ont montré, selon les auteurs, que plus de 80 % des accidents de porte-conteneurs pouvaient être classés comme « graves ou plus », dont plus de la moitié comme « très graves », correspondant à des accidents à ces niveaux présentant « une forte probabilité de provoquer le coulage des conteneurs », et de contaminer ainsi le milieu marin. L'analyse s'efforce, plus largement, de distinguer des tendances spatiales et temporelles de la survenance des accidents significatifs (peu évidentes, en l'occurrence) et de caractériser les domaines les plus fréquemment concernés (ex : ports, jetées, mouillages, pleine mer...), les causes (ou plutôt les circonstances), soit en bref les principaux scénarios.

De même, sont passées en revue les considérations récurrentes rencontrées, en termes de polluants (métaux lourds, plastiques, hydrocarbures, produits chimiques) et des problématiques de réponse liées (détection, suivi, collecte...), illustrées par quelques cas accidentels concrets (dont ceux du *Cason* en 1987, du *Rena* en 2011 et, plus récents, ceux du *MSC Zoe* et du *X-Press Pearl* en 2019 et 2021 respectivement).

Au bilan, le risque de pollution lié aux accidents de porte-conteneurs, généralement trop peu pris en considération selon les auteurs¹⁰, est d'une évaluation complexe du fait de la diversité des marchandises concernées, mais aussi des effets potentiels et de leurs modalités de survenance : impacts immédiats plus ou moins aigus et transitoires, en cas de déversements significatifs de substances à potentiel toxique (ex : hydrocarbures, produits chimiques...); *a contrario*, effets à long terme par accumulation de composés persistants dans l'environnement (ex : métaux lourds..., auxquels s'ajoutent ceux, encore mal identifiés, des plastiques et autres matériaux peu biodégradables).

Forcément limitée par la faible disponibilité et précision des données en la matière, cette étude n'en reste pas moins intéressante. Fondant, autant que possible, leur réflexion sur des retours d'expérience, les auteurs y proposent en effet une potentielle priorisation des volets de l'intervention (collecte de données, prise de décision, mesures d'urgence, surveillance, etc.), ainsi que des pistes d'amélioration diverses : procédures opérationnelles, accords de coopération régionale, élaboration de plans d'urgence notamment.

Pour en savoir plus :

Wan S., Yang X., Chen X., Qu Z., An C., Zhang B., Lee K. & Bi H., 2022. Emerging marine pollution from container ship accidents: Risk characteristics, response strategies, and regulation advancements. *Journal of Cleaner Production* 376 134266 (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134266>)

- **Préparation à l'intervention / stratégies (inter)nationales**

Etats-Unis : priorités de recherche du gouvernement fédéral pour 2022-2027

L'*ICCOPR* (*Interagency Coordinating Committee on Oil Pollution Research*), structure inter agences présidée par l'*USCG* (vice-présidence alternant entre l'*EPA*, la *NOAA* et le *BSEE*) et comprenant 16 agences fédérales, ministères et sous-départements du gouvernement des Etats-Unis, est une entité consultative visant à coordonner les multiples activités de recherche publique relatives aux pollutions par hydrocarbures.

Dans ce cadre, l'*ICCOPR* a réalisé la mise à jour (prescrite par l'*OPA 90*) de l'*Oil Pollution Research and Technology Plan* national (*OPRTP*, dont la précédente version datait de 2015), y identifiant plus de 700 besoins de recherche (dont 171 prioritaires) pour la période 2022-2027, répartis au sein de 4 thématiques (*Standing*

⁹ obtenues via le *Système mondial intégré d'information sur les transports maritimes* (GISIS) de l'OMI.

¹⁰ (en dehors de cas avec déversements majeurs de pétroles ou de substances dangereuses)

Research Areas) et de 28 sous-thèmes identifiés comme d'importance par les agences fédérales et résumables comme suit¹¹ :

- Réponse antipollution
 - Expertise/évaluation des dommages structurels et sauvetage ;
 - Contrôle/maîtrise/confinement des fuites ;
 - Modélisation du comportement/devenir physico-chimique des polluants ;
 - Détection et suivi *in situ* des hydrocarbures ;
 - Confinement et récupération des hydrocarbures flottants et submergés ;
 - Confinement et récupération sur le littoral ;
 - Dispersants ;
 - Brûlage *in situ* ;
 - Compléments aux techniques de traitement alternatives ;
 - Gestion des déchets ;
 - Biorestauration ;
- Evaluation des impacts
 - Impacts environnementaux et rétablissement des écosystèmes ;
 - Techniques de restauration environnementale ;
 - Santé humaine ;
 - Impacts socio-économiques ;
- Prévention des déversements accidentels
 - Analyse des erreurs humaines ;
 - Installations et systèmes offshore ;
 - Installations et systèmes terrestres ;
 - Gestion des voies navigables ;
 - Conception des navires ;
 - Forage ;
 - Train / Camion Transport ;
 - Réseaux de canalisations/pipelines ;
 - **Risques géologiques ;**
 - **Automatisation et sécurité des installations sous-marines ;**
- Préparation à la lutte
 - Acquisition de données de référence (pré-déversement) : espèces et habitats, paramètres environnementaux (hydroclimat, géologie...) ;
 - Systèmes de gestion de crise (outils d'aide à la décision, de bancarisation/gestion des données, SIGs, etc.) ;
 - **Adaptabilité des moyens et équipements existants aux risques de déversement posés par les nouveaux carburants.**

Ce travail d'examen et de mise à jour des priorités de l'OPRTP, a largement reposé sur l'analyse conjointe, par le BSEE, la NOAA, le Coastal Response Research Center (CRRC) de l'Université du New Hampshire et la Garde côtière (USCG), des avancées, retours d'expériences et problématiques émergentes identifiées depuis l'exercice 2015-2021. Les recherches définies comme prioritaires, et les considérations sous-jacentes à cette assignation, sont précisées dans le document, depuis mis en ligne afin de servir, à toutes fins utiles, de guide pour la définition et le financement d'actions de recherche cohérentes, tant au niveau national que pour des collaborations internationales.

Pour en savoir plus :

<https://www.dco.uscg.mil/ICOPR/>

¹¹ Sont indiqués en caractères gras les domaines de recherche manifestement nouvellement introduits *via* cette mise à jour de l'OPRTP.

https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/CG-5R/ICOPR/Files/2022_2027%20ICOPR%20ORTP%20Plan.pdf?ver=XcMuMlBf8q2RymJNKcwzUg%3d%3d×tamp=1642090228492

AESM : affrètement d'un nouveau navire d'intervention pour la mer Égée.

L'*Aktea II* (OMI 9327516), navire-citerne construit en 2007 et acquis en 2021 par le fournisseur de services et d'équipements antipollution grec *Environmental Protection Engineering (EPE)*, a intégré la flotte de navires de lutte en mer de l'*Agence européenne de sécurité maritime (AESM)*, dans le cadre des contrats d'affrètement de 4 ans (renouvelables) à cet égard, régulièrement passés par l'*AESM*.

Après avoir été dûment équipé des moyens nécessaires à la réalisation de ses missions de récupération d'hydrocarbures, *via* une phase de préparation déroulée au 1^{er} semestre 2022, il est ainsi venu remplacer l'*Aktea*, son prédécesseur pour le secteur de la Mer Égée.

Il est dorénavant doté de 2 systèmes de récupération, s'agissant : de 2 bras rigides *Koseq* (grands modèles, de 15 m de long) couplés à des récupérateurs à seuil avec pompes refoulantes à fort débit (350 m³/h) intégrées, d'une part ; de 2 sections (2 x 250 m) de barrage flottant lourd à point de gonflage unique (*Vikoma Hi-Sprint 2000*) et d'un récupérateur de haute mer *Noren (Normar 250 TI*, avec ombilic monté sur touret), d'autre part. S'y ajoutent un système radar *Miros* de détection des nappes flottantes.



L'*Aktea II* (source : EPE)

Le pétrolier de 91 m de long, opéré par la compagnie *Polrom Oil Maritime* et basé au Pirée (Grèce), présente une capacité de stockage (chauffée) de déchets liquides de près de 4 500 m³.

Pour en savoir plus :

<https://www.emsa.europa.eu/we-do/sustainability/pollution-response-services/oil-recovery-vessels.html>

Canada : initiative de financement de développements innovants (*Oil Spill Response Challenge*)

Courant 2022, le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Canada avait annoncé le financement et le lancement, dans le cadre plus large de l'initiative [Impact Canada](#), d'un projet dénommé *Oil Spill Response Challenge* visant, sous forme d'une 'compétition', à stimuler des entreprises canadiennes à présenter et développer des concepts techniques originaux susceptibles d'améliorer, dans un contexte environnemental et opérationnel canadien, la capacité de détection *in situ* de pollutions pétrolières, d'une part, et l'efficacité de leur collecte, d'autre part.

Il s'agit en quelque sorte d'un « trophée » dans le cadre duquel des comités évaluent (concernant l'un ou l'autre des volets mentionnés : détection ou collecte) les projets soumis par les entreprises concurrentes ; ces dernières étaient invitées à postuler avant la fin juin 2022, avant une 1^{ère} sélection (été 2022) d'une dizaine de projets/lauréats, donnant lieu à l'attribution d'un budget de 300 000 \$CAN pour le développement de prototypes... en vue, cette fois, de démonstrations (automne 2023) ouvrant la possibilité, pour les 5 projets "finalistes" retenus, d'un financement complémentaire pouvant aller jusqu'à 1 M\$CAN) pour aboutir à une solution commercialisable.

La 3^{ème} et ultime étape (hiver 2025) de cet *Oil Spill Response Challenge* prévoit, enfin, le décernement d'un grand prix de 2M\$CAN en soutien à la mise en production de l'équipement jugé comme répondant le mieux aux attentes du Ministère canadien.

Au-delà d'impératifs d'efficacité, les critères d'évaluation établis dans le cadre de cette initiative recouvrent : (i) le caractère innovant des projets ; (ii) leur applicabilité au contexte canadien (en termes d'environnement écologique/climatique, de type de polluant à risque, de géographie, etc.) ; et (iii) leur opérationnalité (disponibilité effective, faisabilité/praticité de mise en œuvre, etc.).

A ce jour, les 5 projets « finalistes » ayant souscrit à ces trois critères correspondent à la conception

- de récupérateurs permettant la collecte sélective d'irisations (et non de nappes), développement porté par la société [Aqua-Guard Spill Response Inc.](#) ;
- de moyens de chalutage de surface filtrants/oléophiles permettant leur déploiement en conditions de forts courants ([LGM Canada Corp.](#)) ; de véhicules robotisés/autonomes pour la détection et la mesure *in situ* des teneurs en hydrocarbures dans le milieu aquatique (surface et sub-surface) (Université de Dalhousie) et, enfin ;
- de 2 dispositifs distincts (respectivement développés par l'University of Northern British Columbia et l'Université de Toronto) de décantation, sur les sites de nettoyage, des fluides collectés dans les stockages primaires. Bien que ne s'agissant pas de récupération *sensu stricto*, ces 2 derniers projets répondent à une problématique de gestion des déchets (et, plus précisément, de maîtrise des volumes stockés) en environnements reculés, à l'instar de diverses régions canadiennes, où la logistique de transport et les ressources locales de traitement peuvent s'avérer limitées.

Pour en savoir plus :

<https://impact.canada.ca/#challenges>

<https://impact.canada.ca/en/challenges/oil-spill-response>

• Initiatives de l'industrie pétrolière

Soins à la faune souillée : le projet *Global Oiled Wildlife Response Service* évolue en service de l'*OSRL*

Depuis les 2 dernières décennies, l'industrie pétrolière recommande l'intégration, dans les plans d'urgence de ses membres, de volets consacrés à la gestion de la faune souillée (prise en charge, réhabilitation, etc.) ; elle a ainsi édité à leur intention divers [guides](#) pour la préparation de l'intervention en la matière. C'est dans cette perspective qu'*OSRL* (*Oil Spill Response Limited*, coopérative privée de l'industrie pétrolière) fait figurer parmi les services proposés à ses souscripteurs (*Service Level Agreement*), depuis une dizaine d'années environ, une prestation « Faune » prévoyant la mise à disposition d'une expertise technique -*via* un partenariat avec l'ONG *Sea Alarm* (2 experts, dont 1 sur site), mais aussi d'équipements divers, nécessaires à l'édification en urgence de centres de soins.

Depuis 2022, ce service est étendu par l'intégration de la capacité d'expertise du *Global Oiled Wildlife Response Service* (*GOWRS*)¹², laquelle permet (par exemple) la mise à disposition sur site (24/7) d'une équipe de 4 experts, puisés au sein du réseau international (10 structures partenaires) bâti par le *GOWRS*, et plus généralement une capacité de réponse haussée à un niveau correspondant à accident d'ampleur (*tier 3*) nécessitant des collaborations internationales. La définition d'un cadre (identification, mobilisation, coordination, etc., des ressources nécessaires) à cet égard, ayant constitué, l'un des principaux arguments pour l'initiation du *GOWRS*. Cette expansion du volet « soins à la faune souillée » est le résultat d'un plan stratégique quinquennal (2021-2025) qui, adopté par *OSRL* et appuyé par ses adhérents/souscripteurs, vient affirmer et consolider les efforts récents consentis par l'Industrie pétrolière concernant l'amélioration de cette thématique de préparation à la lutte.

Pour en savoir plus :

https://www.oilspillresponse.com/contentassets/5e0354829f4f45c7b9cde1cbcdcce3a0/wepr-strategic-plan-2021-25_external.pdf

¹² Rappel : initié suite à l'Interspill 2012, le projet *GOWRS* (financé par l'*IOGP/IIPECA*) était issu de la perception, par divers membres de l'industrie pétrolière, d'agences intergouvernementales (*OMI, FIPOL*) ou d'ONGs, de lacunes en matière de préparation à la réponse vis-à-vis de la faune souillée (soins, réhabilitation...) en particulier dans le cas d'accidents nécessitant la mise en place d'assistances internationales (i.e. *Tier 3*). Sous la coordination et la responsabilité de *Sea Alarm*, et avec le soutien d'*OSRL*, le *GOWRS* a connu depuis diverses phases de développements, depuis l'élaboration de guides jusqu'à l'intégration de volets 'Faune' dans les exercices de l'Industrie, etc.

Dispersion chimique : documents pédagogiques de l'Ipieca (*Dispersant decision toolkit*)

L'Ipieca et l'IOGP ont, en 2022, diffusé des documents informatifs et à vocation nettement pédagogique, via la mise en ligne d'infographies et d'une vidéo complémentaire, baptisées *Dispersant decision toolkit*. Celles-ci ont été conçues à l'intention d'intervenants amenés à considérer l'opportunité (ou non) d'épandre des dispersants chimiques pour le traitement des nappes flottantes d'hydrocarbures en mer, et potentiellement diversement éclairés/expérimentés sur le sujet.

En effet, si des documents de bonnes pratiques concernant la dispersion sont déjà disponibles (notamment divers guides techniques/opérationnels¹³) et détaillent ce que sont les produits employés (finalité, mode d'action, ...), quelles en sont les procédures d'application, etc., ces nouveaux supports sont volontairement très concis (1 fiche synthétique simplifiée et une courte animation vidéo), focalisés sur les connaissances et points-clés de considération essentielle pour évaluer un éventuel recours à la stratégie.



Prévus pour apporter un premier niveau de compréhension moyennant une lecture très rapide, ces formats visent aussi à rappeler la disponibilité et à compléter les « *Guides des bonnes pratiques* » de l'Industrie, abondamment augmentés et révisés depuis 2010.

Concernant la dispersion chimique en particulier, il n'est pas interdit d'y voir aussi l'affichage d'un argumentaire qui, sous une forme relativement claire, tente de répondre à la perception souvent négative de cette option de lutte par le public, et parfois renforcée par les conclusions de diverses publications scientifiques (postérieures notamment à la pollution de *Deepwater Horizon*) dont toutes n'ont pas tenu compte des attendus opérationnels de la dispersion chimique (ni, plus généralement, de la notion de compromis sous-jacente aux choix des stratégies de réponse).

Pour en savoir plus :

<https://www.ipieca.org/resources/dispersant-decision-toolkit>

● Détection

Détection et mesure de l'épaisseur des nappes flottantes : comparaison des technologies récentes

Diverses Agences publiques fédérales américaines se sont associées au Projet de recherche multipartenaire canadien (MPRI) dans le cadre d'une étude qui, finalisée en 2022, visait (i) à produire un état de l'art sur les développements technologiques récents permettant de mesurer l'épaisseur de nappes de pétroles en mer, et (ii) à proposer des axes d'amélioration des connaissances sur le sujet, notamment en termes de procédures d'évaluation des performances d'équipements à ces fins.

Le projet, intitulé "*Coordinating Recent Advances in Estimating and Measuring Oil Slick Thickness*" (CAMPRI) a reposé sur une collaboration très large, regroupant l'expertise et la logistique (installations d'essais) du BSEE (Bureau of Safety and Environmental Enforcement), de la NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration), de l'EPA (Environmental Protection Agency), de la Garde côtière américaine, du CRRC (Coastal Response Research Center) et du CSE (Center for Spills and Environmental Hazards) de l'Université du New Hampshire, de l'OSRI (Oil Spill Recovery Institute), de l'Université Johns Hopkins et, côté Canadien, de Pêches et Océans Canada (DFO).

Les conclusions de ce travail ont été récemment publiées, reprenant les points issus de son déroulement selon les phases suivantes :

¹³ Par exemple celui de l'IOGP/IPIECA, mais aussi celui du Cedre.

- Un atelier international a réuni des experts, issus des agences, laboratoires universitaires et partenaires privés du projet, et spécialisés en matière de télédétection *in situ* de pétroles, aux côtés d'opérationnels et d'utilisateurs finaux, pour dresser un premier bilan des technologies, connaissances et tests existants, relatifs à différents capteurs et plates-formes. Des lacunes à considérer en priorité ont été identifiées, et des travaux de R&D, visant à les combler, proposés. En premier lieu a été soulignée la nécessité de disposer de procédures de tests permettant de véritablement comparer les performances des diverses technologies identifiées et potentiellement envisageables, afin d'en mieux comprendre les avantages et inconvénients respectifs et, *in fine*, de légitimer les choix méthodologiques et logistiques, selon les contextes accidentels de réponse ;
- Des premières séries de déversements expérimentaux ont été menées dans les bassins de l'*Ohmsett*, utilisant divers types de capteurs (ex : radiométriques, multispectraux, ... ; avec/sans contact ; déployés dans l'air ou sur l'eau ; etc.). Elles ont illustré le besoin d'établir des protocoles permettant la création de nappes « étalon » (*i.e.* d'épaisseur contrôlée et -point important- relativement uniforme) dans une gamme comprise entre 2 mm et 1 µm.

Constatant en effet la difficulté d'obtenir un étalement régulier à la surface de bassins de grande taille -tels que ceux de l'*Ohmsett*, des protocoles permettant d'aboutir à ce résultat, en vue de quantifier de façon standardisée les performances des diverses technologies (précision des mesures, plage d'épaisseurs, etc.), ont été développés dans les installations du *CRRC/CSE* (avec l'appui technique de l'Université *Johns Hopkins* entre autres), reposant sur des enceintes plus petites et mieux contrôlées de ce point de vue ;

- Ont enfin été définis et appliqués, à l'*Ohmsett*, des protocoles visant à évaluer les équipements lors de mises en œuvre à échelle et en conditions représentatives de celles d'un déversement *in situ* (ex : simulation de vagues, déferlements, courants), etc.¹⁴



Estimation d'épaisseur de nappes par mesure de réflectance d'un pétrole non émulsionné (source : NOAA)

La somme importante des résultats de ce projet multipartenaire, couvrant les développements méthodologiques, les performances des équipements (ainsi que la description de ces derniers), les conditions des tests, les données brutes, etc., est détaillée dans le rapport récemment mis en consultation en ligne à l'adresse indiquée ci-après.

A noter que des évaluations complémentaires ont été menées au début 2023, par le *BSEE* et l'*US Naval Research Laboratory*, focalisées sur la télédétection par laser (*LiDAR*). La technologie a en effet été jugée prometteuse pour la détermination rapide, par voie aérienne, de l'épaisseur de nappes. Une série de mesures d'intensité, de fluorescence et de polarisation du signal rétrodiffusé par divers pétroles bruts -frais ou vieillis, ont été réalisées à partir du pont du bassin de l'*Ohmsett* (le capteur *LiDAR* étant déployé au-dessus de nappes expérimentales, de surface et de volume prédéterminés). Le développement d'algorithmes de traitement et de visualisation automatisée (en temps quasi réel) des données *LiDAR* a conduit à estimer que, à défaut d'une épaisseur exacte de l'huile, les mesures permettaient de classer de manière fiable les nappes dans 3 catégories d'épaisseur (0-0,5 mm ; 0,5-1 mm ; >1 mm). Reste encore à évaluer la capacité de la procédure à aboutir à des résultats statistiquement robustes à partir d'un nombre élevé de données (telles qu'issues de reconnaissances aériennes en cas réel), sujet qui devrait faire l'objet d'évaluations futures moyennant le développement de protocoles expérimentaux ad hoc à l'*Ohmsett* (permettant, par exemple, l'échantillonnage et la validation de la structure 3D d'une nappe expérimentale de grandes dimensions).

Pour en savoir plus :

<https://www.bsee.gov/multi-partner-research-initiative-mpri-comparing-recent-advances-in-estimating-and-measuring-oil>

CRRC, NOAA, MPRI, & BSEE, 2023. *Comparing Recent Advances in Estimating and Measuring Oil Slick Thickness: An MPRI Technical Report.* Coastal Response Research Center. 33. <https://scholars.unh.edu/crrc/33>

¹⁴ Ces évaluations, réalisées au printemps 2022, ont été les premières menées à l'*Ohmsett* suite à l'achèvement des travaux de rénovation et à la réouverture de l'installation.

Reconnaitances en milieux arctiques reculés : recherche de procédure opérationnelle pour la télédétection de pétrole

L'*USCG Research & Development Centre* (Centre de Recherche et de développement de la Garde côtière américaine) et la *NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)* ont récemment rendu publics les résultats de travaux, toujours en cours, visant à identifier des procédures de télédétection de pétrole (ex : capteurs, déploiement *in situ*) qui soient praticables dans un contexte d'opérations en eaux englacées. Ceux-ci ont impliqué la réalisation de déversements expérimentaux dans les installations du *CRREL (Cold Regions Research and Engineering Laboratory)* du corps d'ingénieurs de l'armée américaine) dédiées à la recherche appliquée aux régions froides.



Bassin du CRREL : surface englacée avec ouvertures (1m²) pratiquées pour les déversements expérimentaux (source : USCG RDC)

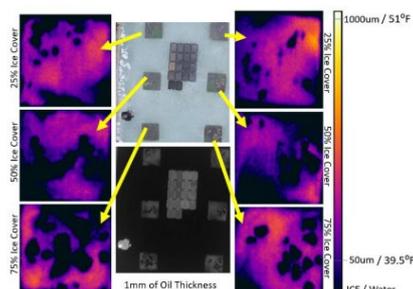
Ces installations ont permis de créer, à la surface du bassin expérimental du *CRREL* (dimensions $L \times l \times h \approx 18\text{m} \times 7\text{m} \times 2\text{m}$) une couche de glace de 30 cm d'épaisseur où ont été pratiquées 12 ouvertures d'1 m x 1 m, composant autant de mésocosmes expérimentaux, garnis de quantités variables de blocs de glace et où ont été déversés des volumes connus d'un pétrole brut moyen (*Alaska North Slope*, ou *ANS*) frais ou émulsionné.

Les déversements expérimentaux ont visé à comparer la faisabilité de mise en œuvre de divers capteurs *via* différents porteurs radio-opérés (aéronefs -*UAS*, d'une part, et engins sous-marins -*ROVs*, d'autre part) et la validité des résultats obtenus au moyen de ces procédures.

Dans les conditions d'expérimentation, les capteurs multispectraux, d'une part, et thermiques, d'autre part, ici déployés par le biais d'un *UAS*¹⁵ ou d'un pont roulant ont permis, respectivement :

- La discrimination entre des accumulations de brut frais et émulsionné (moyennant, cependant, des épaisseurs comprises entre 10 et 50 μm) et ;
- La détection d'hydrocarbures, à partir d'épaisseurs minimales situées entre 50 et 100 μm , sachant qu'un traitement des données de température apparente de surface (conversion par une fonction logarithmique) aurait permis l'identification de diverses gammes d'épaisseur, au sein d'une plage comprise entre 50 μm et 5 mm. A noter également que l'analyse numérique dite de « traitement non linéaire » de l'imagerie thermique a, aussi, permis d'affiner la visualisation d'aires faiblement contrastées et, ce faisant, de catégoriser et cartographier les divers types de surfaces englacées (glace 'pleine' Vs. blocs de dimensions variables et plus ou moins denses).

Les résultats obtenus au *CRREL* sont détaillés dans les rapports publiés depuis, où les auteurs concluent au potentiel intéressant du déploiement, par porteurs aériens, d'imageurs visuels, infrarouges et multispectraux, à des fins de reconnaissances de pollutions *in situ* (et/ou de suivi des avancées d'opérations de nettoyage). Ils indiquent également que la mise en œuvre de capteurs acoustiques sous la surface de l'eau (par le biais de *ROVs*) peut compléter utilement, en présence de nappes d'au moins 1 mm d'épaisseur, ces reconnaissances en eaux englacées à divers degrés.



Températures apparentes dérivées d'imagerie thermique : surfaces polluées (1 l. de brut), avec divers taux de couverture de glace (illustration USCG RDC)

En termes de perspectives, l'*USCG* envisage de confronter ces résultats aux conditions réelles, *via* des évaluations de terrain dans les régions froides des Grands Lacs et d'Alaska. L'objectif est de procéder aux

¹⁵ En l'occurrence un quadrirotor *Freefly Alta-X*, présentant une capacité de charge allant jusqu'à 14 kg, et permettant l'emport de plusieurs capteurs.

vérifications nécessaires à l'élaboration, *in fine*, de procédures opérationnelles robustes. Par exemple -et selon les auteurs, le mode de déploiement des capteurs adopté lors des expérimentations au CRREL semble peu envisageable dans les conditions réelles attendues (ex : limitations en termes de capacité d'emport des UAS actuellement disponibles). Sont aussi visées la capacité des UAS à endurer les climats arctiques (i.e. l'identification des requis techniques minimum pour assurer leur résistance, fonctionnement, autonomie, ...), l'efficacité de l'imagerie multispectrale sur des produits pétroliers différents de ceux testés au CRREL ou ayant évolué en conditions naturelles (ex : détection, limites de confiance concernant les épaisseurs), etc.

Pour en savoir plus :

<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1165443.pdf>

<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1165444.pdf>

Polluants dans la masse d'eau : système d'échantillonnage déployé par AUV

Comme l'a notamment illustré le cas de l'éruption du puits *Macondo* en 2010, les déversements de pétrole à partir de sources sous-marines rendent nécessaires, afin d'évaluer la distribution et l'extension de la pollution dans l'environnement affecté, le déploiement de capteurs capables de détecter et de mesurer les hydrocarbures présents dans la masse d'eau, potentiellement sous diverses formes (dissoute, particulaire, etc.) et à différentes profondeurs. L'emport de tels moyens sur des véhicules télécommandés/autonomes a démontré son utilité à cet égard, permettant l'investigation *in situ* de volumes importants d'eaux marines.

Au-delà, l'appréhension du devenir du pétrole (ex : cinétique de dégradation/vieillessement) est également très utile voire indispensable à la sélection des stratégies de réponse les mieux adaptées à la situation, en fournissant des indications d'intérêt à cet égard (ex : risque toxique ; potentiel d'atténuation naturelle ; possibilités de traitement *via* telle ou telle technique de lutte...). Cette caractérisation physico-chimique du pétrole nécessite des analyses de laboratoire et suppose logiquement, en amont, la capacité technique à réaliser des prises d'échantillons géolocalisés, « propres » (ex : sans possibilité de contamination croisée des prélèvements), et ce rapidement en des points déterminés au sein de périmètres -et à des profondeurs-potentiellement importants.



Schéma de l'échantillonneur sous-marin Midwater Oil Sampler et de son mode d'installation sur l'AUV REMUS 600 (source : Woods Hole Oceanographic Institute)

C'est dans cet objectif que l'institut océanographique *WHOI* (*Woods Hole Oceanographic Institution*) a récemment développé un système d'échantillonnage d'eau, dénommé *Midwater Oil Sampler*, pouvant équiper, de manière modulaire, des véhicules sous-marins autonomes.

Cet échantillonneur comprend plusieurs récipients en verre¹⁶ connectés en parallèle, en plus ou moins grand nombre selon l'ampleur de la « mission » assignée au système : au cours de son développement, il a été monté et déployé *via* le véhicule sous-marin autonome de type [REMUS¹⁷ 600](#), lequel peut par ailleurs être équipé de moyens de télédétection divers (ex : fluorimètres, imageurs holographiques, cameras, capteurs acoustiques, ...).

Évalué lors d'essais *in situ* (au niveau de zones de suintements naturels de pétrole, en l'occurrence au large de Santa Barbara, en Californie), ce mode de déploiement a été jugé très satisfaisant, le véhicule et le *Midwater Oil Sampler* ayant fonctionné avec succès selon une procédure dite « d'échantillonnage adaptatif », c'est-à-dire avec déclenchement automatique de prélèvements d'eau lors de la détection, par les capteurs,

¹⁶ (Non contaminants, répondant aux normes de l'US-EPA en la matière).

¹⁷ Ou *Remote Environmental Monitoring UnitS*, soit un des modèles de véhicules sous-marins robotisés autonomes (AUV) conçus par le *WHOI*, de relativement faible coût et interfacé avec un simple ordinateur portable.

d'anomalies au niveau d'un paramètre donné (défini par l'utilisateur ; ex : détection d'un pic localisé d'hydrocarbures dissous).

Les caractéristiques techniques et les performances de ce nouvel outil ont fait l'objet d'un article publié en 2022¹⁸ : les auteurs y indiquent que, bien que celui-ci ait été conçu pour échantillonner du pétrole, il peut être mis à profit pour d'autres types d'études et d'analyses d'eau de mer *in situ* : description des bouleversements du cycle du carbone (*i.e.* acidification des océans) ; efflorescences de phytoplanctons toxiques ; caractérisation des multiples polluants (ex : microplastiques) contribuant, à un niveau ou un autre, à la dégradation progressive de l'environnement marin.

Pour en savoir plus :

<https://www.mdpi.com/2077-1312/10/4/526>

● Confinement

Elastec/American Marine: exploitation de barrages autogonflables Sea Curtain de Kepner Plastics

Elastec a acquis en 2022 la société californienne *Kepner Plastics*, fabricant de plastiques présent sur le marché des équipements de réponse, essentiellement de confinement et de récupération sur l'eau, depuis la fin des années 1960s. La gamme de moyens antipollution de la marque est donc dorénavant exploitée par la branche *American Marine* d'*Elastec*, avec une mise en avant plus particulière des dispositifs de barrages *Barrel-O-Boom*, d'une part, et *ReelPak System*, d'autre part.

De différentes dimensions, ce sont des déclinaisons du concept *Sea Curtain*, développé par *Kepner*, de barrage à flotteurs cylindriques renfermant des éléments internes ayant *grosso modo* la forme de spirales : affaissées lorsque le barrage est compacté et stocké, celles-ci se détendent spontanément lors du déploiement et permettent le gonflage des chambres de flottaison (puis, à nouveau, leur dégonflage et compaction lors du repli).

Ne nécessitant aucun moyen de gonflage ou outillage particulier, ils visent au confinement rapide de nappes flottantes, dans différents environnements :

- Le *Barrel-O-Boom* est plutôt prévu pour des zones semi-abritées (ports, notamment), s'agissant d'un *Sea Curtain* léger (hauteur totale de 50 cm environ, pour un tirant d'eau d'une trentaine de cm), stocké/compacté dans un fût (ou « baril » en PEHD, permettant un transport facile, et un stockage éventuellement à l'extérieur), à raison d'un linéaire de 15 m, 30 m, ou 45 m selon les modèles. Lors du repli, sa « rétractation » est effectuée *via* un filin (*compaction rope*), courant sur toute la longueur de la chambre (unique) de flottaison et actionnable par un seul opérateur ;
- Le *ReelPak System* est un dispositif monté sur un touret qui en permet le stockage, le déploiement et le repli. La conception du barrage (*i.e.* serpentins internes assurant l'auto-gonflage et l'auto-« affaissement » des flotteurs) est, dans ses grandes lignes, la même : la paroi du flotteur (lequel est ici compartimenté en plusieurs chambres) intègre une épaisseur de mousse, en position basse, pour en préserver la flottaison en cas de crevaisson/déchirure.

¹⁸ Depuis cette publication, le *Midwater Oil Sampler* a aussi fait l'objet d'un brevet, déposé par le *WHOI* et disponible à la délivrance d'une licence.



Déploiement du barrage autogonflant léger Sea Curtain Barrel-O-Boom à partir d'un pont (gauche) ; Déploiement en d'un modèle lourd Sea Curtain Hi-Seas à partir d'un remorqueur (droite) (source : Kepner Plastics Fabricators Inc.)

Pour en savoir plus :

<https://www.elastec.com/kepner-plastic-fabricator-products/>

Le système *ReelPak* sur touret recouvre une plus large gamme de tailles et, de ce fait, d'applications potentielles, depuis les eaux semi-abritées (modèle léger *Inland/Choppy* ; 30cm<h. tot.<60cm) jusqu'aux environnements offshore (modèles lourds *Hi-Seas* ; h. tot. > 1,2m).

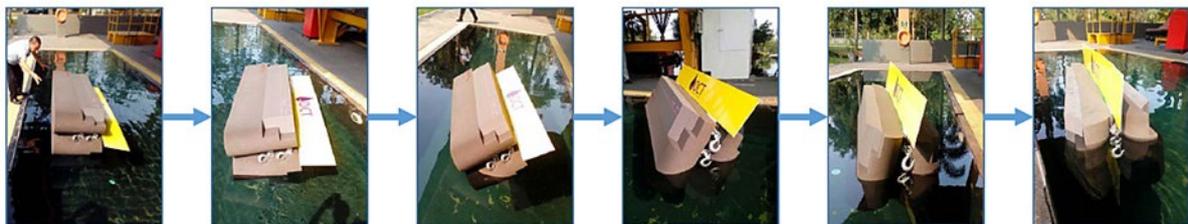
Barrage-barrière permanent en mousse alvéolaire *OCT Oil Boom*

La société hongkongaise *Oil Cleaning Technology (OCT)* a récemment annoncé la commercialisation d'un modèle de barrage, l'*OCT Oil Boom*, conçu pour pouvoir être déployé rapidement, sans recourir à un grand nombre d'intervenants, ni nécessiter la mobilisation d'engins, d'outils spécifiques, ou de formation technique préalables des opérateurs potentiels.



Schéma d'une section de barrage-barrière permanent OCT Oil Boom (Source : <https://www.octww.com/>)

Il s'agit d'un barrage-barrière permanent, dont l'élément de flottaison et l'écran sont solidarisés en un bloc rigide principal. La partie supérieure de ce dernier est composée d'une mousse rigide à structure alvéolaire fermée, lui conférant la fonction de flotteur et de stabilisateur. La mousse de la partie inférieure présente, quant à elle, des alvéoles ouvertes (matériau breveté par le fabricant), absorbant l'eau et non le pétrole. Se gorgeant d'eau lors de la mise à l'eau du barrage¹⁹, cette partie basale positionne et maintient l'écran en position verticale tout en constituant une barrière imperméable vis-à-vis des hydrocarbures flottants.



Time line: 0 min.

approx. 30 min.

Expansion: 0%

10%

Charge progressive en eau de la mousse constituant la base de l'écran, entraînant le positionnement vertical du barrage (Source : <https://www.octww.com/>)

Des sangles internes aux flotteurs, courant sur leur longueur et servant d'éléments de reprise de tension, sont équipées de crochets pour connecter les diverses sections de barrage. Ces dernières sont surmontées d'une plaque verticale pour minimiser le risque de projections et éclaboussures (*splash-over*).

Il s'agit donc d'un concept original, possiblement intéressant pour des actions de confinement en urgence (ou en protection de



¹⁹ Selon *OCT*, le poids à sec du matériau en rend la manutention et le déploiement aisés, par peu d'intervenants, après quoi l'intégration d'eau dans les alvéoles élèverait celui-ci de 5 000%, pour une expansion du volume d'environ 10%.

structures/sites sensibles), en eaux calmes à semi-abritées (ports ou marinas par exemple). Système de connexion, par accrochage de sangles internes, longitudinales

(Source : <https://www.octww.com/>)

L'*OCT Oil Boom* est *a priori* proposé en sections de près de 2 m de long, déclinées en modèles de différentes hauteurs -de 30 cm (barrage léger) à 1,2 m (barrage lourd). On remarquera toutefois que leur géométrie (épaisseur = hauteur) confère à ces éléments rigides des dimensions assez imposantes. Selon le fabricant, les sections de l'*OCT Oil Boom* sont fournies emballées sous vide, compactant leur épaisseur d'environ 75 %. La possibilité d'un tel reconditionnement après une première utilisation (impliquant par ailleurs la 'vidange' de la structure alvéolaire) n'est en revanche pas indiquée. En l'absence de possibilité de pliage, d'enroulage, etc., ce point peut s'avérer problématique en termes d'espace de stockage nécessaire.

Pour en savoir plus :

<http://www.octww.com/product.html>

● Récupération

EAUX OUVERTES

Récupération en forts courants : révision du système *Current Buster 4* (NOFI)

Le fabricant norvégien *NOFI* a récemment modifié son barrage récupérateur *Current Buster 4* (CB4). Modèle de taille intermédiaire de la gamme -conçue pour les forts courants, et premier commercialisé (les CB2, CB6 et, un temps, CB8 ayant suivi), le CB4 a en effet fait l'objet d'une révision portant essentiellement sur des enseignements issus de la mise en œuvre du CB6 dans le Golfe du Mexique il y a plus de 10 ans (accident de la plateforme *Deepwater Horizon*), et des améliorations apportées à celui-ci.

Le principe de base du barrage n'est pas modifié : il s'agit d'un dispositif de chalutage de nappes qui, remorqué en V, permet de concentrer et de séparer grossièrement les hydrocarbures flottants, et d'en stocker un certain volume dans une chambre dont le plancher est équipé d'un système de clapets pour le sous-tirage de l'eau.

L'hydrodynamisme de la partie arrière est un des points d'amélioration, permettant notamment une meilleure tenue et une traînée réduite de l'engin dans les vagues et les courants. Sur la base de tests de performances menés à l'*Ohmsett*, le constructeur annonce un fonctionnement du dispositif jusqu'à des courants de 4,4 nœuds (contre 4 pour le modèle précédent), et un volume de stockage plus important (40 m³ au lieu de 35).

Au titre des modifications inspirées du CB6, on note :

- l'ajout d'un atténuateur de vagues en amont de la chambre de séparation/stockage, ainsi que d'une protection antiéclaboussures à l'arrière de celle-ci, visant à améliorer l'efficacité d'écrémage et de rétention du pétrole flottant ;
- l'évasement des sections (barrages gonflables) servant de bras de confinement, d'un diamètre de 60 cm à l'avant, à 80 cm au niveau de l'avaloir de la partie 'séparateur'.



Vue générale du NOFI CB4, déployé via un paravane (source : NOFI)

La longueur du CB4 et sa largeur potentielle de balayage ont été légèrement augmentées (à 37 et 23 m, respectivement, contre 35 et 22 m précédemment). Il peut être mis en œuvre par un seul navire avec l'aide d'un paravane de type *Boom Vane* standard, configuration pour laquelle est proposée, comme pour le CB6, l'association du système d'allègement *NorMar IPS 3*.



Système d'allègement NorMar IPS 3, avec pompe immergée DOP 160. Noter la gaine correspondant à l'ombilic et à la manche de refoulement (photo de droite) (source : NOFI)



Ce dernier est l'analogue du *NorMar IPS 4*, la pompe immergée (montée sur flotteurs PEHD) étant ici une *DOP 160 (Desmi)*, de débit moyen ($30 \text{ m}^3/\text{h}$) mais capable de gérer des fluides visqueux et, dans une certaine mesure, la présence de débris (vis d'Archimède avec couteaux). Ce nouveau système est, outre, opéré *via* un ombilic monté sur touret hydraulique, pour s'affranchir de la nécessité de moyens de levage²⁰.

Enfin, signalons que *NOFI* et les sociétés *AllMaritim* (Norvège) et *Markleen* (Espagne) se sont associés dans la perspective de diffuser, de façon groupée, leurs équipements en Europe et sur le continent américain notamment.

Pour en savoir plus :

<https://www.allmaritim.com/>

PLANS D'EAU ABRITES

Collecte sélective d'irisations/films résiduels : tête d'écumage à faible débit *SKIMYLEC*

La société d'expertise spécialisée en mécanique des fluides *Ylec Consultants* a développé un dispositif de collecte conçu spécialement pour la récupération, à la surface de l'eau, de films (épaisseur $< 0.1 \text{ mm}$) d'huiles ou d'hydrocarbures pétroliers.

Dénommé *SKIMYLEC*, il s'agit d'une petite tête d'écumage flottante dont l'objectif est de traiter sélectivement des quantités mineures, résiduelles, de polluant en eaux calmes, rendant l'équipement intéressant pour le nettoyage, éventuellement en routine, de plans d'eau de sensibilité particulière (ex : statut de protection, sites labellisés, etc.) motivant le retrait de traces d'hydrocarbures (ports, marinas, lacs...).

Le *SKIMYLEC* est un équipement de structure relativement simple : 3 flotteurs soutiennent une cuve de collecte et de séparation/décantation des huiles récupérées, que coiffe une petite tête d'écumage amovible. Cette dernière fonctionne sur le principe d'un déversoir à seuil, dont les dimensions permettent de cibler la "lame" d'eau superficielle. Cette dernière est attirée vers le déversoir *via* la pompe à faible débit (à alimentation électrique de 12 V) qui, logée au fond de la cuve de séparation, assure également le sous-tirage et l'évacuation en continu, dans le milieu, de l'eau décantée.

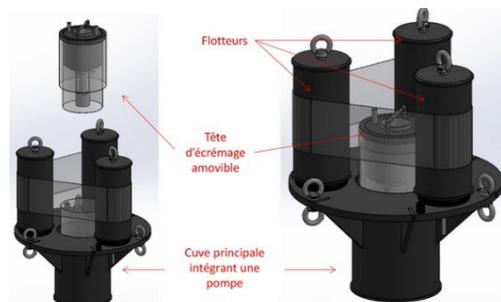


Schéma des divers éléments constitutifs du *SKIMYLEC* (source : www.ylec-consultants.com)



Evaluation visuelle en zone portuaire : constat de l'attraction et d'écumage des irisations (huile de Colza) (source : Cedre)

Les irisations, fortement étalées sur le plan d'eau, se retrouvent donc concentrées dans le surnageant de la cuve de décantation, d'une capacité de 5 litres (pouvant, *grosso modo*, donner lieu à une irisation allant jusqu'à des milliers de m^2). A la fin des opérations, ou en cas de nécessité (remplissage par les hydrocarbures), cette cuve peut être vidangée au moyen d'une simple pompe manuelle (ou, si besoin, par pompage continu). A noter également qu'un filtre amovible (mousse oléophile/hydrophobe réutilisable) peut être installé dans la cuve de décantation pour améliorer la rétention des fluides huileux.

²⁰ (Cette option est aussi maintenant proposée sur le *NorMar IPS 4*, à la différence des premières versions ; Cf. LTML n°49)

Les faibles poids (18kg) et encombrement ($\varnothing=60\text{cm}$; $h=70\text{cm}$) de ce petit écrémeur spécifique en facilitent la manutention et le stockage, ainsi que la mise en œuvre dans des espaces éventuellement restreints (ex : recoins d'infrastructures ; quais, pontons, etc.). Robuste du fait de son architecture simple (pas de pièce mobile) et des matériaux utilisés (PEHD, plexiglas...), sa mise en opération et sa maintenance ne relèvent *a priori* pas d'une technicité particulière.

A noter que le fabricant indique que, en cas de nécessité à travailler à gros débits, il est possible de shunter la cuve/séparateur du SKIMYLEC, et de connecter la tête d'écrémage au séparateur *Turbylec*.

Pour en savoir plus :

<https://www.ylec-consultants.com/skimylec>

Récupérateurs oléophiles Aqua-Guard : ajout des RBS TRITON 10 et 100

Le constructeur *Aqua-Guard* (Canada) a récemment étendu sa gamme de récupérateurs oléophiles modulaires *RBS TRITON* en y ajoutant 2 modèles, les *RBS TRITON 10* et *100* qui conservent les caractéristiques des autres modèles (les 35, 60, 100, 150, 300...), s'agissant d'écrémeurs individuels statiques à modules oléophiles (disques, tambour ou brosses rotatives, à adapter selon la viscosité du pétrole à traiter), rapidement interchangeables *via* un système de goupilles (*i.e.* sans outillage spécifique).

Le *RBS TRITON 10* est un modèle à faible débit ($11 \text{ m}^3/\text{h}$, soit le plus petit de la gamme), affichant un poids de moins de 15 kg et conçu pour être déployable par une seule personne, si nécessaire, pour des opérations de collecte d'hydrocarbures confinés sur des plans d'eaux abrités et de surface restreinte. S'il n'est pas actuellement listé sur le site d'*Aqua-Guard*, le fabricant en a récemment livré plus d'une quinzaine d'exemplaires à la Garde-Côtière Canadienne (CCG), indiquant que ses petites dimensions et poids le rendent, outre à la réponse antipollution, également adapté à des applications industrielles (ex : traitement d'effluents en bassins de décantation), voire à des opérations de traitement de navires en avarie (ex : accès aux soutes à carburants).

Le *RBS TRITON 100* est un modèle à fort débit ($100 \text{ m}^3/\text{h}$). Sa construction est déclinée en acier inoxydable ou en aluminium marine pour, respectivement, des opérations industrielles ou de lutte antipollution en eaux relativement calmes.

Doté d'une pompe intégrée volumétrique à lobes -un type efficace sur hydrocarbures visqueux (et relativement peu sensible aux débris éventuels), il assure à la fois la récupération et le transfert des hydrocarbures.



Aqua-Guard RBS TRITON 100 (modèle industriel, construction inox, avec module à brosses rotatives) (Source : <https://aquaguard.com/>)

Pour en savoir plus :

<https://aquaguard.com/products/type/rbs-triton-skimmers>

Cedre : évaluation du système amovible *Lamor MiniBagger* pour intervention eaux abritées

Dans le cadre de son activité permanente d'évaluation des matériels et techniques de lutte, menée au profit de ses partenaires, notamment de la DGAMPA du Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (MTECT) et de son Pôle National d'Expertise (PNE) des centres POLMAR Terre, le Cedre a été amené à tester les performances du *LAMOR MiniBagger*, système de récupération modulable et amovible pour navires d'opportunité.



En bref, il s'agit d'un bras de confinement rigide (aluminium) permettant une largeur de balayage de 2,5 mètres, associé à un récupérateur oléophile à brosses rotatives en polyéthylène à débit nominal faible (affiché

Bras de balayage et brosse du récupérateur MiniBagger LAMOR (Source : Cedre) entre 6 et 10 m³/heure par le fabricant).

Outre son caractère léger, amovible, l'un des intérêts perçus pour cet équipement en est la possibilité annoncée de mise en œuvre en eaux peu profondes -du fait d'un tirant d'eau réglable, éventuellement à proximité de quais ou de navires grâce à divers accessoires (ex : roue installée en position distale du bras). Le système est à cet égard conçu pour des navires de servitude de petite taille -à partir de 5 m de long. Le groupe hydraulique de l'écumeur est installé en pontée de même que, le cas échéant, la capacité de stockage des fluides collectés²¹.

Les performances du récupérateur (débit, sélectivité, tendance à l'émulsification...) ont été mesurées en configuration statique, selon les procédures prévues par la norme Afnor NF T71-500 en la matière.



Étrier de fixation, sur franc-bord, du MiniBagger (Source : Cedre)



Vue arrière des brosses (sens de rotation « plongeant ») : peigne métallique et bac de collecte (source : Cedre)

L'équipement a été positionné dans une zone d'essai de 17,5 m² délimitée, au moyen de barrages, au sein d'un des bassins du Cedre. Trois types de produits pétroliers -léger, lourd et lourd émulsionné, de viscosités croissantes (respectivement 1,89, 2 393 et 17 600 cSt) ont été déversés, à raison de volumes correspondant à 2 épaisseurs de départ ; les performances ont été évaluées en identifiant, pour ces diverses conditions, les vitesses de rotation optimales des brosses.

Dans les conditions d'essai, la sélectivité du système s'est avérée moins sensible à la viscosité de l'hydrocarbure (avec plus ou moins 60 %) qu'à la diminution de l'épaisseur de nappes (altération « compensable » toutefois, dans une certaine mesure, par ajustement/diminution de la vitesse de rotation des brosses).

Ces 2 paramètres semblent, en revanche (et dans des conditions égales par ailleurs), significativement influencer le débit de collecte : conformes aux valeurs annoncées par le fabricant pour des épaisseurs supérieures à 2,5 cm, en l'occurrence mesurées entre 6 et 9,5 m³/h en fonction de la viscosité, les débits de collecte mesurés se sont avérés en baisse (de 20 à 50 % sur des produits légers, voire de plus de 50 % sur les fiouls visqueux) sur des nappes moins épaisses.

Au bilan, les résultats et appréciations issus de ces tests (ainsi que, en complément, d'évaluations de mise en œuvre *in situ* dans l'estuaire de la Loire) confirment l'intérêt du système, ayant aussi permis d'en préciser les scénarios de mise en œuvre, plus précisément sur des pollutions de faible à moyenne ampleur en eaux peu profondes et/ou affectant des espaces restreints (infrastructures, navires, etc.), et à réserver probablement aux plans d'eaux abrités.

Pour en savoir plus :

<https://lamor-servd.files.svcdn.com/production/general/LAMOR-PRODUCTREEL-2023-updated.pdf?dm=1707399340>

Déversements de gazoles additivés : tests de récupérabilité par écumeur oléophile

Dans le contexte des évolutions récentes en matière de carburants constitués, en partie ou en totalité, de composés renouvelables, et afin d'évaluer et vérifier les performances des équipements de lutte sur ce type de produits, le Cedre a réalisé, à la demande de ses partenaires, des estimations de la récupérabilité d'un gazole B7 (*i.e.* gazole pétrolier, ou B0, additivé d'Ester Méthylique d'Huile Végétale -ou EMVH- à hauteur de 7%) au moyen d'une tête d'écumage oléophile. Ces essais font également suite à des retours d'expérience sur cas réels, notamment celui du déversement accidentel de diesel, survenu au printemps 2016 à Saint-Anne-

²¹ (Noter qu'un système optionnel, non testé ici, est proposé par le fabricant -s'agissant de sacs d'une capacité d'environ 1 m³, disposés dans un cadre en aluminium et connectés à la manche de refoulement.)

sur-Brivet (44)²² et dans le contexte duquel les performances de diverses têtes d'écumage -mécaniques comme oléophiles- avaient été contrariées au gré de l'évolution physico-chimique du gazole additivé.

Dix séries de tests ont été réalisées afin de vérifier et apprécier l'influence du degré de vieillissement du B7 sur sa récupérabilité, sur un carburant frais puis à diverses étapes de son vieillissement, induit après déversement en eau de mer, dans une cuve ouverte et stockée en extérieur sur une durée totale de 68 jours (début d'hiver : novembre-janvier). Le récupérateur choisi consistait en un tambour oléophile cannelé, TDS118G d'Elastec²³, retenu du fait de son efficacité sur des hydrocarbures conventionnels, antérieurement mise en évidence lors d'essais au Cedre.

Une caractérisation physico-chimique préalable du B7 frais (phase liquide homogène, jaunâtre et transparente), d'une part, et vieilli (se séparant en 2 phases, l'une liquide et l'autre de consistance gélatineuse, blanchâtres à jaunâtres), d'autre part, a été réalisée. Le B7 frais et la phase liquide du B7 vieilli présentaient des densités (respectivement 0,835 à 10°C et 0,845 à 11°C) et viscosités équivalentes (respectivement 4,1 cSt à 10°C et 6,5 cSt à 11°C) ; la phase visqueuse affichait 760,7 cSt à 11°C, et une densité de 1,031 à 11°C (très proche de l'eau de mer donc, celle-ci se distribuait en équilibre de densité à l'interface entre la phase liquide surnageante et l'eau de mer). Les 2 phases obtenues selon les conditions de vieillissement n'ont témoigné d'aucun processus d'émulsification (teneur en eau nulle -à l'instar du B7 frais).

Quelles qu'aient été l'épaisseur des nappes et la vitesse de rotation des tambours (comprise entre 36 et 60 tr/min lors de ces évaluations) le débit de récupération s'est avéré très faible (<1 m³/h), sans lien significatif avec la durée de vieillissement du B7, en dépit néanmoins d'une sélectivité généralement satisfaisante (≥80 % de diesel dans les fluides récupérés). La collecte de la phase gélatineuse s'est avérée plus problématique. Sous-jacente à la phase liquide, celle-ci était en grande majorité entraînée sous (puis derrière) le récupérateur, par la rotation (sens « plongeant ») des tambours, sans adhérer à la surface de ces derniers.



Gauche : Aspect visuel de la séparation en phases d'un B7 vieilli à l'air libre durant 68 jours ; Droite : Vue détaillée du racloir du TDS118G ; faible débit de collecte de la phase liquide/huileuse de B7 vieilli et récupération partielle d'agrégats gélatineux (couleur orangée) (Source : Cedre)

L'évolution du gazole B7 constatée au cours de ces évaluations présente une forte analogie avec les observations faites lors de déversements *in situ* (exemple de Sainte-Anne-sur-Brivet). Notamment, la formation d'une phase gélatineuse de densité accrue, moins 'flottante' que le produit frais, semble limiter la récupérabilité de cette partie, au moins, du déversement au moyen du type d'écumeur testé (i.e. récupérateur individuel statique, à élément rotatif oléophile). Suggérée en cas réel, confirmée lors de ces tests (menés en conditions moins « défavorables » qu'en milieu naturel -notamment dulçaquicole- où la charge bactérienne, les matières en suspension, les débris végétaux, etc., peuvent encore complexifier les choses), cette limitation peut imposer, dans un cadre d'intervention, des réflexions en termes de choix de matériels alternatifs ou complémentaires des écumeurs à surfaces oléophiles (tambour, disque) rotatives.

Pour en savoir plus :

Évaluation de la récupération de biodiesel frais et vieilli avec le récupérateur TDS118G (Elastec). Rapport Cedre R.22.28.C/3621.

²² Perçage accidentel du pipeline reliant la raffinerie de Donges (44) au dépôt de Vern-sur-Seiche (35) ; Cf. LTEI n° 26

²³ Associé à la pompe à vis centrifuge E150 et au groupe hydraulique D10 du fabricant

- **Produits**

Soutien au nettoyage littoral : développement et évaluation d'un filmogène CA-CNC (alginate de calcium et nanocristaux de cellulose)

Une équipe de scientifiques nord-américains (Canada et USA) a récemment diffusé les résultats d'une étude qui visait à évaluer l'efficacité d'un nouveau produit filmogène, à base d'alginate de calcium et de nanocristaux de cellulose (*calcium alginate-cellulose nanocrystal*, ou CA-CNC). On rappellera que ce type de produits est pensé en soutien aux opérations de dépollution du littoral, *via* leur épandage sur des substrats -durs en priorité (naturels ou artificiels)- avant que n'y surviennent des arrivages d'hydrocarbures. Une fois séchée, la substance forme un film limitant l'adhérence du pétrole sur les surfaces traitées, empêchant leur souillure ou, au moins, en facilitant le nettoyage (ex : décollement du pétrole par simple rinçage à l'eau froide en basse pression, évitant un recours potentiellement plus agressif à des jets haute-pression, éventuellement en eau chaude).

Des évaluations (i) de la stabilité de cette formulation CA-CNC sur les surfaces traitées, ainsi que (ii) de son efficacité en termes de facilitation de lavage, d'une part, et de protection (caractère oléofuge), d'autre part, ont été menées à petite échelle en laboratoire, en utilisant des lots de sédiments de grain standardisé (graviers fins, de diamètre compris entre 4 et 8 mm), traités ou non avant leur souillure par deux types de polluants (brut *Hibernia* et huile moteur). Les résultats de ces tests ont montré que les nanocristaux de cellulose permettaient l'amélioration notable de la résistance du produit à l'action érosive des alternances de marées. En outre, la qualité « oléofuge » des graviers traités s'est avérée indépendante de l'intensité de leur exposition (durée et/ou concentration) aux polluants utilisés, laquelle n'a eu pratiquement aucun effet sur la quantité d'huile adhérent aux surfaces.

Ont également été menés des tests de performance en mésocosmes simulant, en conditions contrôlées, des alternances de cycles marégraphiques ; les mêmes graviers fins, pollués avec ou sans traitement préalable de produit filmogène, étaient utilisés en guise de plage artificielle. Ces essais ont confirmé le caractère significativement oléofuge des substrats traités : l'épandage préalable du filmogène a en effet résulté (i) en une atténuation nette de leur souillure, en surface comme en sub-surface, et (ii) en corollaire en une part plus importante de pollution libre (flottante) en fin d'expérimentations.

L'analyse de tests éco toxicologiques (expositions expérimentales d'algues *Chlamydomonas reinhardtii* aux polluants, en présence de concentrations croissantes de CA-CNC) est par ailleurs venue suggérer que le filmogène CA-CNC avait permis d'atténuer la survenance d'impacts toxiques des composés pétroliers vis-à-vis des algues.

Les auteurs concluent, à partir de l'ensemble des résultats de l'étude, à un potentiel intéressant de l'épandage préventif de ce filmogène CA-CNC, comme technique de protection et de facilitation du nettoyage de littoraux sensibles. Ces conclusions ne sont pas sans évoquer celles issues d'évaluations, menées il y a une trentaine d'années par le Cedre, de l'efficacité et de l'impact écologique potentiel d'un produit filmogène biodégradable, composé de polysaccharides d'origine végétale (alginates, pectines...)²⁴. Les résultats avaient établi la bonne tenue du film à l'action de la mer, le potentiel du produit pour faciliter le nettoyage de certains substrats souillés, et son innocuité dans les conditions d'application. Malgré cela, cette technique d'accompagnement –ou anticipatrice- du nettoyage est demeurée plutôt inusitée, probablement du fait de son coût potentiel et de sa faisabilité d'une mise en œuvre à grande échelle (i.e. autre que localement et sur une durée limitée, dans des contextes spécifiques de risque imminent d'arrivages sur des sites ou structures à fort enjeu –écologique, patrimonial/culturel, etc.).

Pour en savoir plus :

²⁴ A l'époque dénommé *ELF Filmogène* (développé par la société ELF). Cf. Basseres A., Leroy L.M. & Kerambrun L., 1997. Application and impact of the film-forming product used to protect coastal shorelines. *Proceedings of SPE/UKOOA European Environment Conference*, Aberdeen, United Kingdom, April 1997, pp 111-116.

Bi H., Mulligan C.N., An C., Owens E., Taylor E., McCourt J., Yin J., Feng Q., Chen X. & Yue R., 2022. [Development of a calcium alginate-cellulose nanocrystal-based coating to reduce the impact of oil spills on shorelines](#). *Journal of Hazardous Materials*, **436**, 129228.

Toxicité comparée des agents repousseurs pour l'environnement aquatique

L'US EPA, en collaboration avec divers bureaux d'études, a publié les résultats d'une étude visant à approfondir les connaissances en matière de toxicité potentielle des 2 seuls agents repousseurs (*herders*) actuellement inscrits sur ses listes de produits de lutte ayant « passé » avec succès les tests d'efficacité et de faible toxicité²⁵: le *ThickSlick 6535* et le *Sil-Tech OP-40* (tous deux fabriqués par *DESMI*). Comme le plus souvent concernant les produits de lutte, les données de toxicité ayant permis cette inscription sont relatives à des modèles biologiques répandus, soit les 2 espèces d'eaux saumâtres/estuariennes *Americamysis bahia* (crustacé) et *Menidia beryllina* (poisson). Le peu de références supplémentaires disponibles dans la littérature concernant ces produits a motivé la présente étude, qui s'est attachée à en évaluer la toxicité sur 5 espèces, marines et dulçaquicoles, couvrant un spectre de 4 taxons : poissons, crustacés, échinodermes et micro-algues.

Des évaluations des effets aigus ont ainsi été menées, outre sur *A. bahia* et *M. beryllina*, sur les espèces d'eaux douces *Ceriodaphnia dubia* (Crustacé) et *Pimephales promelas* (Poisson), et des tests d'effets sublétaux sur l'échinoderme *Arbacia punctulata* (développement larvaire) et les algues unicellulaires *Raphidocelis subcapitata* et *Dunaliella tertiolecta* (tests d'inhibition de croissance pour ces espèces, respectivement, dulçaquicole et marine). Les données obtenues, ainsi que d'autres identifiées dans la littérature, ont été traitées par la méthode d'extrapolation statistique dite *SSD (Species Sensitivity Distribution)* visant à estimer, pour les substances étudiées, les seuils de concentration sans danger pour les organismes.

Globalement, les concentrations efficaces (CE₅₀) ou létales (CL₅₀) médianes, selon les tests réalisés, ont indiqué une toxicité potentielle du *Siltech* supérieure à celle du *ThickSlick*, les valeurs extrapolées de HC5 (Concentrations Dangereuses pour 5% des espèces) étant situées entre 0,64 et 1,1 ppm pour le premier, et entre 3,3 et 3,6 ppm pour le second. Ces résultats, qui viennent renforcer les connaissances existantes concernant la toxicité potentielle des repousseurs, sont discutées par les auteurs ; ils sont entre autres comparés aux quelques données disponibles quant aux concentrations mesurées in situ (lors d'épandages efficaces). En l'occurrence, ces dernières se sont avérées bien inférieures aux valeurs des HC5 (n'ayant pas dépassé 0,02 ppm pour le *Siltech* et 0.01 ppm pour le *ThickSlick*).

Pour en savoir plus :

Alloy M.M., Sundaravadivelu D., Moso E., Meyer P. & Barron M.G., 2022. [Comparative Toxicity of Oil Spill Herding Agents to Aquatic Species](#). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 41 (5), pp. 1311–1318.

- **Brûlage contrôlé *in situ***

Evaluations de principes divers d'application du concept « *Burning Tongue* »

Dans le contexte des opérations de brûlage *in situ* mises en œuvre suite à la pollution de *Deepwater Horizon* (Golfe du Mexique, 2010), les opérationnels avaient rencontré des difficultés logistiques et opérationnelles liées, outre à leur fourniture, à un déploiement et une maintenance relativement complexes des barrages anti-feu. De plus, ces derniers ne dépassaient pas indemnes le cap d'une dizaine de brûlages -ce pour les meilleurs modèles et selon la durée/intensité du feu.

Ce retour d'expérience a, il y a quelques années, motivé *ExxonMobil Upstream Research Company* à ré-évaluer le concept (né dans les années 80s) de concentration de nappes flottantes par chalutage dynamique de barrages flottants conventionnels, et non pas spécifiquement anti-feu, dont le fond est muni d'une ouverture

²⁵ N.B. : le caractère concluant des tests d'efficacité et de toxicité ne préfigurant pas des performances des produits en conditions réelles, cette inscription n'équivaut pas à une autorisation d'épandage dans le milieu naturel.

au niveau de laquelle est mise à feu la nappe d'hydrocarbure épaissie. L'un des bénéfices recherchés *via* cette modalité, visant à brûler la traînée de pétrole s'échappant de l'arrière du système de confinement dynamique (d'où la dénomination de « langue de feu », *Burning Tongue*, donnée au concept), est bien celui d'une mise en œuvre relativement rapide. Plus encore, des évaluations réalisées dans les bassins de l'Ohmsett suggèrent un brûlage d'autant plus efficace selon cette procédure durant laquelle, semble-t-il, les phénomènes physiques de convergence (turbulence) créés par l'étranglement du point d'échappement participent, naturellement, au maintien de l'épaisseur des traînées de pétrole²⁶.

Les résultats de cette étude, à échelle pilote, de faisabilité du concept ont été publiés récemment et font état d'un potentiel jugé intéressant par *ExxonMobil* : dans le bassin à vagues de l'Ohmsett, le chalutage d'une nappe expérimentale de pétrole brut, au moyen d'un barrage conventionnel moyen (jupe de 30 cm de hauteur) formant une poche de confinement au fond de laquelle était ménagée une ouverture de 15 cm de large, a permis la création d'une traînée de pétrole de 35 m de long et d'une épaisseur moyenne d'environ 4 mm (suffisant largement pour l'ignition). Une analyse en mécanique des fluides numérique (ou modélisation *CFD*) est présentée pour étayer la possibilité de mener l'opération *in situ*.

Plus récemment, l'Agence *BSEE* a entrepris des recherches analogues, en cela qu'elles visent aussi à chaluter et créer une « traînée » de pétrole épaissi pour en optimiser le brûlage, mais s'appuyant sur un dispositif (i) de barrages spécifiques anti-feu et (ii) fermé (i.e., sans 'échappement', hors de la poche de confinement, de la nappe mise à feu) :

- Des prototypes visant à cette procédure, dite de « *Restricted Burning Tongue* », ont été développés (en partenariat avec *Elastec*) et leurs performances, en termes de confinement et d'épaississement d'hydrocarbures flottants, testées sans mise à feu dans les bassins de l'Ohmsett à la fin 2022. *Grosso modo*, ce prototype consiste en 2 bras de confinement (constitués de 2 sections de *PyroBoom Desmi*) acheminant le pétrole vers une chambre de « concentration/épaississement », munie d'une porte permettant de libérer la nappe épaissie dans la zone de brûlage, positionnée à l'arrière du dispositif ; d'une géométrie (*L x l*) optimisée sur la base d'études antérieures, cette dernière est délimitée par un barrage de type *American FireBoom (Elastec)* ;

Les avancées de ce projet *BSEE* ont fait l'objet d'un rapport publié en 2023.

- Des tests avec brûlage de nappes ont, ensuite, été réalisés dans les installations du *CRREL (Cold Regions Research and Engineering Laboratory)*. Les évaluateurs ont estimé que ce dispositif permettait une bonne efficacité de brûlage, présentait une certaine durabilité/résistance (6 brûlages expérimentaux ont été réalisés) et offrait la possibilité, par ailleurs, de collecter les résidus imbrûlés (dans le cas présent au moyen d'un récupérateur mécanique à bande transporteuse de type *Marco FilterBelt*).



Vue du prototype *Restricted Burning Tongue*. Noter, entre les bras concentrateurs (*PyroBoom Desmi*) et la zone de brûlage (matérialisée par le barrage *FireBoom*, en jaune), le dispositif d'épaississement de nappes muni d'une « porte » (Source : *BSEE*)



Les avancées de ce projet *BSEE* ont fait l'objet d'un rapport publié en 2023.

Ci-contre : évaluation de la faisabilité de collecte de résidus imbrûlés visqueux au moyen d'un récupérateur individuel mécanique à bande transporteuse (Source : *BSEE*)

Pour en savoir plus :

Approche « *Burning Tongue* » :

²⁶ Plusieurs mm, durant plus de 3 minutes après leur sortie du système.

Zhao L., Daskiran C., Mitchell D.A., Panetta P.D., Boufadel M.C. & Nedwed T.J., 2022. [Proof of concept study for in-situ burn application using conventional containment booms – Design of Burning Tongue](#). *Journal of Hazardous Materials*, **439**, 129403.

Approche « Restricted Burning Tongue » :

Mosier S, 2023. [Development of a restricted burning tongue technique](#). Final Report; OSRR # 1134. Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE) Contract No.: 140E0121P0018. 47 pp.

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.).

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.

Les articles contenus dans la rubrique « Accidents » sont rédigés à partir d'informations provenant de sources variées, diffusées sur support papier ou informatisé (revues et ouvrages spécialisés, presse spécialisée ou généraliste, conférences techniques/scientifiques, rapports d'études, communiqués d'agences de presse ou institutionnelles, etc.). Lorsqu'un site Internet ou un document particulièrement riche en informations pertinentes est identifié, celui-ci est explicitement signalé en fin d'article par la mention « Pour en savoir plus ».