



**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 Mer- Littoral n°50

2019-2

Sommaire

• Accidents	2
Déversement de bauxite et pollution particulière en eaux littorales (île Rennell, Salomon).....	2
Pollution en eaux côtières par éruption de puits : <i>Pertamina YYA-1</i> (Mer de Java, Indonésie).....	2
Perte en mer de minerai de nickel et de fioul de soute suite au naufrage d'un vraquier (<i>Nur Allya</i> , Indonésie).....	3
Déversement en milieu littoral d'eaux chargées en métaux lourds (usine <i>Ramu Nickel</i> , Papouasie-Nouvelle-Guinée).....	4
Renversement d'une barge et déversement de nickel dans un lagon (Poum, Nouvelle Calédonie)	4
Second semestre 2019 : pollution orpheline d'ampleur au Brésil.....	4
Fuite de brut à partir d'une installation <i>offshore</i> (champ Abouzar, Golfe Persique, Iran)	5
Fuite ponctuelle à partir d'une plateforme en Mer du Nord (<i>Statjord A</i> , Norvège).....	5
• Synthèse des pollutions accidentelles survenues dans le monde en 2019	6
Déversements d'hydrocarbures et d'autres substances dangereuses, toutes origines confondues (analyse Cedre)	6
• Volumes déversés.....	6
• Localisation des déversements	8
• Evènements à la source des déversements	8
• Cause des déversements.....	9
• Produits déversés	10
• Statistiques	10
Déversements d'hydrocarbures à partir de navires citernes en 2019 : statistiques <i>ITOPF</i>	10
<i>HELCOM</i> : observations aériennes et rapports de pollutions en Mer Baltique en 2018	11
• Préparation à l'intervention / stratégies (internationales)	12
Suède : extension du réseau de stocks de matériels de lutte et conférences nationales.....	12
• Détection	12
Détection et caractérisation d'hydrocarbures en mer à l'aide de la télédétection : travaux des agences fédérales américaines	12
UAVs pour la détection d'hydrocarbures en eaux froides/arctiques : autonomie et nouveaux capteurs	14
Documents <i>GoMRI/Sea Grant</i> : moyens de déploiement de capteurs en mer suite à l'accident de <i>Deepwater Horizon</i>	15
• Déchets/débris flottants	16
Arrivages de sargasses en régions tropicales : le dispositif <i>Desmi Seaweed Solution</i>	16
• Confinement	16
Efficacité du confinement : approche modélisatrice du comportement de barrages flottants	16
• Récupération	17
Eaux semi-abritées : tête d'écumage compacte <i>Aqua-Guard RBS TRITON 20</i>	17
Intervention en eaux littorales : embarcations <i>LSC</i> à faible tirant d'eau et version compacte du collecteur de bordé <i>LSC (Lamor)</i>	18
• Réponse sur l'eau : moyens annexes	19
Pollution par hydrocarbures en eaux littorales et portuaires : recherche de moyens de lutte auxiliaires télé-opérés	19
• Produits	20
Absorbants réutilisables : mousse polyuréthane <i>Foam Flex (Test1)</i>	20
Cedre : validation d'absorbants flottants hydrophobes.....	20
• Recherche	21
Soutien aux opérations en mer : du potentiel de l'épandage d'agents chimiques	21
• Impacts	22
Potentiel d'atténuation naturelle : boulettes d'hydrocarbures enfouies et plages exposées.....	22
Soins à la faune : efficacité des mesures de soins chez un Sphéniscidé suite à la pollution du <i>Rena</i> (Nouvelle Zélande, 2011)	23

- **Accidents**

Déversement de bauxite et pollution particulaire en eaux littorales (île Rennell, Salomon)

Début juillet 2019, un déversement de bauxite se produisait en baie de Kangava, sur l'île de Rennell (Îles Salomon), non loin du site d'échouage du vraquier *Solomon trader* qui, en début d'année, avait causé la fuite d'environ 80 tonnes de fioul lourd dans l'environnement littoral (Cf. LTML n° 49).

Environ 5 000 tonnes du minerai (utilisé dans la production d'aluminium) ont été déversées dans l'eau littorale, pour une cause non précisée dans nos sources d'informations, lors d'opérations de chargement d'une barge au niveau d'un poste opéré par *Bintan Mining Solomon Islands*, filiale d'une société minière indonésienne.

Si le cas du *Solomon Trader*, en février 2019, relevait d'une pollution ponctuelle par hydrocarbures, ce nouveau déversement accidentel est quant à lui venu s'inscrire dans une problématique d'apports chroniques de matière particulaire dans l'environnement littoral. Liés à l'activité minière locale, notamment au niveau du poste de chargement, ils soulèvent en effet la question d'un risque potentiel d'impact à long terme, d'autant plus du fait de la proximité du site de *Rennell Est*, inscrit depuis 2013 à la liste *UNESCO* du patrimoine mondial en péril (laquelle compte 52 sites à ce jour). Les menaces identifiées sur l'île de Renell, issues de l'exploitation minière et forestière notamment (mais aussi de la surpêche), concernent en l'occurrence les terres et le récif corallien littoral.

Pollution en eaux côtières par éruption de puits : Pertamina YYA-1 (Mer de Java, Indonésie)

Le 12 Juillet 2019, sur le champ pétrolier *Offshore North West Java (ONWJ ; Mer de Java, Indonésie)* opéré par la compagnie pétrolière d'État indonésienne *Pertamina*, une éruption de gaz (« *gas well-kick* ») durant des opérations de forage (puits *YYA-1*) a causé une fuite sous-marine de pétrole brut à quelques kilomètres au large des côtes de la Province du Java Occidental. S'en sont bientôt suivies des remontées d'hydrocarbures visibles en surface qui, dans les jours suivants (l'urgence sera déclarée par *Pertamina* le 15 juillet, soit à j_{+3}), ont généré des arrivages qui ont touché, progressivement, le littoral de plusieurs îles septentrionales du Territoire Spécial de Jakarta ainsi que de la Province du Java Occidental.

Rapidement, et tandis qu'un centre de gestion de crise est établi à Karawang (Province du Java Occidental, incluant aussi des représentants du Territoire de Jakarta), des opérations de contrôle à la source, par forage de puits de dérivation (jusqu'à environ 2 700 m de profondeur) et colmatage par injection de boues, sont planifiées puis initiées au tout début août, confiées à la réalisation d'une société spécialisée américaine (*Boots & Coots*) mandatée par *Pertamina*

D'emblée, la société pétrolière fait savoir qu'elle estime à 10 semaines environ, à compter de la déclaration d'urgence, le délai nécessaire au colmatage de la fuite. C'est, de fait, le 23 septembre 2019 que le gouvernement indonésien annoncera la fuite stoppée, grâce au forage du puits de dérivation, avec le colmatage final du puits prévu la semaine suivante.

Parallèlement aux opérations de maîtrise de la fuite, *Pertamina* mobilise plus d'une vingtaine de navires divers pour les différents volets de la réponse en mer : reconnaissance de l'extension de la pollution en mer, lutte en cas d'éventuel incendie à proximité du puits, et confinement/récupération des nappes flottantes au plus près du site de la fuite.

Peu détaillée dans nos sources d'information, la réponse sur l'eau a aussi vu la participation d'intervenants et d'équipements de récupération d'*OSRL*¹, aux côtés de ceux engagés par la compagnie indonésienne (incluant plus de 4 500 m de barrage flottant autour de la zone de remontées, et plusieurs récupérateurs à fort débit).

Dans le même temps, des tentatives de protection sont mises en œuvre en frange littorale, consistant en barrages flottants et filets de pêche tendus entre des piquets. Durant les semaines nécessaires à l'obturation du puits, la lutte à terre mobilisera des centaines d'intervenants (dont des pêcheurs indemnisés, sans activité du fait de la pollution).

¹ Dont un récupérateur *Giant Octopus (DESMI)* et un système de surface *Scan-Trawl (DESMI)* également

Ces derniers ont contribué à la réalisation de nombreux chantiers de ramassage des arrivages de brut, d'intensité et de forme variable (galettes, plaques, parfois en festons déposés sur les plages), selon des méthodes essentiellement manuelles, semble-t-il, et sous la coordination de personnels militaires.

Au terme du mois de juillet, *Pertamina* indiquait avoir, à ce stade, mobilisé d'importants moyens incluant une trentaine de navires, 3 500 m de barrages de haute mer, ainsi que 3 000 m de barrages et 700 m de filets de pêche déployés en protection du littoral. La compagnie estimait alors le débit de fuite de pétrole à environ 475 m³/jour, décroissant au cours des semaines suivantes (<100 m³/jour vers la mi-septembre), pour un volume déversé en mer estimé à environ 17 200 m³ à t₊₃₆ jours (soit à la mi-août ; nous n'avons pas identifié de données quant à une estimation finale).

Fin septembre, lors de l'arrêt de la fuite, il a été indiqué que 6 700 m³ de brut (42 000 barils) avaient été récupérés en mer, et quelque « 5,7 millions de sacs de solides souillés » collectés suite au nettoyage du littoral (dont le gouvernement indonésien n'excluait pas qu'il puisse durer jusqu'au printemps 2020).

Objet d'une enquête, la cause de l'accident ne nous est pas connue. Celui-ci est survenu dans une région d'exploitation de ressources côtières/littorales (ex : pêche, aquaculture, paludiers, ...), et *Pertamina* a indiqué s'être engagé à indemniser les riverains concernés par les dommages causés par le déversement (arrêt d'activité et pertes de revenus associées) et a, par exemple pour la subdivision administrative (*kabupaten*) de Karawang, agréé à l'indemnisation de milliers de personnes, principalement des pêcheurs.

Perte en mer de minerai de nickel et de fioul de soute suite au naufrage d'un vraquier (*Nur Allya*, Indonésie)

Le 20 août 2019, le vraquier *Nur Allya* (189 m pour 52 378 TPL ; construit en 2002 ; pavillon indonésien), disparaissait en mer à environ 80 km au large de la côte nord-est de l'île de Buru (soit dans l'est indonésien) après avoir émis un signal de détresse. Cette perte du navire, et de ses 25 membres d'équipage, s'est produite alors qu'il faisait route vers la Province du Sulawesi du Sud-Est, avec une cargaison de minerai de nickel. Si la cause du naufrage n'a pas été clairement établie ni confirmée, son lien avec un phénomène de liquéfaction du minerai de nickel, ayant entraîné la perte de stabilité du vraquier, est suspecté².

Coordonnées à partir d'Ambon (capitale de la province des Moluques), des opérations prioritaires de sauvetage et de recherche (SAR) ont immédiatement été lancées autour de la dernière position connue du navire (dont l'épave restait à localiser), dans des conditions météorologiques défavorables ayant nécessité leur interruption. Elles se sont avérées infructueuses.

Impliquant plusieurs moyens de reconnaissances et de détection, maritimes et aériens, ces opérations ont conduit à suspecter des fuites d'hydrocarbures, dont la présence à la surface de l'eau a été rapportée sur zone à partir du 21 août, puis *via* des observations satellites durant le mois suivant. Une dizaine de jours environ après le naufrage, des équipes SAR découvrent des arrivages de fioul et une embarcation de sauvetage endommagée près de l'île d'Obi. L'analyse d'échantillons de l'hydrocarbure en indique la similitude avec le carburant contenu dans les soutes du *Nur Allya*, dès lors considéré comme source probable d'une fuite d'hydrocarbures en cours, en plus de la perte du minerai de nickel. Outre la présence du canot de sauvetage, l'hypothèse sera bientôt renforcée par les prévisions de dérive de modèles numériques, calculées d'après les positions géographiques des plaques et nappes de fioul observées en mer.

A notre connaissance, aucune information détaillée relative à d'éventuelles opérations soutenues de lutte antipollution, en mer ou à terre, n'a été diffusée. Signalons toutefois, lors de la tenue, du 2 au 4 octobre 2019 à Southampton (Royaume-Uni), de la 8^{ème} édition de l'*Industry Technical Advisory Committee (ITAC)*, qu'un représentant d'*ITOPF* a évoqué la mobilisation alors récente (courant septembre) de l'organisme-expert sur place, pour des missions de reconnaissances des littoraux insulaires affectés par les arrivages de fioul (discontinus, sous forme de boulettes, plaques, etc.) et des recommandations techniques en matière de nettoyage – sachant que les estrans touchés, incluant plages sédimentaires et criques rocheuses éloignées, apparaissaient n'offrir que

² Rappelons que, selon le groupe INTERCARGO, ce type d'altération de cargaison (liquéfaction du minerai, due à une humidité excessive) est connu pour avoir causé 9 naufrages de vraquiers entre 2012 et 2018, et la perte d'une centaine de personnels navigants. Six de ces cas ont impliqué des vraquiers transportant du minerai de nickel indonésien.

peu d'accès à d'éventuels intervenants et équipements de lutte.

Au-delà, les suites éventuelles (nombre et durée des chantiers, bilans de collecte, organisation, etc.) n'ont pas été communiquées plus avant dans nos sources d'informations. On en retiendra néanmoins un certain nombre de difficultés opérationnelles pressenties, s'agissant d'archipels reculés et dépourvus de ressources logistiques locales (expertise, main d'œuvre, infrastructures, stockage/transports, etc.).

C'est au début octobre 2019 que l'épave du *Nur Allya* a été localisée, au large de l'île de Buru, au terme d'investigations menées sous l'autorité de la Commission nationale indonésienne de la sécurité des transports. Peu d'informations ont été diffusées sur l'expertise éventuelle de celle-ci, par exemple quant à l'état et au contenu de ses soutes, ou au volume potentiel de fioul déversé (comme, du reste, au tonnage de la cargaison de minerai de nickel lors de l'accident).

Déversement en milieu littoral d'eaux chargées en métaux lourds (usine *Ramu Nickel*, Papouasie-Nouvelle-Guinée)

Le 24 août 2019 dans la Province de Madang en Papouasie-Nouvelle-Guinée, un déversement d'eaux de process chargées en métaux lourds est survenu au sein d'une usine de la société *Ramu Nickel* (détenue par la *Metallurgical Corporation of China*), site de production de sulfates de nickel (utilisés pour la fabrication de batteries pour véhicules électriques). Causée par la défaillance d'une pompe, la fuite a été estimée à 200 m³ et n'aurait que partiellement été retenue dans l'enceinte de l'installation. Quatre-vingt mètres cubes d'eaux chargées se seraient ainsi écoulées jusqu'aux eaux littorales de la Baie de Basamuk, proche de l'usine.

Nous n'avons pas identifié d'information sur la réponse éventuelle à cette pollution des eaux par métaux lourds (eaux chargées en aluminium, fer, scandium, magnésium, cobalt, cadmium, zinc, chrome, ...), sinon qu'un suivi de la contamination de l'environnement littoral concerné a été diligenté par le *Conservation Environment Protection Authority (CEPA)*, à la demande du Ministère de l'Environnement de Papouasie-Nouvelle-Guinée. Selon les résultats de cette évaluation, les taux de métaux lourds ciblés ne diffèreraient pas significativement des valeurs mesurées antérieurement à l'accident (en l'occurrence en juillet 2019, dans le cadre du suivi réglementaire des rejets), considérées comme conformes aux normes admises³. Une conclusion semble-t-il contestée par le gouvernement de la Province de Mandang, sur la base d'une autre étude commandée par lui.

Renversement d'une barge et déversement de nickel dans un lagon (Poum, Nouvelle Calédonie)

Le 6 septembre 2019, dans la baie de Tanlé en Nouvelle-Calédonie, le renversement d'une barge de la *Société de Navigation, de Roulage et d'Exploitation (Sonarep)*, lors d'opérations de chargement d'un minéralier pour le compte de la *Société Le Nickel (SLN)*, a causé le déversement d'environ 300 tonnes de minerai de nickel dans le lagon de Poum. D'une cause non clairement précisée dans les sources d'information disponibles, la perte de stabilité et le retournement de l'embarcation (alors en remorque entre le quai de chargement et le vraquier supposé recevoir la cargaison, destinée à la Chine) aurait résulté d'une voie d'eau.

Les 4 personnes se trouvant à bord de la barge ont pu sauter à l'eau avant le naufrage, et aucune victime n'a été à déplorer. Le déversement de minerai n'aurait été notifié aux autorités de la Province Nord que 4 jours après la survenance de l'accident. Celle-ci a indiqué son souhait que la cargaison soit « récupérée en urgence par l'opérateur afin de protéger l'environnement marin, avant que les conditions météo ne dispersent les boues de minerai dans le lagon ».

Second semestre 2019 : pollution orpheline d'ampleur au Brésil

Si la source et la cause n'en sont pas connues à l'heure actuelle, mentionnons la pollution du littoral du nord-est brésilien où, du mois d'août à la fin de l'année 2019, des arrivages répétés d'un hydrocarbure visqueux se sont produits, avec une intensité variable, au sein d'un linéaire qui atteignait, fin novembre, de l'ordre de 3 000 km distribués entre 11 États côtiers.

³ Pour plus d'informations quant aux détails de ce suivi coordonné par le CEPA, Cf. <https://emtv.com.pg/basamuk-bay-cepa-says-no-effects-from-spillage/>

Elle a nécessité de longues opérations de collecte du polluant à terre, menées à divers niveaux de l'organisation territoriale, impliquant en général l'agence brésilienne pour l'environnement *IBAMA*, la marine et l'armée brésiliennes, diverses collectivités locales, de nombreux bénévoles, et le soutien de la compagnie pétrolière publique *Petrobras*.

Si au début 2020 la source et l'évènement à l'origine de cette pollution sont toujours non identifiés, l'*IBAMA* a indiqué que l'hydrocarbure collecté serait un pétrole brut dont des analyses chimiques rendraient exclu qu'il soit produit au Brésil.



Vue d'arrivages sur une plage du nord-est du Brésil (Source : ITOPF)

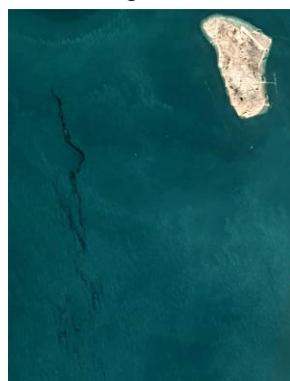
Dès lors, l'hypothèse prévalente retenue par les autorités brésiliennes est celle d'un rejet – accidentel ou non, la question est également ouverte - à partir d'un pétrolier ayant croisé au large des côtes nationales. A notre connaissance, aucun navire citerne connu comme ayant navigué dans les zones marines potentielles préalablement aux arrivages (zones dont une tentative de délimitation a été réalisée *via* des simulations de dérive « à rebours » à partir de modèles numériques) n'a, à ce jour, été positivement identifié comme étant à l'origine de cette pollution.

Enfin, notons à titre indicatif que, à défaut d'un chiffre officiel (ou, plus largement, de communiqués ou comptes rendus publics émanant de sources officielles), plusieurs sources de presse ont fait écho d'un bilan de collecte d'environ 5 000 tonnes de déchets solides souillés à la fin novembre.

Fuite de brut à partir d'une installation offshore (champ Abouzar, Golfe Persique, Iran)

Le 26 novembre 2019, l'*Iranian Ports and Maritime Organization (PMO)* confirmait la survenance d'une fuite de pétrole brut d'ampleur, sur le champ Abouzar – soit le plus important champ pétrolier offshore iranien – à 13 km environ au large de l'île de Kharg (où sont situés parmi les principaux terminaux de chargement pour l'exportation de pétrole d'Iran) dans le Golfe Persique.

Cette confirmation officielle a fait suite à la publication en ligne, par l'organisation [TankerTrackers](https://www.tankertrackers.com), d'une image satellite de la pollution en mer.



Source : tankertrackers.com

A ce stade, le déversement, qui se serait produit 4 jours plus tôt à partir d'une ligne de transfert sur une plateforme offshore (opérée par la *National Iranian Offshore Oil Company, NIOOC*), s'étendait en mer sur une vingtaine de km de long selon les autorités iraniennes.

L'évènement et la cause à l'origine de cette fuite n'ont pas été détaillés, pas plus que son volume. On notera néanmoins que ce dernier s'est avéré suffisamment conséquent pour motiver la mobilisation de moyens d'intervention en mer au niveau national, selon des déclarations de *PMO* aux médias d'Etat⁴. Quatre navires ont ainsi été dépêchés sur zone pour y réaliser des opérations d'épandage de dispersants chimiques sur les nappes de pétrole. Nous n'avons pas connaissance d'informations ou de détails plus avant quant à cette pollution.

Fuite ponctuelle à partir d'une plateforme en Mer du Nord (Statfjord A, Norvège)

Le 26 novembre 2019, dans les eaux norvégiennes, une fuite de pétrole brut s'est produite à partir de la plateforme offshore *Statfjord A* opérée en Mer du Nord par la compagnie *Equinor*. La *Petroleum Safety Authority (PSA)* de Norvège a ouvert une enquête pour identifier les causes du déversement, dont l'origine se serait située au niveau d'un accumulateur (*storage cell*) localisé dans la structure gravitaire en béton (GBS, Gravity Based Structure) de l'installation.

Détectée *via* le constat de remontées de brut à la surface, la fuite a été rapidement stoppée, puis estimée à un volume compris entre 40 et 80 m³. Probablement en raison de son ampleur somme toute limitée, et de sa survenance en eaux ouvertes, à distance des côtes, cette pollution ne semble pas avoir nécessité de réponse en mer d'ampleur.

⁴ *Islamic Republic News Agency (IRNA)*, à laquelle *PMO* aurait également indiqué que « *ni PMO ni la NIOOC (...) ne seraient en mesure de contenir complètement la fuite sur leur site* ».

• Synthèse des pollutions accidentelles survenues dans le monde en 2019

Cette analyse est réalisée à partir de l'inventaire des accidents survenus en 2019 répertoriés par le Cedre, ayant entraîné un déversement estimé supérieur à une quantité de l'ordre d'environ 10 tonnes, d'une part, et suffisamment renseignés, d'autre part. Pour un certain nombre d'évènements cependant, les volumes déversés, bien qu'excédant manifestement la dizaine de tonnes à la lecture des informations disponibles, ne sont pas connus ou n'ont pas été précisés dans nos sources d'informations. Ces lacunes et imprécisions limitent indubitablement l'interprétation des résultats présentée ci-après.

Déversements d'hydrocarbures et d'autres substances dangereuses, toutes origines confondues (analyse Cedre)

• Volumes déversés

En 2019, le Cedre a recensé 26 accidents ayant entraîné des déversements de polluants d'ampleur estimée supérieure ou égale à 10 m³ environ, d'une part, et suffisamment renseignés pour faire l'objet d'une exploitation statistique, d'autre part. Une moitié d'entre eux se sont produits en mer, et un peu moins d'un tiers en eaux estuariennes (31 %). Environ 15 % de ces cas significatifs sont survenus en eaux littorales, et 4 % seulement en eaux portuaires (fig. 1).

Comme en 2018, le nombre d'évènements d'ampleur significative recensés en 2019 est légèrement inférieur à la médiane estimée à partir des valeurs calculées de façon analogue, depuis 2004 (30/an pour la période 2004-2018) ou depuis le début de la décennie 2010 (32/an pour la période 2010-2018). L'année 2019 ne se démarque donc pas notablement des années antérieures en termes d'occurrence de ces déversements accidentels.

La quantité déversée d'hydrocarbures et autres substances dangereuses, avec un cumul de l'ordre de 7 700 tonnes (fig. 3), est quant à elle l'une des moins élevées estimées selon la même approche depuis 2004. Elle est, de fait, très nettement inférieure à la valeur médiane calculée sur les 15 années antérieures (de l'ordre de 30 000 tonnes entre 2004 et 2018). Néanmoins, il faut mentionner que la valeur peu élevée, en l'état, du bilan 2019 est en large partie le résultat d'une sous-estimation liée au caractère lacunaire des données de volumes portées à notre connaissance⁵. A cet égard, 2 cas sont à signaler en particulier :

- nous n'avons pas connaissance de l'estimation finale du volume de brut déversé en mer suite à l'éruption d'un puits *offshore* en juillet 2019 en Indonésie (*Cf. supra*), sinon qu'elle avoisinait les 18 000 m³, ceci un mois environ après le début de la fuite (et un peu plus d'un mois avant sa maîtrise) ;
- le tonnage de minerai de nickel constituant la cargaison du vraquier *Nur Allya* (jauge brute de plus de 30 000 tonneaux), au moment du naufrage de ce dernier en août dans les eaux marines indonésiennes, ne nous est pas connu.

Ces sources d'incertitudes sont donc à considérer dans la lecture et l'interprétation des graphiques de la présente analyse, qu'elles pénalisent indubitablement.

Sur la base des accidents pour lesquels une information quantitative est disponible (à l'exclusion notable, donc, des 2 mentionnés précédemment), la valeur médiane des quantités déversées indique une distribution des autres cas recensés en 2019 autour d'environ 80 m³, soit une ampleur relativement modérée.

⁵ Dans la moitié environ des cas significatifs inventoriés en 2019, et au-delà d'un ordre de grandeur, nous n'avons pu identifier d'estimation chiffrée, connue ou communiquée.

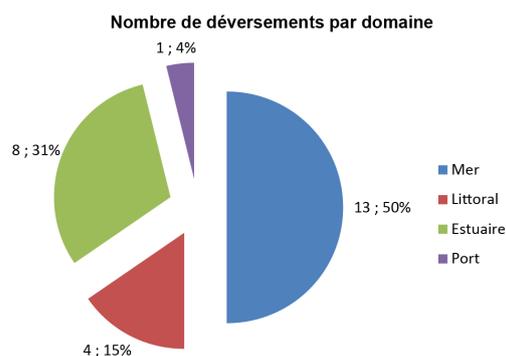


Figure 1

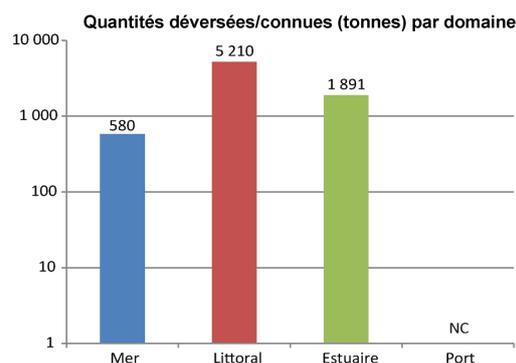


Figure 2

En 2019, les lacunes évoquées plus haut aboutissent à sous-estimer largement la part du bilan déversé en mer, très probablement majeure.

Sur la base des données connues, la quantité globale déversée en eaux littorales semble supérieure à celle déversée en eaux estuariennes (fig. 2). Cette contribution plus importante en eaux littorales est néanmoins largement liée à 1 déversement d'ampleur (en l'occurrence de plusieurs milliers de tonnes de bauxite au niveau d'un terminal de chargement de minerai, dans l'archipel des Salomon en juillet ; Cf. supra⁶).

Par ailleurs, il faut noter que le cumul de presque 1 900 m³ de polluants déversés en eaux estuariennes, exprimé sur la base des données identifiées dans nos sources d'information en 2019, est, lui aussi, sous-estimé. En particulier, 2 cas d'incendies survenus au sein d'installations industrielles et ayant ravagé des stockages, respectivement, de *Lubrizol* (estuaire de la Seine, en septembre 2019 en France) et de *Intercontinental Terminals Company (ITC)*, Houston Ship Channel, en mars au Texas, Etats-Unis), ont entraîné des déversements en eaux estuariennes de produits divers - chimiques et pétroliers - manifestement significatifs, mais dont les volumes n'ont pas été chiffrés à notre connaissance⁷.

Enfin, si nos sources d'information ont fait état, en octobre 2019, d'un déversement estimé à « au moins 10 tonnes de gazole » dans les eaux du port de Chittagong (Bangladesh), suite à une collision entre 2 navires impliquant un navire citerne (*Desh-1*), nous ne disposons pas d'informations plus avant sur son ampleur⁸. Quoiqu'il en soit, le cumul des volumes ici recensés paraît, en toute hypothèse, moins élevé en zones portuaires que par rapport aux eaux estuariennes, littorales ou marines en 2019.

Pollutions accidentelles significatives (≥ 10 tonnes approx.) en eaux marines, portuaires ou littorales dans le monde
Quantités annuelles (tonnes) et nombre d'événements recensés par le Cedre entre 2004 et 2019

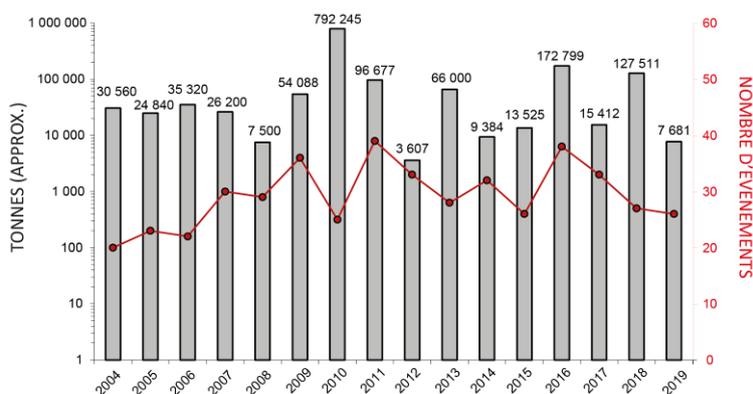


Figure 3

⁶ Survenu sur le même site, mais distinct de l'accident du *Solomon Trader* en février 2019 (Cf. LTML 49).

⁷ Très probablement du fait d'incertitudes sur de nombreux points, par exemple quant aux parts de produits brûlés/imbrûlés, quant au lessivage plus ou moins important d'eaux d'extinction chargées en polluants, etc.

⁸ Peu d'informations ont été identifiées sur ce cas, dont les autorités du Port ont indiqué qu'il avait motivé la mise en œuvre d'une réponse sur l'eau, ayant abouti à la collecte de 8 tonnes de gazole, sans plus de détails, au terme de laquelle il aurait été conclu que la pollution résiduelle était en majorité nettoyée. Ce qui suggère (sans certitude sur ce point néanmoins) un déversement d'ampleur somme toute modérée.

• Localisation des déversements

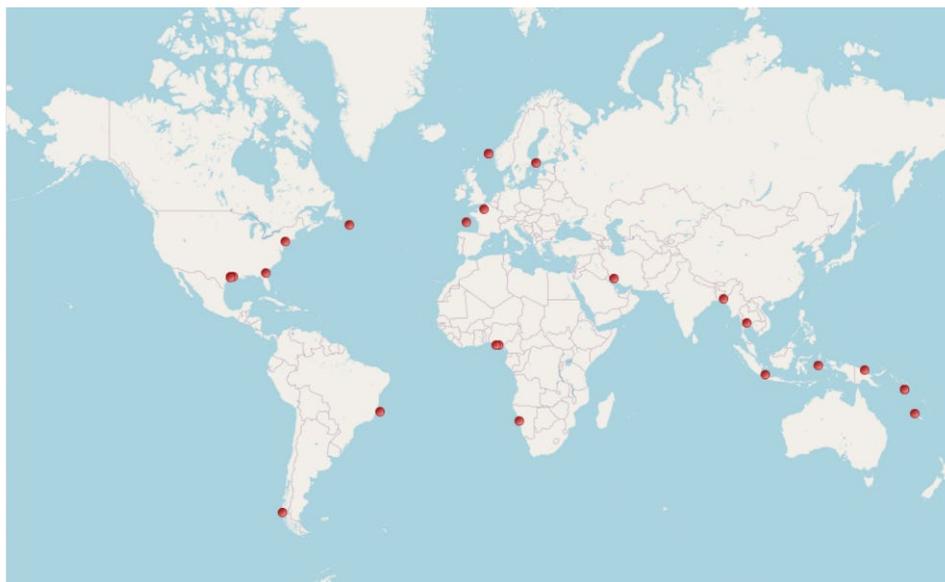


Figure 4. Localisation des principaux déversements accidentels (> 10 T) d'hydrocarbures et de substances dangereuses survenus en mer et sur le littoral en 2019 (recensement Cedre).

• Evènements à la source des déversements

Les évènements de déversements identifiés en 2019 ont, dans deux tiers des cas environ (65 %), résulté de **trous, brèches ou ruptures** survenus sur diverses structures (fig. 5) :

- En termes de fréquence, environ un quart des évènements de cette catégorie ont consisté en **pertes d'étanchéité** d'éléments divers (conduites internes, le plus souvent), pour la plupart au sein d'installations pétrolières sises sur le littoral. Avec des déversements généralement modérés (de l'ordre de dizaines à la centaine de m³), et des chiffres identifiés totalisant moins de 300 m³, ces évènements n'ont que marginalement contribué (moins de 5 %) au volume total déversé en 2019 (fig. 6). La fuite d'un flexible entre une plateforme offshore opérée par *Petrobras* et un pétrolier, au large du Brésil en février⁹, est l'incident le plus significatif à notre connaissance ;
- Environ 18 % des **trous, brèches ou ruptures** (soit 11 % approximativement de l'intégralité des évènements de l'année ; fig. 5) ont relevé de **collisions entre navires**. En 2019, la contribution au volume déversé des cas inventoriés dans cette catégorie est relativement peu élevée (fig. 6), et essentiellement liée à un accident (déversement de plus de 1 000 tonnes d'essence consécutif d'une collision entre un remorqueur et un navire citerne au Texas, Etats-Unis en mai)¹⁰ ;
- Les **déstructurations/ruptures de structure**, les **échouages de navires** et les **pertes de navires** en mer représentent, chacun, un peu plus de 10 % des **trous, brèches ou ruptures** (soit 8 % environ de l'intégralité des évènements de l'année) (fig. 5). Leurs contributions respectives au bilan déversé sont difficilement appréciables dans la présente analyse, du fait du manque de données quant aux volumes déversés à ces occasions, et y sont assurément très sous-estimées dans les restitutions graphiques. Il s'agit en l'occurrence du cas des **déstructurations/ruptures** de stockages causées par des incendies sur des sites industriels, évoqués précédemment. Il faut aussi mentionner, parmi les évènements de **pertes de navires en mer**, l'incertitude quant aux parts des substances chimiques et d'hydrocarbures éventuellement consommées lors de l'incendie du *Grande America* ou, alternativement, déversés en mer avec son naufrage dans le Golfe de Gascogne (on sait qu'il contenait, par exemple, 2 200 tonnes de fioul de propulsion, au moment de l'accident – les volumes effectivement déversés, potentiellement toujours

⁹ Avec environ 190 m³ de brut déversés en mer (Cf. LTML 49).

¹⁰ Cf. LTML 49

présents dans certaines soutes de l'épave voire, éventuellement, brûlés, n'étant pas à notre connaissance précisément connus à ce jour) ;

- A l'évidence, les contributions des **brèches ou ruptures** relevant d'éruption de puits (**blowout**), très peu fréquents en 2019 puisque ne comptant que le seul cas du puits *Pertamina* (survenu en juillet en Indonésie ; Cf. supra), ne peuvent ici être intégrées graphiquement dans le bilan annuel, à défaut d'une estimation finale communiquée quant au volume déversé à cette occasion. Néanmoins, les plusieurs milliers de m³ au moins impliqués dans cet accident suggèrent comment ce type d'évènement s'avère, bien que rare, un contributeur probablement significatif au bilan déversé en mer sur l'année.

Enfin, les types d'évènements impliqués dans les déversements accidentels significatifs recensés en 2019 nous sont inconnus (**non précisé ou non déterminé**) dans presque un quart (23 %) des cas (fig. 5). Ces derniers ont par ailleurs contribué à la grande majorité du cumul estimé dans ce bilan annuel, sur la base des volumes communiqués (fig. 6). La principale contribution, parmi les cas de ce type, est associée à un déversement de plusieurs milliers de tonnes de bauxite dans les eaux littorales d'une île des Salomon à partir d'un site de chargement de navire.

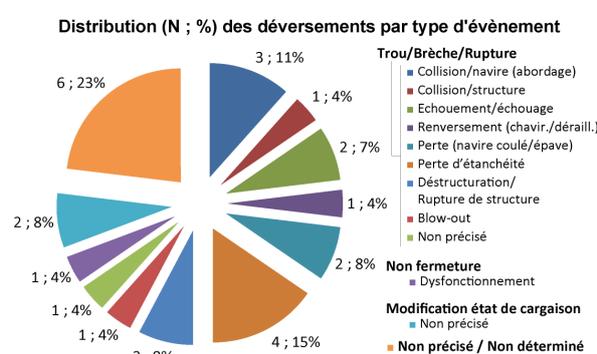


Figure 5

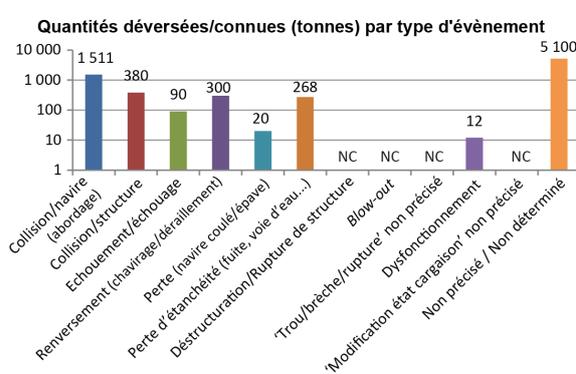


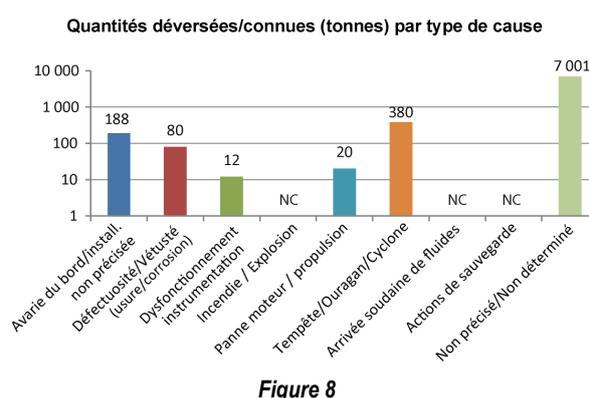
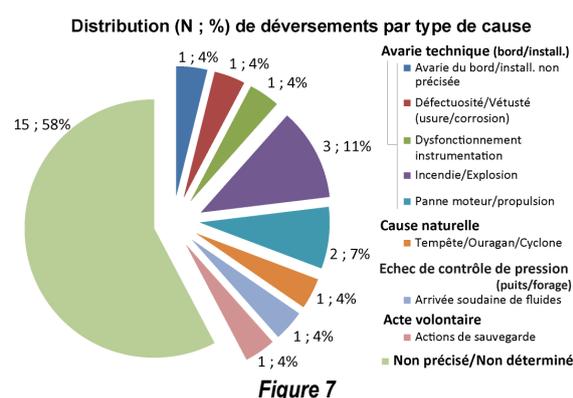
Figure 6

• Cause des déversements

La distribution des causes montre que celles-ci sont **indéterminées ou non précisées** dans nos sources d'information pour une majorité (58 % environ) des cas recensés (fig. 7). En termes de volume, ceux-ci représentent 90 % du bilan quantitatif estimé en 2019 (fig. 8). Les accidents ayant généré les déversements d'ampleur *a priori* les plus notables (supérieurs au millier de m³), et dont nous n'avons pas connaissance des causes, incluent : la collision et le renversement d'une barge chargée d'essence au Texas au mois de mai (Cf. LTML 49) ; l'incident survenu sur un site de chargement de bauxite dans les îles Salomon en juillet ; la perte en mer du vraquier *Nur Allya* avec l'intégralité de sa cargaison de minerai de nickel (d'un volume non communiqué) en Indonésie en août.

Environ 30 % des évènements de déversements ont été causés par divers types d'**avaries techniques**, à raison en 2019 d'environ 10 % relevant d'**incendies/explosions** (fig. 7). Associés à des quantités de produits déversés difficilement appréciables, il ne nous est pas possible à ce jour d'intégrer ni d'estimer leur contribution au bilan annuel (fig. 8).

Les autres causes identifiées comme étant à la source des évènements significatifs recensés en 2019 l'ont été à des fréquences relativement peu élevées et comparables. Là aussi, les lacunes concernant les volumes associés à ces déversements ne permettent pas d'analyser pertinemment le bilan estimé et, donc, d'y distinguer leurs contributions respectives.

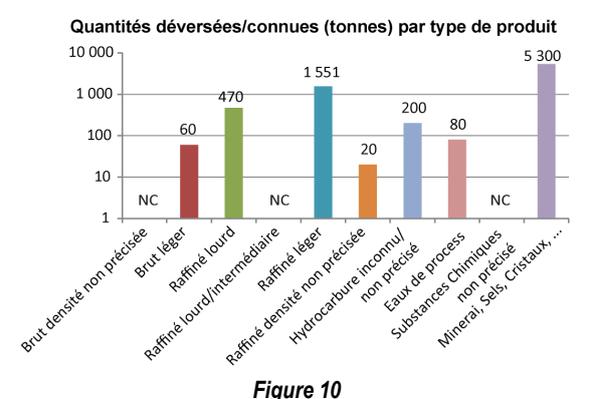
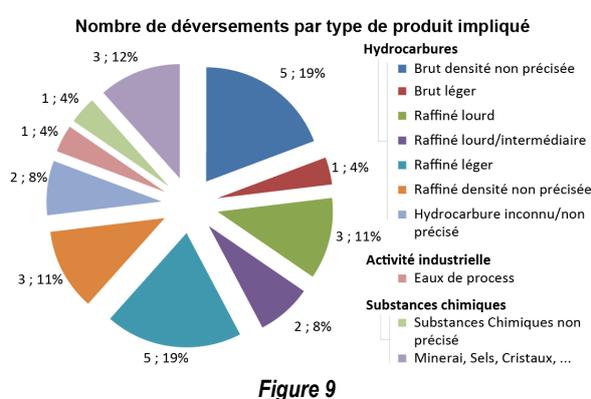


• Produits déversés

En termes de fréquence, les pollutions significatives de 2019 ici inventoriées ont le plus souvent (environ 80 % des cas de l'année) impliqué des **hydrocarbures** s'étant agi, dans plus de la moitié des événements, de déversements de produits **raffinés** - soit une occurrence 2 fois supérieure environ à celle correspondant aux **pétroles bruts** (fig. 9).

Les déversements significatifs de **substances chimiques** diverses, moins fréquents (16 % des cas), ont en 2019 en majorité impliqué des cargaisons de vracs solides de type **minéral, sels, cristaux** (12 % des cas) dont les plus importants ont été des déversements de minéral de nickel¹¹, d'une part, et de bauxite¹², d'autre part.

En termes de volumes, l'indisponibilité de données chiffrées relatives aux quantités déversées, pour nombre de cas figurant dans cet inventaire 2019 et concernant diverses catégories de substances (fig. 10, à titre indicatif), rend délicate l'estimation des cumuls par types de produits impliqués, sous-évalués, ainsi que leurs contributions relatives au bilan annuel.



• Statistiques

Déversements d'hydrocarbures à partir de navires citernes en 2019 : statistiques ITOFF

L'analyse de l'*International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF)* concernant les déversements accidentels d'hydrocarbures pétroliers à partir de navires survenus en 2019 confirme la tendance, observée depuis les années 70, à la baisse du nombre de pollutions majeures.

Sur l'année 2019, l'*ITOPF* a inventorié un seul événement de grande ampleur (*large spills*, selon sa

¹¹ En l'occurrence la perte en mer du vraquier *Nur Allya* avec l'intégralité de sa cargaison, au large d'îles indonésiennes à la fin-août, et un déversement d'environ 300 tonnes dans les eaux de la baie néo-calédonienne de Tanle (province Nord) suite au retournement d'une barge au début du mois de septembre.

¹² Au niveau d'un terminal de chargement de minéral, de la compagnie *Bintan Mining Solomon Islands*, sur une île reculée de l'archipel des Salomon en juillet (Cf. supra).

terminologie, qualifiant les déversements de plus de 700 tonnes), et 2 de moyenne ampleur (*medium spills*, de 7 à 700 tonnes). Sans les détailler, l'organisme expert indique que le premier s'est déroulé au mois de mai en Amérique du Nord suite à une collision, et les deux autres en Asie (l'un des suites d'une collision, l'autre généré par la perte en mer d'un navire – de cause et dans des circonstances non établies).

Il est aussi souligné comment la pollution constatée sur le littoral brésilien, au cours du second semestre, pourrait significativement modifier ce bilan si la nature accidentelle et l'origine (en l'occurrence un navire citerne) de cet événement venaient à être établies (à défaut, celle-ci ne peut y être prise en compte¹³).

Le volume total d'hydrocarbures pétroliers estimés déversés est, dans ce bilan 2019, d'environ 1 000 tonnes : avec 2012, il s'agit de la valeur la plus basse rapportée par *ITOPF* au cours des cinq dernières décennies. Autre information intéressante, il est indiqué comment, pour les années présentant des volumes plus élevés, ceci soit moins le fait d'une fréquence plus élevée d'accidents que celui d'événements singuliers et majeurs venant peser dans les bilans. Rappelons à cet égard, l'exemple récent du naufrage du *Sanchi*¹⁴, principal contributeur au bilan dressé par *ITOPF* en 2018 et qui fût le plus important estimé par lui sur les 24 dernières années. Ainsi, dans l'inventaire tenu par *ITOPF*, 91% du volume total déversé au cours de la dernière décennie est associé à seulement 10 accidents (dont 70% de ce volume total à un seul). En d'autres termes, selon l'organisme international, la diminution significative du nombre de déversements accidentels de moyenne et de grande ampleur, observée ces dernières décennies, est confirmée en 2019 encore, malgré l'augmentation globale du transport de produits pétroliers.

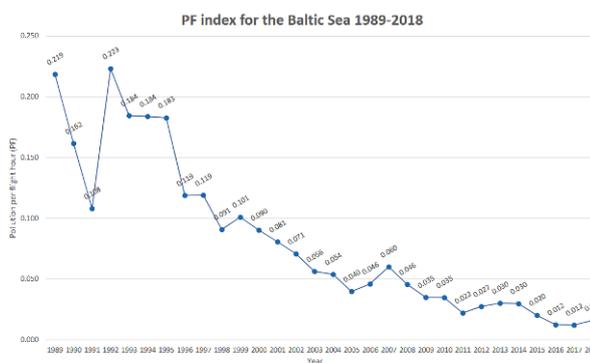
Pour en savoir plus :

<http://www.itopf.com>

HELCOM : observations aériennes et rapports de pollutions en Mer Baltique en 2018

La Commission *HELCOM* (Convention d'Helsinki) a publié, à l'automne 2019, son rapport annuel sur le nombre de détections, par surveillance aérienne, de pollutions marines par hydrocarbures en 2018 résultant de rejets de navires en Mer Baltique. Celui-ci semble confirmer une tendance générale à la réduction des rejets depuis les débuts de ces observations (en 1989 – avec 763 événements confirmés à l'époque), en dépit de constats légèrement supérieurs à ceux de l'année précédente : 62 contre 52 en 2017.

En 2018, la catégorie « huile minérale » représentait moins de la moitié (40 %) des 155 pollutions rapportées à *HELCOM* par les pays bordant la Baltique¹⁵, en majorité classées comme « inconnues » ou « autres » (catégories introduites en 2014, incluant SNPDs, huiles végétales, eaux grises, etc., et dont la caractérisation reste pénalisée par le manque, à l'heure actuelle, d'outils opérationnels (*i.e.* capteurs) appropriés pour une identification rapide dans ce contexte).



Indice de détection de pollutions par heure de vol (PF Index) en Mer Baltique sur la période 1989-2018 (source : www.helcom.fi)

Dans leur grande majorité (92%), ces rejets d'hydrocarbures ont été estimés à moins de 1 m³ (dont 85 % inférieurs à 100 litres), cumulant en 2018 un volume situé entre 11 et 12 m³. Les navires à la source de ces pollutions ont été identifiés en 17 occasions.

HELCOM voit dans cette tendance déclinante le résultat de pratiques globalement plus vertueuses des acteurs du transport maritime, en synergie avec l'effet dissuasif, en matière de rejets illicites, exercé par la pression d'observation permise par les moyens de détection, d'une part, et le système

¹³ Comme dans l'analyse annuelle du *Cedre* présentée plus haut, du reste, dont le périmètre couvre les pollutions d'origine accidentelle avérée, et non les pollutions et arrivages « orphelins ».

¹⁴ Cf. LTML n°47

¹⁵ 3 865 heures de vol cumulées effectuées en 2018 par des aéronefs en Finlande, au Danemark, en Allemagne, en Lettonie, en Estonie, en Lituanie, en Pologne et en Suède – la Russie ne contribuant pas à cette compilation.

d'identification automatique (SIA) des navires et de leur position, d'autre part.

La Commission souligne également l'influence et l'appui, dans ces résultats encourageants, des efforts de l'Union Européenne en matière de surveillance des rejets d'hydrocarbures, via l'exploitation (et moyennant vérification sur site) des images satellitaires fournies à HELCOM depuis 2007 par le réseau *CleanSeaNet* de l'Agence européenne pour la sécurité maritime (environ 800 notifications en 2018, dont 471 pollutions suspectées¹⁶).

Pour en savoir plus :

<https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/01/HELCOM-Aerial-Surveillance-Report-2018.pdf>

• Préparation à l'intervention / stratégies (inter)nationales

Suède : extension du réseau de stocks de matériels de lutte et conférences nationales

Au dernier trimestre 2019, la garde-côtière suédoise (*Kustbevakningen*) a indiqué la création d'un nouveau stock d'équipements de lutte contre les pollutions accidentelles des eaux par hydrocarbures. Celui-ci est établi à Malmö, dans le sud du pays scandinave, et s'ajoute aux 5 autres déjà existants, distribués respectivement sur les façades de Mer du Nord (Göteborg), de Mer Baltique (Stockholm, Oskarshamn, île de Gotland) et, plus au nord, dans le Golfe de Botnie (Härnösand). Egalement constitué et entretenu par *Kustbevakningen*, il vient compléter le dispositif national de préparation à la réponse dans un secteur pressenti par le gouvernement suédois comme à risque de déversements, s'agissant de celui du détroit du Sund (Øresund) qui, bordé par la péninsule du Jutland (Danemark) et la Suède, est le siège d'un trafic maritime important et en augmentation entre la Baltique et la Mer du Nord.

Au-delà des moyens de confinement et de récupération (barrages flottants, absorbants, pompes, écrèmeurs), des équipements de protection individuelle et des matériels de nettoyage du littoral, ces stocks comportent également des embarcations et des véhicules terrestres tout-terrain pour le transport de matériels et d'intervenants

Il nous semble intéressant également de noter la tenue, en novembre 2019 à Göteborg, de la conférence annuelle suédoise (*Swedish national oil spill conference*), visant à rassembler des représentants, entre autres, de l'industrie pétrolière et du transport maritime, d'une part, et des entités publiques en charge de la gestion des déversements accidentels, d'autre part. Cette édition¹⁷ prévoyait des réflexions sur les thèmes : (i) du risque environnemental lié aux épaves potentiellement polluantes le long des côtes suédoises, ainsi que sur les enjeux (opérationnels, environnementaux, etc.) associés ; (ii) de la préparation à la réponse en cas de déversement majeur.

Pour en savoir plus (en suédois) :

Sur l'édition 2019 de la conférence annuelle du *Swedish national oil spill conference* (Göteborg 13-14 novembre 2019) : <https://www.msb.se/sv/arnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/cbrne/oljeskadeskydd/>

• Détection

Détection et caractérisation d'hydrocarbures en mer à l'aide de la télédétection : travaux des agences fédérales américaines

La gestion de la crise causée par l'accident de la plateforme *Deepwater Horizon*, en 2010 aux Etats-Unis, avait nécessité la constitution de comités inter-agences réunissant, entre autres thématiques, des équipes d'experts en télédétection. Au-delà du terme de cette crise, ces experts ont poursuivi un important travail de synthèse et de prospective sur ce thème, à la lueur des enseignements et de l'expérience acquise dans ce contexte. Notamment, un projet très conséquent¹⁸ financé par le *BSEE (Bureau of Safety and Environmental Enforcement)*, intitulé

¹⁶ Environ 1/3 de ces notifications de pollutions suspectées ont pu être, dans les 3 heures suivant leur réception, suivies de reconnaissances aériennes sur zone - lesquelles ont abouti à confirmer leur classification en « hydrocarbures » pour seulement 0,6 % des cas en 2018 selon le rapport de l'HELCOM.

¹⁷ (La 2^{ème} semble-t-il)

¹⁸ Et réunissant de très nombreux partenaires : USEPA, NASA, USGS, USCG, WHOI, UNT, USF, AbtConsulting, Ocean Imaging, Water Mapping, Fototerra, MDA Canada, MSRC.

« *Deepwater Horizon Lessons Learned - Methodology and Operational Tools to Assess Future Oil Spills* » est arrivé à sa conclusion en 2019.

Succinctement, l'objectif principal de ce projet piloté par la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) était (i) de comparer les performances respectives de diverses plateformes et de capteurs en matière de détection et de quantification de nappes de pétrole flottant, et (ii) de vérifier que les anomalies détectées *via* ces moyens correspondent effectivement à des caractéristiques des nappes de pétrole validées sur le terrain (observations, mesures, etc., à partir de navires par exemple). Il s'agissait aussi d'identifier les lacunes actuelles dans les connaissances et technologies, et de proposer des axes de recherche et de développement pour améliorer l'apport de la télédétection à la réponse antipollution en mer (notamment en matière de déploiement des moyens et des choix de stratégies de lutte).

Les questionnements spécifiques que ce projet visait à élucider, par le biais d'études croisées, complémentaires (réalisées *in situ*, à méso-échelle dans les bassins de l'*Ohmsett*, et en laboratoire), peuvent être brièvement résumés comme suit :

- Dans quelle mesure les données de télédétection provenant de satellites, d'avions et d'aéronefs sans pilote (UAS, ou drones) peuvent-elles détecter et quantifier le pétrole de surface ?
- Sous quelles conditions et comment (méthodologie) les données recueillies à partir d'un bateau peuvent-elles aider à quantifier le pétrole dans des nappes flottantes, et à valider les données de télédétection ?
- Quelles sont les améliorations possibles, pour une application *in situ* (i.e. en mer), de méthodes de collecte de données par ailleurs développées et testées dans un environnement contrôlé ?
- Quelles sont les voies possibles pour la réalisation, dans la masse d'eau, de prélèvements ou de mesures pertinentes pour quantifier l'extension de gouttelettes de sub-surface ?

Le projet comprenait diverses approches dont le développement de méthodes et de moyens de collecte de données sur le terrain, mené en conditions contrôlées -à l'*Ohmsett* et en laboratoire. Ont aussi été évaluées des méthodes d'acquisition d'images satellitaires, ou *via* des capteurs aéroportés, pour la caractérisation des nappes de surface -voire des gouttelettes submergées sous-jacentes, notamment *in situ* à proximité du bloc MC20 du Mississippi Canyon (Golfe du Mexique), lieu d'implantation d'une plateforme offshore et d'une fuite chronique d'hydrocarbures consécutive de dommages causés par l'ouragan *Ivan* en 2004, laquelle a reçu une attention publique à partir de 2010).

Grosso modo, le projet est parvenu à la conclusion que la collecte synoptique de données de télédétection et de mesures en surface, selon les méthodes développées/examinées, s'avère prometteuse en matière de cartographie des épaisseurs de nappes et d'élaboration d'outils (i) d'aide à la décision concernant l'opportunité de mise en œuvre d'opérations de lutte (ex : épaisseurs suffisantes pour le confinement/récupération, pour l'ISB, etc.) ou (ii) d'estimation de pollutions orphelines ou de rejets autres (type POLREPs). Des écueils pénalisant la précision de la quantification des nappes flottantes restent cependant identifiés, en l'occurrence liés à l'hétérogénéité de ces dernières et à la présence d'une fraction, plus ou moins importante et difficilement appréciable, de gouttelettes sous-jacentes.

Pour en savoir plus :

<https://www.bsee.gov/research-record/osrr-1079-deepwater-horizon-lessons-learned-methodology-and-operational-tools-to>

Garcia-Pineda O., Staples G., Jones C.E., Hu C., Holt B., Kourafalou V., Graettinger G., DiPinto L., Ramirez E., Streett D., Cho J., Swayze G.A., Sun S., Garcia D. & Haces-Garcia F., 2020. Classification of oil spill by thicknesses using multiple remote sensors. *Remote Sensing of Environment*, 236, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111421>

A signaler aussi, dans la continuité de ce projet, que la NOAA a aussi engagé un projet de détection et caractérisation d'hydrocarbures dans la masse d'eau, en partenariat entre le NCCOS (*National Centers for Coastal Ocean Science*) de la NOAA et deux universités de Floride (*Florida State University*, et *Florida International University*). Egalement financé par le BSEE, il s'est inscrit dans le contexte de la fuite persistante de pétrole et de gaz (avec remontées de brut visibles en surface) observée au niveau du puits MC20 (Golfe du Mexique, large de la Louisiane), depuis l'effondrement en 2004 d'une plateforme de forage *Taylor Energy* suite à l'ouragan *Ivan*.

Il s'agissait d'identifier des techniques permettant de cerner plus précisément la source, la composition et l'extension/ampleur des rejets. L'étude a compris la réalisation de mesures acoustiques au niveau du point de fuite et sur la hauteur d'eau, des échantillonnages/analyses de

brut et de gaz détectés dans la masse d'eau et en surface, des observations et analyses d'images vidéo de la fuite et des remontées d'hydrocarbures, des analyses de sédiment, etc. On notera aussi la mise en œuvre d'un dispositif original, sorte d'entonnoir/chambre équipé d'une caméra visant à estimer la distribution de fréquence de tailles de bulles et des ratios [pétrole/gaz] (« *bubblometer* »).

A partir des diverses mesures obtenues, le débit de fuite (puis la modélisation des risques de remontées en surface, en fonction des tailles et densités des bulles et gouttelettes) a été estimé statistiquement :

- par méthode acoustique : estimation de la densité de bulles par mesure de la rétrodiffusion acoustique dans diverses sections transversales du panache, rapportée à la taille et au ratio [pétrole/gaz] des bulles (estimés d'après le « bullomètre ») ;
- visuellement : par dénombrement du nombre de bulles d'après des analyses d'images/captures vidéo, mis en relation avec les dimensions et ratio [pétrole/gaz] moyens.

Les détails de ce projet et des conclusions tirées sont disponibles en ligne sur le site de l'agence fédérale : https://coastalscience.noaa.gov/data_reports/an-integrated-assessment-of-oil-and-gas-release-into-the-marine-environment-at-the-former-taylor-energy-mc20-site/¹⁹.

Enfin, la NOAA et BSEE sont actuellement porteurs d'un projet visant au développement d'une suite de capteurs relevant de diverses technologies (ex : fluorimétrie, imagerie holographique, cameras, capteurs acoustiques, ...) et destinés à être intégrés sur un véhicule sous-marin autonome *REMUS 600* (i.e. travaillant par des profondeurs allant jusqu'à 600 m) à des fins de détection, quantification et caractérisation (dimensions, densité, etc.) de gouttelettes d'huile au sein de panaches sous-marins. L'objectif est de permettre l'obtention rapide de cartographies tridimensionnelles d'hydrocarbures dissous ou dispersés issus de sources sous-marines de type *blowout* par exemple, pour intégration dans les systèmes de gestion de crise (ex : système SIG ERMA de la NOAA). Le concept aurait été testé sur d'autres porteurs (ex : LRAUV, REMUS) dans le cadre de projets récents réalisés en partenariat avec l'ADAC²⁰, entre autres, pour une application en eaux arctiques ; Cf. infra).

UAVs pour la détection d'hydrocarbures en eaux froides/arctiques : autonomie et nouveaux capteurs

Un projet récent mené par plusieurs agences américaines²¹, financé par le *Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE)*, le *Department of Homeland Security (DHS)* et son *Arctic Domain Awareness Center (ADAC)*, avec la participation du *WHOI (Woods Hole Oceanographic Institution)*, vise à développer des capteurs et des véhicules sous-marins autonomes robotisés (AUVs) capables d'opérer sous la glace et sur de longues distances, pour une application pressentie en milieu arctique ou autres régions froides reculées, dépourvues d'infrastructures et où les risques de déversements accidentels sont, en toute hypothèse, amenés à s'accroître à l'instar du trafic maritime et des activités pétrolières dans ces latitudes.

En 2019, plusieurs AUVs ont été déployés in situ, au large de la Californie, pour une phase d'évaluation *in situ* de leurs capacités respectives de détection d'hydrocarbures dans un contexte d'une réponse d'urgence (rapidité de déploiement). En particulier, il s'est agi du *REMUS*²², et d'un *Long Range Autonomous Underwater Vehicle (LRAUV)* – le *Tethys* antérieurement développé au *MBARI* et qui a connu des évolutions récentes pour son adaptation spécifique (avec le soutien financier du *DHS* à travers l'*ADAC*) au suivi d'hydrocarbures en eaux arctiques.

¹⁹ On en retiendra que les techniques et approches mises en œuvre ont permis d'établir l'existence de fuites en cours provenant, non pas d'un, mais de plusieurs puits sur le site MC20. Le débit, ou du moins sa gamme d'ampleur, a aussi pu être situé entre 1 et 20 m³ par jour selon les méthodes appliquées. Suite à ces évaluations, l'*USGC* a décidé de l'installation d'un système de confinement et de collecte sur le site MC20 (au printemps 2019) dont il semblerait qu'il capte (ou aie capté) entre 4 et 5 m³ par jour.

²⁰ *Arctic Domain Awareness Centre*

²¹ Soit, aux côtés du *WHOI* : le *Department of Homeland Security (DHS)*, l'*US Coast Guard (USCG)*, l'*US Environmental Protection Agency (EPA)*, la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, le *Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE)*, ainsi que le *Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI)* et l'*Arctic Domain Awareness Centre (ADAC)*.

²² Le *Remote Environmental Monitoring UnitS*, ou *REMUS*, est un modèle de véhicules sous-marins robotisés autonomes (AUV) à relativement faible coût, interfacé avec un simple ordinateur portable, conçu par le *WHOI*.

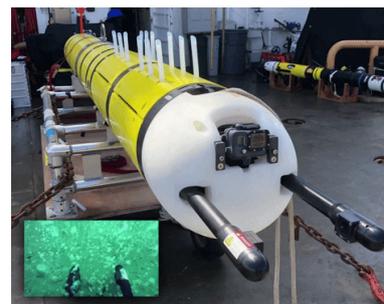
Le *LRAUV* présente ainsi l'intérêt de pouvoir être largué à partir du littoral, de la glace/banquise, d'un navire ou d'un hélicoptère, et une autonomie élevée permettant un déploiement jusqu'à plus de 2 semaines²³ sur des distances de l'ordre du millier de kilomètres (avantage-clé en contexte de sites distants et d'accès difficiles)²⁴.

Des capteurs nouvellement développés développés par le *WHOI* ont été évalués en mer dans le cadre de ce projet, cette fois au niveau de sites de suintements naturels de pétrole en Californie, dont on retiendra un système de caméra holographique permettant l'obtention d'images détaillées en 3 dimensions de gouttelettes de pétrole, et un nouveau dispositif d'échantillonnage d'eau. Autre avancée logicielle : l'apport d'une fonctionnalité visant à rendre le robot autonome « réactif » à l'environnement (i.e. adaptant automatiquement sa mission en fonction des concentrations détectées), testée sur le dispositif *REMUS*.

En résumé, selon les partenaires du projet, l'identification d'un AUV d'autonomie et de capacité d'emport de capteurs *ad hoc*, d'une part, et les développements technologiques (instrumentation) récemment accomplis, d'autre part, laissent entrevoir la mise au point d'un outil opérationnel, à déploiement rapide et dont le potentiel en arctique pourrait être testé prochainement.

Pour en savoir plus :

<https://www.whoi.edu/news-insights/content/rapid-response-at-sea/>



Vue d'un prototype de caméra holographique (en face avant d'un AUV) pour la détection d'hydrocarbures en eaux marines. (Source : www.whoi.edu)

Documents *GoMRI/Sea Grant* : moyens de déploiement de capteurs en mer suite à l'accident de *Deepwater Horizon*

Dans la série des documents synthétiques visant à la restitution, à un large public, des axes de recherche investigués dans le cadre du *GoMRI* (*Gulf of Mexico Research Initiative*)²⁵, de nouvelles publications mises en ligne sur le site du *Sea Grant* du Golfe du Mexique²⁶ sont consacrées aux moyens de déploiement de capteurs à des fins de télédétection et de suivi d'une pollution en mer, largement utilisées lors de – et développées suite à – la pollution dite de *Deepwater Horizon* (*DH*).

A vocation pédagogique, le feuillet intitulé « [In the air and on the water: Technology used to investigate oil spills](#) » fait le point sur les divers engins aériens (drones ou UAVs, systèmes captifs de type ballons, ...) ou déployés à la surface de l'eau (USVs de divers types, bouées de dérive), et rappelle succinctement les missions/objectifs de leur mise à profit lors de la gestion de cet évènement majeur.

Il vient compléter le document analogue (« [Underwater Vehicles Used to Study Oil Spills and Predicting the Movement of Oil](#) ») antérieurement publié et consacré aux véhicules sous-marins, téléopérés (ROVs) ou robotisés autonomes (AUVs).

A défaut de détails techniques approfondis, ces bulletins présentent à dessein une vue synthétique des avantages et limites opérationnelles de ces divers engins (ex : autonomie/portée géographique ; opérabilité ; potentiel d'emport de capteurs, etc.), au moins tels que perçus à la lumière de l'expérience de *DH* (car, comme évoqué ailleurs dans cette LTML, ces technologies font l'objet de recherches et de développements constants).

Pour en savoir plus :

<https://gulfseagrant.org/oilspilloutreach/>



²³ Là où, d'une part, des AUVs "standard" peuvent opérer en règle générale durant 24 heures environ et, d'autre part, où la relativement faible capacité d'emport des *gliders* (qui, eux, peuvent parcourir de longues distances sur des durées étendues) en limite l'instrumentation.

²⁴ A noter aussi que, lors d'essais *in situ* précédents en Californie, l'autonomie du *LRAUV* avait été jugée satisfaisante dans le cadre d'essais de suivi prolongé (plusieurs heures) de panaches de colorants (simulant le pétrole), le tout avec transmission des données collectées en temps réel (remontées fréquentes de l'engin en surface).

²⁵ Rappel : programme de recherche indépendant, financé par un fonds bloqué à cet effet par *BP* : créé en 2011, il avait pour buts : (i) d'étudier l'impact de la pollution de *Deepwater Horizon* en 2010 sur l'environnement et la santé publique dans le Golfe du Mexique ; (ii) de contribuer à l'amélioration des moyens de lutte (détection, modèles, techniques analytiques, outils d'aide à la décision, etc.)

²⁶ Soit le réseau régional (en l'occurrence des états côtiers -Texas, Louisiane, Mississippi, Alabama et Floride) du programme national *Sea Grant College*.

- **Déchets/débris flottants**

Arrivages de sargasses en régions tropicales : le dispositif *Desmi Seaweed Solution*

Initié par le fabricant de matériel antipollution *Desmi* en 2015, le projet *Sea Turtle Sargazo* visait au développement d'un dispositif de collecte des arrivages massifs de sargasses observés de façon récurrente, ces dernières années, sur les littoraux des régions caribéennes et du Golfe du Mexique. Celui-ci a connu des évolutions, depuis des essais de mise en œuvre de moyens par ailleurs utilisés contre les hydrocarbures, tels que le *Globe Boom* (barrages plats permanents à éléments de flottaison sphériques en PEHD) associé à des récupérateurs à seuils de type *Terminator*, modèles de la firme danoise. Le concept dorénavant proposé par *Desmi*, le *Desmi Seaweed Solution*, a vu le développement de moyens plus spécifiques : le barrage *Desmi Mesh Boom*, d'une part, et le récupérateur *Sea Turtle*, d'autre part.

Le *Desmi Mesh Boom* est, comme son nom l'indique, un barrage/barrière flottant maillé destiné à être posé en mode déviateur (i.e. en déflexion), pour prévenir les échouages sur les plages et diriger les algues flottantes vers une poche de collecte.



Vue du *Desmi Mesh Boom* (source : *Desmi*)

Il s'agit, en quelque sorte, d'une grille verticale à mailles en matériau de type polyester (d'une résistance à la traction annoncée à 53 kN, soit 5 400 kg), dont la flottaison est assurée par des flotteurs sphériques (de type et disposition analogue au *Globe Boom*), conférant au « rideau » ainsi constitué une certaine flexibilité, particulièrement dans les conditions d'application, classiquement agitées (houles et courants littoraux). Des éléments en fonte (fixés par des boulons/écrous en pied de jupe) lestent les sections du *Mesh Boom* (de 15 m de long sur 1 m de haut - dont 75 cm de tirant d'eau), assemblées *via* un système de connecteurs standard (ASTM, coulissants en aluminium).

Egalement dérivé de concepts utilisés pour l'écumage sélectif d'hydrocarbures (du genre *Belt Skimmer*, pour produits visqueux), le *Sea Turtle* est un récupérateur mécanique à tapis convoyeur (en acier inox alvéolé, laissant passer l'eau et les grains de sédiments en suspension) monté sur une structure flottante, de construction aluminium, connectée en fond de dispositif de déviation *Mesh Boom* (avec les mêmes connecteurs coulissants ASTM). Une pompe de transfert permet le refoulement des algues vers un stockage temporaire en arrière plage (*Desmi* annonce une hauteur de refoulement de 3 m, sur une distance potentielle de 200 m permettant de limiter la nécessité d'accès aux estrans, et la circulation d'éventuels engins). Le débit du *Sea Turtle* est affiché entre 20 et 30 m³/h.

Pour en savoir plus :

https://www.desmi.com/UserFiles/file/oil%20spill%20response/Product%20brochure/DESMI_Seaweed_UK.pdf



Schéma du collecteur *Desmi Sea Turtle*, à tapis convoyeur en acier alvéolé (source : *Desmi*)

- **Confinement**

Efficacité du confinement : approche modélisatrice du comportement de barrages flottants

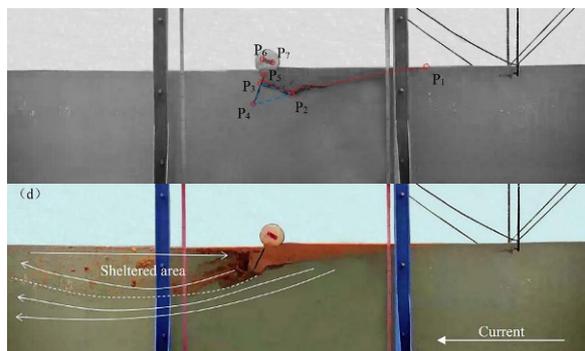
Des équipes de laboratoires de recherche spécialisés en mécanique des fluides ont récemment publié les résultats d'une étude visant à décrire et modéliser le comportement hydrodynamique de nappes flottantes confinées par barrage flottant.

L'objectif en était d'identifier, sur la base de mesures d'évolution de profils de barrages (réalisées en enceinte expérimentale et en conditions contrôlées d'agitation, de courants, etc.), les principaux mécanismes et les points critiques menant à la défaillance éventuelle du confinement d'un hydrocarbure par barrage flottant.

Ces mesures ont été réalisées en faisant varier divers paramètres, tels que la viscosité de

l'hydrocarbure et le volume déversé/confiné, ou encore les caractéristiques physiques du barrage (ex : tirant d'eau ; rigidité/résistance à la déformation du matériau ; rapport flottabilité-masse...) via une douzaine de maquettes (respectant les normes de l'ASTM, à échelle 1:6).

A partir de ces données, les auteurs indiquent avoir utilisé une méthode dite de « régression polynomiale évolutive » (fondée sur un algorithme génétique)²⁷ pour développer des formules empiriques visant à calculer l'évolution du profil des hydrocarbures dans l'eau (ex : longueur/étalement ; épaisseur, ...), la survenance de phénomènes particuliers (formation de vortex), et apprécier les conditions critiques entraînant une défaillance du confinement (courant, agitation) ou, encore, les taux potentiels de perte de polluant (entraînement, effet, vortex, etc.) en fonction des propriétés/quantités d'huile déversée et des caractéristiques des barrages.



Vues transversales de l'enceinte (veine d'eau) expérimentale utilisée par Shi et al. (in Shi et al., 2020)

Cette méthodologie est proposée par les auteurs pour permettre d'identifier les voies potentielles d'optimisation du confinement par barrages flottants dans des conditions données.

L'étude, dans ses objectifs et la démarche adoptée, expérimentale et modélisatrice, n'est pas sans rappeler le projet [SIMBAR](#) (2004-2006), soutenu à l'époque par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et piloté par l'Ecole d'Ingénieurs de La Rochelle (EIGSI) avec la participation du Laboratoire National d'Hydraulique et d'Electricité d'EDF (LNHE), du Cetmef²⁸ et du Cedre. L'objectif en était la modélisation du comportement d'un barrage flottant anti-hydrocarbure en eaux côtières ou abritées, intégrant les aspects mécaniques (efforts et formes prises par le barrage) et fluides (flottaison, retenue du polluant par le barrage). Celui-ci s'était prolongé via le projet ANR [BAR3D](#) (2006-2009) visant à produire un module logiciel de calcul tridimensionnel de plans de pose, adossable au modèle *Forbar* (utilisé par le Cerema pour la détermination des plans de pose de barrages flottants dans le cadre des plans Polmar-terre).

Pour en savoir plus :

Shi Y., Weia J., Li S., Peng S. & Zhang B., 2020. Experimental study on containment of moderate-viscous oil by floating boom subject to waves and currents. *Applied Ocean Research*, 94, <https://doi.org/10.1016/j.apor.2019.102003>

• Récupération

Eaux semi-abritées : tête d'écumage compacte Aqua-Guard RBS TRITON 20

Le fabricant canadien Aqua-Guard a récemment étendu sa gamme de récupérateurs oléophiles modulaires RBS TRITON en y ajoutant le RBS TRITON 20. Comme pour les autres modèles (les 35, 60, 100, 150, 300...), il s'agit d'une tête d'écumage individuelle à modules oléophiles interchangeables (brosses, disques ou tambour rotatifs) – toujours via un système de goupilles ne nécessitant pas d'outillage spécifique - mais de dimensions et de poids réduits (L x l x h : 75 x 65 x 48 cm ; poids : 56-63 kgs environ selon les modules) pour en permettre un déploiement relativement aisé (manutention et mise en œuvre ne nécessitant qu'un opérateur).

²⁷ « Evolutionary polynomial regression technique with multi-objective genetic algorithm » : Grosso modo, il s'agit d'une technique de calcul utilisée (par exemple dans certains contextes industriels) pour identifier rapidement des solutions relativement bonnes (à défaut de parfaites –qui réclameraient des temps de calculs trop importants) pour l'optimisation de processus complexes dépendants de nombreux paramètres.

²⁸ Devenu le Cerema en 2014.

Ces caractéristiques le destinent plus essentiellement à une application sur des pollutions d'ampleur modérée en eaux littorales semi-abritées à abritées (ou portuaires), éventuellement peu profondes (proximité du rivage par exemple) du fait de son tirant d'eau peu élevé (12 cm environ).

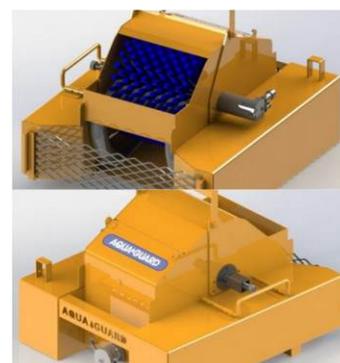
Son débit nominal maximal affiché est d'environ 20 m³/heure, selon les moyens qui lui sont associés, à savoir le groupe d'entraînement et la pompe de transfert (laquelle n'est, en effet, pas intégrée au récupérateur).

Pour en savoir plus :

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



Pompe compacte à vis d'Archimède de faible débit (ici utilisée en aspiration directe) (source : <http://aquaguard.com/>)



Signalons également la commercialisation récente par Aqua Guard d'un [nouveau petit modèle de pompe volumétrique](#) (en l'occurrence à vis d'Archimède) et potentiellement adapté au transfert de produits visqueux et relativement peu affecté par la présence de débris. S'agissant là aussi d'un équipement compact, le débit annoncé est compris entre 20 et 35 m³/h, et le constructeur indique, parmi les applications envisagées (incluant le soutage, l'assèchement de cales), son association possible à des têtes d'écumage dans un contexte de lutte antipollution.

Intervention en eaux littorales : embarcations LSLC à faible tirant d'eau et version compacte du collecteur de bordé LSC (Lamor)

La société finlandaise Lamor a récemment livré une flotte de petites unités de lutte antipollution à faible tirant d'eau à la Force de Défense du Danemark (*Danish Defence*), laquelle souhaitait renforcer sa capacité de réponse en particulier au niveau des détroits, îles et archipels, soit des secteurs d'eaux côtières peu profondes, caractérisant notamment la région située entre le Kattegat et la Baltique.

Le modèle retenu est le chaland de débarquement *Lamor Ultra Shallow Draft Landing Craft (LSLC)*, qui est proposé en 2 tailles : 9,3 m (*LSLC 9300*) et 7,4 m (*LSLC 7400*).



Lamor Ultra Shallow Draft Landing Craft (LSLC)
(source: Lamor)

De construction aluminium, il est destiné à des missions de collecte sur l'eau et de stockage temporaire d'hydrocarbures ; il présente un tirant d'eau de 0,75 m en charge (*i.e.* capacités de stockage remplies).

Les 2 versions sont équipées d'un bras de levage, et reçoivent par ailleurs la même motorisation - soit deux moteurs de 170 HP (force de traction de 2,1 tonnes ; vitesse maximale de 10 nœuds) dont le refroidissement est assuré par un échangeur de quille (ne nécessitant pas de prise d'eau, un avantage du fait de la présence d'hydrocarbures dans le milieu).

Le gabarit des LSLC et leur conception (cabine et gardes corps escamotables) permettent leur transport et mise à l'eau au moyen d'une remorque routière, sachant que le LSLC 7400 a aussi été dimensionné pour pouvoir être chargé dans un *Hercules C130* (en réponse au besoin exprimé par *Danish Defence* de pouvoir déployer l'équipement au Groenland, le cas échéant).

En termes d'équipement de lutte, l'unité peut être équipée de la nouvelle version, de format réduit, du collecteur amovible de bordé *Lamor Side Cassette (LSC)*.



(Source : Lamor)



Version compacte du concept Lamor Side Cassette (source : Lamor)

Celle-ci vient étendre la gamme des LSC en proposant un moyen adaptable à divers petits navires d'opportunité²⁹. Il s'agit d'un récupérateur compact, de petit débit (annoncé à 20 m³/h), à brosses oléophiles rotatives. Il est opéré en association avec un bras de balayage (une section de barrage gonflable, montée sur tangon) également amovible, déployé et maintenu en position à l'aide de la grue de bord.

Cette dernière permet également le déchargement des hydrocarbures collectés, stockés en pontée dans des sacs de type big-bag étanches (eux-mêmes logés dans des caisses modulaires : 4 x 0,35 m³ pour le LSLC 7400 ; 6 x 1 m³ pour le LSLC 9300).

Pour en savoir plus :

LSLC : <https://www.lamor.com/ultra-shallow-draft-landing-crafts>

LSC : <https://www.lamor.com/side-cassette-oil-recovery-system>

● Réponse sur l'eau : moyens annexes

Pollution par hydrocarbures en eaux littorales et portuaires : recherche de moyens de lutte auxiliaires télé-opérés

Depuis quelques années, le développement de flottilles constituées de petits moyens nautiques pilotées à distance, et adaptées à la réponse antipollution est l'objet de nombreuses recherches. Récemment encore (2^{ème} semestre 2019), la société américaine [Sea Machines Robotics](#) a réalisé des essais/démonstrations d'un de ses systèmes de navigation à distance, appliqué à un tel contexte. L'intérêt pressenti de ce type de dispositif s'inscrit, entre autres, dans le contexte de déversements (d'ampleur que l'on peut supposer modérée, et sur des plans d'eau relativement calmes) de substances posant d'éventuels risques pour les intervenants (ex : toxiques et évaporants, etc.).

Un système de navigation du fabricant, baptisé *SM300*, a pour l'occasion été monté sur une petite barge récupératrice de type *Kvichak*, équipée d'équipements de récupération (en l'espèce une bande *Marco*) et mise à disposition par l'organisation de réponse privée *Marine Spill Response Corporation (MSRC)*, en présence de représentants de l'industrie, d'une part, et d'agences publiques du gouvernement fédéral américain, notamment de l'*US MARAD (Maritime Administration)*, d'autre part.

Dans cet exercice ont été testées, semble-t-il avec succès, les possibilités de commande à distance (ici, depuis le rivage) de la petite barge *Kvichak*, tant en matière de navigation/positionnement sur les zones de travail que de réalisation de quelques missions spécifiques - dont la mise en œuvre du récupérateur et le déploiement d'un barrage.

L'idée était de démontrer dans un premier temps, à divers acteurs de la réponse, l'apport potentiel de ce type de dispositifs dans certains contextes de pollution. Par suite, des réflexions sont en cours quant aux possibilités de robotisation du système, visant à l'autonomie/automatisation des moyens de lutte (et permettre une réponse en 24/7, le cas échéant), éventuellement collaborative (i.e. opérations conjointes et coordonnées entre plusieurs embarcations).

Toujours dans le domaine des pollutions par hydrocarbures, on peut citer également la commercialisation par le finlandais *Lamor* du *Troll X1*, robot également conçu dans l'optique de réduire les risques éventuellement liés au déploiement de personnels d'intervention sur l'eau.



Système de pilotage à distance SM300 (source : Sea Machines Robotics)

²⁹ Dans le même esprit que les équipements légers et amovibles *Minibagger*, associant un petit bras récupérateur rigide et un écrémeur à brosses oléophiles (Cf. LTML n°42-43), développés il y a quelques années par le finlandais *SeaHow* (filiale du groupe *Meritaito Ltd.*) et dont les produits antipollution, acquis par *Lamor Corporation* en 2018, sont commercialisés sous cette marque depuis (Cf. <https://www.lamor.com/lsc-minibagger>)

L'engin vise notamment à remorquer/pousser des matériels de lutte sur l'eau, notamment de confinement (barrages) ou de récupération (écrémeurs), soit par un opérateur à distance *via* une télécommande compacte (portée affichée à une centaine de mètres) ou, alternativement, grâce à son système intégré de positionnement dynamique (GPS) permettant la réalisation d'itinéraires programmés (ou son maintien en des points préalablement fixés).

D'un poids de 70 kg, relativement compact (1,60 m x 60 cm), l'engin à coque en PEHD est muni d'un propulseur électrique (autonomie de 8 heures maximum) rotatif sur 360° qui, à défaut d'une puissance élevée (force de traction de 25 kg), lui confère une grande maniabilité selon *Lamor*.



Vue du Troll Drone X1 Lamor (source : www.lamor.com)

Il s'agit à l'évidence d'un moyen auxiliaire dont les domaines d'application les plus vraisemblables sont les eaux abritées et à faibles courants (zones portuaires, notamment). pour le déploiement d'équipements relativement légers (petits barrages, boudins absorbants,...) éventuellement par opération en « bœufs » sur des pollutions modestes (ex : chalutage dynamique sur des petites accumulations flottantes, positionnement de petits linéaires entre des structures portuaires, etc.).

Pour en savoir plus :

<https://www.lamor.com/remote-controlled-seagoing-drone-x1>

• Produits

Absorbants réutilisables : mousse polyuréthane *Foam Flex (Test1)*

La société italienne *Test1* a développé et commercialise depuis récemment le *FoamFlex200* (en "Polyurethane Foam Flex"), soit un absorbant aux propriétés oléophiles et hydrophobes se présentant sous forme d'une mousse polyuréthane, souple et de structure en cellules ouvertes, apparemment combinée avec divers composés en améliorant l'affinité pour l'huile (ex : graphène, nanocharges – ou *nanofillers*, selon le fabricant).

Ce dernier annonce aussi une hydrophobie s'élevant à plus de 95%, ainsi qu'un pouvoir absorbant très élevé (jusqu'à environ 30 fois son poids, croissant en relation avec la viscosité de l'huile).

Au-delà de ces performances, *Test1* avance la possibilité de 200 réutilisations du produit après autant de processus d'essorage mécanique à l'aide de dispositifs spécifiques à rouleaux, lesquels sont aussi proposés par l'industriel sous l'appellation *FF-Wring* (littéralement « essoreur de *Foam Flex* ») en différentes tailles, depuis une version motorisée de 68 kg à une petite unité actionnée manuellement de 25 kg. Ce nombre élevé de réutilisations serait permis par une forte résistance à la traction du matériau.

Test1 indique la disponibilité de son *FoamFlex200* en boudins, tapis, et feuilles. A noter que ce développement a reçu l'appui de l'[Oil & Gas Technology Centre](http://www.oil-gas-technology.com) britannique, dans le cadre d'un programme de soutien³⁰ (développement, commercialisation...) à des entreprises proposant des technologies innovantes, répondant aux préoccupations du secteur de l'énergie au Royaume-Uni (en Mer du Nord en particulier).

Pour en savoir plus :

<https://www.test1solutions.com/> ; <https://www.test1solutions.com/doc/BR2.pdf>



Divers modèles d'essoreurs *FF-Wring*
(Source : *Test1*)

Cedre : validation d'absorbants flottants hydrophobes

À la demande de la société brésilienne *Biosolvit Ltda*, l'absorbant flottant hydrophobe *Bioblue Natural Absorber* en vrac, se présentant sous forme de flocons fabriqués à partir de bio polymère, a été testé par le laboratoire du Cedre selon la norme AFNOR NFT90-360. Compte tenu de ses

³⁰ Le [TechX Pioneer technology accelerator programme](http://www.techx-pioneer.com), en partenariat avec Equinor, BP et KPMG.

performances, il a été inscrit sur la liste des produits absorbants flottants hydrophobes de type vrac, utilisables sur hydrocarbures, publiée par le Cedre et consultable sur son site (www.cedre.fr).

A noter également, suite à une demande similaire et à la réalisation de tests également selon les procédures normalisées *ad hoc*, l'inscription à la liste des absorbants flottants hydrophobes conditionnés (feuilles, rouleaux, tapis...) des produits *AquaPal Blue* et *AquaPal Green*, fabriqués par la société israélienne *Palziv*, et qui se présentent sous forme de feuilles de mousse (*i.e.* à structure cavitaire de type « open cell » ; Cf. supra) en polyéthylène basse densité (LDPE) additionnés de différents copolymères.

Pour en savoir plus :

<http://www.biosolvit.com/en>

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

• Recherche

Soutien aux opérations en mer : du potentiel de l'épandage d'agents chimiques

Anciennement perçus en tant qu'agents de facilitation de la collecte mécanique en mer, par chalutage de nappes flottantes chimiquement « solidifiées », les produits gélifiants ont été relativement abandonnés dans cette optique depuis une trentaine d'années, mais semblent faire l'objet d'une attention renouvelée. L'apport des agents tensio-actifs dit « repousseurs » (*herders*) aux opérations sur l'eau a, quant à lui, fait l'objet de travaux dans les années 70s (capacité à concentrer des nappes, ratios d'application...). Après une période de relatif délaissement, ces *herders* ont été, depuis plus d'une dizaine d'années, à nouveau étudiés en Amérique du Nord, plus spécifiquement en tant que soutien au brûlage *in situ* (*ISB*) en climats arctiques (réduisant singulièrement les options de lutte « classiques »). Mais, plus récemment, le retour d'expérience consécutif de la pollution de *Deepwater Horizon* (USA, 2010) ayant contribué à asseoir l'*ISB* comme stratégie alternative en milieu marin (en l'occurrence avec mise en œuvre de barrages anti-feu), la possibilité de réaliser ce type d'opérations en mer ouverte après un confinement « chimique » par épandage de repousseurs (idée originelle) a suscité l'intérêt de certains membres de l'industrie pétrolière et connu de récents développements.

Repousseurs, gélifiants, et collecte sur l'eau

Au Canada, les risques environnementaux liés aux perspectives d'accroissement du volume de produits pétroliers transportés par pipelines ou par navires citernes motivent actuellement une activité de recherche et/ou le développement de techniques alternatives propices à optimiser l'efficacité de la réponse aux déversements d'hydrocarbures. Un programme de recherche dirigé par l'institut *BC Research* (basé à Vancouver en Colombie Britannique, spécialisé en R&D appliquée dans les domaines des biotechnologies, des carburants alternatifs, ...), lancé en 2015 et soutenu financièrement par le Ministère canadien des ressources naturelles (*NRCan*), vise à examiner l'efficacité d'une utilisation conjointe de repousseurs et de gélifiants pour, respectivement, réduire l'étalement de nappes de surfaces et les « figer » en une masse flottante, plus aisément récupérable *via* des techniques de collecte classiques (ex : aspiration ; chalutage ; etc.).

Dans ce cadre, *BC Research* a indiqué avoir développé de nouveaux repousseurs et gélifiants, formulés à partir de composés biosourcés, biodégradables, et évalué leur efficacité en laboratoire et à méso-échelle. Selon l'institut canadien, l'efficacité de ces produits serait satisfaisante, permettant d'envisager des ratios d'application faibles (un DOR de 2 % est évoqué) pour un résultat significatif en termes de facilitation de la collecte. [Fin 2019, BC Research annonçait aborder une nouvelle phase de production et de tests, à plus grande échelle, de ces formulations.](#) A suivre, donc.

Repousseurs et confinement de nappes en préalable à l'ISB en mer ouverte

Lors de la tenue à Southampton (Royaume-Uni) de la 8^{ème} édition de l'*Industry Technical Advisory Committee* (*ITAC*) du 2 au 4 octobre 2019, un représentant d'*ExxonMobil Upstream Research Company* a évoqué des travaux récents de la compagnie américaine en matière d'opérations d'*ISB* en eaux ouvertes soutenues par l'épandage d'agents tensioactifs repousseurs. Ces développements ont notamment été motivés du fait de l'existence de produits dont les évaluations de toxicité et de biodégradation ont déjà permis l'accession aux listes de produits agréés par

l'USEPA (ex : les *ThickSlick 65356* et *SilTech OP-40* de *Desmi*), fonctionnant en eaux tempérées, et d'études ayant évalué dès les années 70s le potentiel de confinement (sans brûlage ultérieur) de nappes en mer ouverte par repousseurs (ex : durant 2 heures ½, par des creux de près de 2 m).³¹

Parmi les plus récentes évaluations d'ISB aidé par application de repousseurs, ont été rappelées celles réalisées en 2016 lors de l'exercice norvégien annuel *Oil-On-Water*, dont il est noté qu'il s'agit du premier cas d'ISB effectif de nappes libres en mer, confinées par repousseurs (brûlage d'une durée de 30 minutes) ou non (durée moindre, de 12 minutes). Plus récemment, *ExxonMobil* a indiqué travailler en particulier sur les procédures d'épandages, et notamment au développement d'un véhicule de surface (qui serait autonome ou téléopéré) multifonctions, déployable à partir d'un navire ou d'un moyen aérien (hélicoptère ou avion) dont l'une des missions prévues est notamment l'épandage rapide (vitesse max. du prototype actuel = 100 km/h environ) de repousseurs à la périphérie de nappes, et leur mise à feu à distance par largage d'igniteurs. Un prototype a été évalué, d'une charge utile de l'ordre de 150 kgs jugée suffisante à l'emport des réserves *ad hoc* de repousseurs. D'autres fonctions additionnelles sont en cours d'évaluation, dont notamment : l'adjonction d'un drone aérien (captif) avec capteurs optiques (visible et IR) pour télédétection des nappes et guidage de l'engin, le développement d'un système anti-incendie (buses) pour le contrôle du brûlage si nécessaire, l'ajout de capteurs divers (COVs), etc.

• Impacts

Potentiel d'atténuation naturelle : boulettes d'hydrocarbures enfouies et plages exposées

Suite à l'accident de la plateforme *Deepwater Horizon (DWH)* en 2010, qui avait donné lieu à un déversement de pétrole brut dans le Golfe du Mexique à environ 80 km des côtes américaines (Cf. LTML 29 & 30), une partie de la pollution avait atteint les états du nord-est du Golfe sous forme d'arrivages disséminés et plus ou moins sporadiques de pétrole vieilli en mer, fragmenté en boulettes déposées ou localement enfouies dans les sables des plages battues - fréquentes en Floride, dans l'Alabama et le Mississippi notamment.

S'étant agi, dans ces états, de sites sensibles d'un point de vue économique, ces arrivages avaient été suivis d'importantes opérations de nettoyage par des méthodes plus ou moins agressives (ramassage manuel, criblage mécanisé, etc.). Néanmoins, des interrogations sur le devenir à long-terme de boulettes résiduelles, et d'éventuels risques environnementaux et sanitaires dans ce type de plages fréquentées, ont continué de motiver des travaux quant à leur évolution physico-chimique. Il faut remarquer que la problématique, dans cette région, trouve aussi un intérêt dans un contexte où les arrivages d'hydrocarbures sont chroniques – qu'ils soient d'origine anthropique ou naturelle (suintements naturels).

Une étude publiée en 2019 présente les résultats d'une expérience *in situ* de 3 ans (octobre 2010 - décembre 2013) qui a visé à suivre la dégradation de boulettes « standardisées », soit des agrégats de pétrole vieilli et de sables prélevés sur site au moment des arrivages de *DWH*, puis calibrés (dimensions, et teneurs en eau, en sables, en hydrocarbures, etc. homogénéisées), avant d'être enfouis dans les 50 cm superficiels (surfaces expérimentales), d'une part, et déposés en surface, d'autre part, d'une plage de sables battus de Pensacola (nord de la Floride).

Les auteurs ont, en parallèle, suivi la dégradation de boulettes incubées en laboratoire afin d'estimer les différences de cinétique en l'absence de sédiments (et, plus largement, soustraits à l'influence des paramètres environnementaux).

Des séries chronologiques de divers paramètres ont ainsi été obtenues et comparées (masse d'hydrocarbures, teneurs en n-alcanes, teneurs en HAPs, mesures de fluorescence...) qui ont mené les auteurs à suggérer une décomposition d'agglomérats « *de la taille d'une balle de golf* » 3 fois plus rapide dans les sites expérimentaux qu'en laboratoire.

De plus, l'atténuation des teneurs en alcanes et en HAPs s'est avérée similaire en profondeur (boulettes enfouies) et en surface de la plage. Un constat que les auteurs attribuent à la porosité des agglomérats permettant leur oxygénation dans ce type d'environnement (taille des grains de

³¹ Garrett, W.D. and Barger, W.R., 1972. Control and Confinement of Oil Pollution on Water with Monomolecular Surface Films, Naval Research Laboratory, Washington, D.C., NRL Memorandum Report 2451.

sable).

On peut néanmoins supposer que les échéances de dégradation avancées par les auteurs dans ce contexte expérimental (32 ans *in situ*) sont surestimées, dans la mesure où le protocole expérimental déployé prévoyait d'enfermer les "boulettes expérimentales" dans des structures en métal ajouré (type 'boule à thé'), elles-mêmes fixées à des piquets en PVC. A l'évidence conçu pour en éviter la dissémination dans l'environnement sous l'effet des mouvements sédimentaires, ce dispositif en a aussi très probablement amoindri (i) la dégradation mécanique (que l'on peut supposer importante dans des sables dunaires, de fragmentation par abrasion, par exemple) et, en toute hypothèse, (ii) les cinétiques de biodégradation (action bactérienne).

Quoiqu'il en soit, au-delà des chiffres absolus, cette publication confirme comment les sables, remaniés et oxygénés, de plages battues présentent un potentiel de dégradation vis-à-vis de pollutions résiduelles enfouies fragmentées en petits éléments (boulettes). En termes d'opérations de nettoyage en particulier, ce type de résultats peut venir étayer la réflexion sur la définition des méthodes, objectifs et critères d'arrêt, du nettoyage d'estrans sableux battus, au regard des types de sensibilités locales.

Pour en savoir plus:

Bociu I., Shin B., Wells W.B., Kostka J.E., Konstantinidis K.T. & Huettel M., 2019. Decomposition of sediment-oil agglomerates in a Gulf of Mexico sandy beach. *Nature/Scientific Reports* (2019) 9 : 10071 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46301-w>.

Soins à la faune : efficacité des mesures de soins chez un Sphéniscidé suite à la pollution du *Rena* (Nouvelle Zélande, 2011)

Des scientifiques et vétérinaires de l'Université de Massey, en Nouvelle-Zélande, ont publié en 2019 deux articles scientifiques présentant les résultats d'une évaluation de l'efficacité des mesures de soins à la faune souillée qui avaient été appliquées aux populations de Manchots pygmée (*Eudyptula minor*) localement à risques dans le contexte de la pollution issue de l'accident du porte-conteneurs *Rena* (île du Nord, Nouvelle-Zélande) en octobre 2011 (Cf. LTML n°34).

En effet, si de telles opérations sont relativement répandues depuis des dizaines d'années, des interrogations persistent sur leur efficacité et, donc, leur pertinence en termes de conservation des populations aviaires. Par ailleurs variable selon les espèces, le succès de la réhabilitation a, en outre, plus souvent été évalué en termes de survie des animaux durant la période de soins qu'au-delà de leur relâche dans le milieu naturel.

Dans l'une des 2 publications, les résultats exposés sont issus d'un suivi réalisé sur les 23 mois suivant le déversement pour estimer et comparer les taux de survie entre des manchots réhabilités et relâchés, d'une part, et des manchots contrôle, d'autre part.

Les premiers relevés/comptages ont démarré dès octobre 2011, avec les premiers constats d'individus souillés au sein des populations locales, alors en période de reproduction. Les manchots dont le taux de souillure excédait 5 % étaient capturés et transférés en centres de soins : 217 des 347 individus soignés, puis relâchés³² entre novembre 2011 et février 2012, ont été équipés d'un transpondeur (implant sous-cutané) pour en permettre le suivi individuel, de même que 361 oiseaux 'contrôles' issus de 3 mêmes colonies nicheuses. Plus d'une soixantaine de campagnes d'échantillonnage ont ensuite été menées entre mai 2012 et décembre 2013, permettant d'estimer les taux de survie *via* l'analyse statistique des données de capture/recapture (et examinées en lien avec d'autres descripteurs de l'état de santé, comme la masse corporelle).

Il ressort de l'analyse détaillée par les auteurs que les probabilités de taux de survie ont montré les mêmes tendances et n'ont pas différencié statistiquement entre individus « réhabilités » et « contrôle », ceci tout au long du suivi, sans qu'aucun phénomène de mortalité de masse n'ait été observé. En outre, au sein des lots de manchots ayant subi des soins, aucune relation n'a été mise en évidence entre une éventuelle variabilité intra-groupe des taux de survie et divers autres descripteurs (ex : niveau initial de souillure ; masse corporelle et paramètres sanguins pré- et post- soins ; durée de captivité ; ...). Autant de résultats qui mènent les auteurs à conclure, au moins chez cette espèce de Sphéniscidé, à l'efficacité des mesures de soins en termes de survie³³.

³² A noter que 90,6 % des individus placés en soins ont survécu au processus, et sont donc parvenus sains et saufs à l'étape du lâcher.

³³ Notons qu'on se gardera d'étendre ces conclusions à l'ensemble des espèces aviaires marines potentiellement vulnérables à des déversements d'hydrocarbures, en rappelant que leurs sensibilités respectives - à la pollution et/ou à la captivité - sont, pour beaucoup, moins connues et à tout le moins très variables selon l'éthologie et d'autres particularités biologiques.

Cela étant, les effets potentiels sur des populations aviaires peuvent, à plus long terme, s'exprimer aussi sous forme d'une incapacité à compléter normalement diverses étapes critiques du cycle biologique de l'espèce concernée, étapes dont la reproduction est assurément un processus déterminant sur le maintien (ou la restauration) des populations. Si des études post-accidentelles en la matière existent, elles méritent d'être complétées du fait d'une difficulté d'approche souvent rencontrée, liée par exemple au fait que de nombreuses espèces marines - souvent hauturières, migratrices - montrent une fidélité limitée aux sites de nidification côtiers, lesquels sont éventuellement (pour ne pas dire souvent) distants du site/pays de l'accident et/ou pas toujours objet de suivis pérennes.

Ainsi, adossé à l'étude des taux de survie et portant sur les individus marqués à cette occasion, un travail complémentaire a visé à comparer le succès reproducteur d'un certain nombre de couples comprenant au moins un adulte « réhabilité », d'autre part, et de couples « contrôle », d'autre part. Divers descripteurs ont été suivis durant les étapes de la nidification des manchots (pendant la première saison de reproduction postérieure à la pollution, soit fin 2012 - début 2013), dans l'objectif de préciser celles éventuellement concernées par un impact : ponte, taux d'éclosion, taux de poussins à l'envol. Sur la base de leur analyse les auteurs de ce suivi n'ont identifié aucune différence significative entre les estimations réalisées sur les couples nicheurs « réhabilités » et « contrôle », comparables à celles mesurées par ailleurs sur des populations distantes (en Nouvelle Zélande et en Australie), concluant ainsi à l'absence d'effets adverses significatifs de la pollution du *Rena* et des opérations de soins sur le succès reproducteur de *Eudyptula minor*.

Pour en savoir plus :

Siewwright K.A., Battley P.F., McConnell H., Armstrong D.P. & Morgan K.J., 2019. Survival rates of oil-rehabilitated and non-rehabilitated little penguins after the C/V *Rena* oil spill, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, **146**, 317–325. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.027>

Siewwright K.A., Battley P.F., McConnell H.M., Chilvers B.L. & Morgan K.J., 2019. Post-release breeding success of oil-rehabilitated and non-rehabilitated little blue penguins, *Eudyptula minor*, following the M/V *Rena* oil spill, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, **149**, 110553. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110553>

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 ».