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

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

Lettre Technique Eaux Intérieures *n°28*

LTEI 2018

Sommaire

- **Déversements d'hydrocarbures survenus en France 2**
  - Pollution au fioul d'une rivière de montagne suite à accident routier (Le Bramont, Nozières, 48) 2
- **Principaux déversements d'hydrocarbures survenus dans le monde 3**
  - Remontées de pétrole brut à partir d'un puits hors-service : champ *Lizama 158* (Colombie) 3
  - Pollution au gazole suite à défaillance de pipeline (*Marathon Petroleum*, USA) 4
  - Précipitations, accident ferroviaire et important déversement de brut en rivière (Little Rock River, USA) 4
  - Fuite d'essence à partir d'un pipeline vieillissant (Darby Creek, USA) 4
  - Pollution par pétrole brut du fleuve Guarapiche à partir d'une installation pétrolière (Etat de Monagas, Venezuela) 5
  - Déversement d'eaux chargées en site sensible et reculé (Région de Magallanes et de l'Antarctique chilien) 5
- **Déversements d'autres substances survenus dans le monde 5**
  - Nouveaux déversements de fluides chargés en matière minérale en zone humide (chantier *Rover Pipeline*, USA) 5
- **Anciens accidents 5**
- **Synthèse des déversements significatifs survenus dans le monde en 2018 ..... 6**
  - Sources des déversements 6
  - Types de produits déversés 7
  - Evènements 8
  - Causes 9
- **Confinement 10**
  - Petits fonds et forts courants : paravane à faible tirant d'eau *Boomvane 0.3* 10
  - Protection de sites : dispositif anti-inondation *Digue Bag* 10
- **Récupération 11**
  - Pompage : essais au Cedre de la pompe *WINDTRANS Zelda 2 HVLS* 11
  - Sites à forts courants : nouvelle version du récupérateur *Vikoma Fasflo* 12
  - Récupération dynamique en eaux semi-abritées : les petits bras rigides *Koseq Compact* 12
  - Rivières/estuaires à fort courant : essais des systèmes *Rapid River Response System (Elastec)* et *Oiltrawl NO-T-600* (*Norlense*) 13
  - Mini-récupérateurs : oléophiles *Vikomop* à cordes, *Hermit* à tambour, et mécaniques (seuil *Picofly*) 14
- **Absorbants 15**
  - Evaluations des performances d'absorbants réutilisables 15
  - Absorbants réutilisables (suite) : mousse polyuréthane *Foam Flex* (*Test1*) 16
  - Cedre : validation d'absorbants flottants hydrophobes 17
- **Détection d'hydrocarbures 17**
  - Petit ballon captif *Aerostat 3* pour le suivi de surfaces polluées 17
  - Dispositif *CLAM* : kit de terrain pour l'échantillonnage et l'extraction de contaminants chimiques en milieu aquatique 18
- **Déchets/débris flottants 18**
  - Panier macrodéchets *Elastec BruteBin* 18
- **Préparation à la lutte 18**
  - Pollutions par hydrocarbures lourds : évaluations de prototypes de barrages submergés par l'*USCG Research & Development Center* (Etats-Unis) 18
- **Recherche 20**
  - De l'électromagnétisme pour le confinement pour la récupération de déversements d'hydrocarbures 20
  - Déversements expérimentaux de bitumes dilués en mésocosmes *in situ*: le projet *BOREAL* (Canada) 20
  - Pipelines, conduites : biocapteurs pour la détection précoce de fuites d'hydrocarbures 21

• Déversements d'hydrocarbures survenus en France

Pollution au fioul d'une rivière de montagne suite à accident routier (Le Bramont, Nozières, 48)

Le vendredi 8 juin, un camion-citerne s'est renversé dans un virage en épingle, sur une route de montagne à l'aplomb de la rivière du Bramont à proximité de Nozières (48). Une partie de la cargaison (14 m^3 sur 32 m^3) de fioul domestique (FOD) s'est déversée dans le cours d'eau. A partir du site de l'accident, le polluant écoulé dans le Bramont s'est étendu jusqu'au Tarn (à 2,5 kilomètres en aval) favorisé en cela par le régime torrentiel du cours d'eau.

Les premières opérations ont consisté à stopper la fuite et à relever le poids lourd, à la suite de quoi les équipes du SDIS ont mis en place une série de dispositifs de confinement (barrages flottants) et absorbants en plusieurs points du cours d'eau, en particulier à la confluence du Bramont et du Tarn.

La préfecture a sollicité l'intervention du Cedre le 12 juin pour procéder à des reconnaissances de sites et à des recommandations en matière de techniques de dépollution du linéaire de rivière affecté.

Le contexte environnemental a, d'emblée, suscité quelques particularités :

- le débit du cours d'eau, en régime torrentiel du fait de fortes précipitations au cours des jours précédents l'accident, a favorisé la rapide extension aval du FOD, mais aussi son brassage dans la masse d'eau ;
- l'important dénivelé du tracé de la rivière, alternant petites chutes et vasques, la topographie accidentée des berges et leur forte végétalisation, en rendent l'accès difficile en de nombreux endroits, dès lors peu propices aux reconnaissances et, *a fortiori*, au déploiement de chantiers de confinement/collecte de polluant.

Sur le Bramont[1], le brassage de l'hydrocarbure léger a entraîné une certaine exposition des berges et des sédiments à la pollution, contribuant aux phénomènes de mortalité de faune aquatique (concernant des spécimens d'espèces piscicoles, et d'invertébrés divers –crustacés, insectes) observés au cours de reconnaissances effectuées conjointement avec l'Agence Française de la Biodiversité. D'autre part, les substrats ont localement piégé une partie du FOD, sous forme d'amas émulsionnés dans des anfractuosités, de gouttelettes imprégnant des sédiments, remobilisée lors de remaniements du fond (ex : largages d'irisations, gouttelettes, etc., suite à des piétinements, déplacements de pierres, ….) et causant une odeur persistante au cours des jours suivant l'accident. En certains secteurs, la végétation des berges également a, ponctuellement, retenu une partie du fioul (par exemple à raison de quelques litres, sur un linéaire de berge situé à 50 m environ en aval du point de déversement). Sur le Tarn, dès la confluence avec le Bramont, plus aucune trace de fioul domestique n'était détectable, visuellement ni olfactivement, lors des reconnaissances réalisées par le Cedre, manifestement en résultat d'une forte dilution du FOD au-delà ce point.

C'est donc essentiellement sur le Bramont que se sont portés les efforts de lutte, plus particulièrement à sa confluence avec le Tarn où les forts débits ont toutefois entravé la pose de dispositifs de confinement efficaces dans les premières heures suivant le déversement. A $t_{+2jours}$, des quantités résiduelles de FOD y étaient collectées *via* la mise en œuvre, par le SDIS, d'un ensemble comprenant successivement (sens amont-aval) : (**i**) un barrage plat de chantier, doublé d'un boudin absorbant (et de feuilles absorbantes dans la poche de confinement (photo 1) ; (**ii**) une retenue d'eau (d'environ 25 m x 10 m, creusée au moyen d'une pelle mécanique), créant une accalmie du cours d'eau et la recoalescence du FOD brassé dans les secteurs amont (dès lors récupéré *via* des absorbants disposés au niveau du déversoir) (photo 2) ; (**iii**) un barrage flottant doublé d'un boudin absorbant sur le Tarn (photo 3).

Photo 1 (Source : Cedre)

Photo 2 (Source : Cedre)

Photo 3 (Source : Cedre)

En amont, de petits dispositifs composés de boudins et de feuilles absorbants ont été disposés

[1] (où les captages d'eau se trouvent à l'amont du site de l'accident, à l'exception d'un canal de dérivation -protégé lors de la réponse d'urgence)

ponctuellement en 3 sites -la configuration s'y prêtant (accessibilité et relatif calme hydrodynamique), pour la collecte des hydrocarbures résiduels progressivement remobilisés.

Conséquences du brassage du FOD : traces de fioul émulsionné piégées en sous-face de blocs (**gche**) ; relargage (irisations) à partir de substrats meubles (**ctre**) ; atteinte d'espèces dulçaquicoles de fonds caillouteux/gravières (écrevisse à pattes blanches -*Austropotamobius pallipes*) (**drte**) (source : Cedre)

En conclusion, les dispositifs de confinement/récupération mis en place sur le cours du Bramont ont permis de capter l'essentiel de la pollution résiduelle, source de relargages de polluant en quantités assez faibles (irisations le plus souvent).

Les recommandations formulées en matière de finition du nettoyage incluaient 2 options, selon les possibilités d'intervention, s'agissant :

- de manière localisée, *i.e.* dans les zones à la fois accessibles et plus susceptibles d'avoir piégé du FOD résiduel (ex : vasques, zones de calme hydrodynamique), de procéder à des opérations de collecte manuelle (fauche de végétation souillée, récupération par absorbants), et si nécessaire de remobilisation au moyen de jets d'eau en basse pression (ex : brassage immergé des sédiments ; rinçage des berges), de l'amont vers l'aval en maintenant/renforçant le dispositif de récupération en place à la confluence avec le Tarn. A noter que dans cette hypothèse, les dispositifs de confinement intermédiaires sur le Bramont doivent être enlevés pour favoriser le flux de polluant remobilisé ;
- de laisser agir, dans les secteurs trop accidentés pour en permettre l'accès ou le déploiement en toute sécurité des intervenants, les processus naturels de rinçage et de biodégradation. D'une efficacité étroitement dépendante des épisodes météorologiques (pluviométrie, ensoleillement, etc.), cette option sous-entend l'acceptation préalable d'un éventuel délai pour la résorption complète de la pollution résiduelle, auquel cas le maintien du dispositif de récupération (confluence avec le Tarn) n'est pas impératif du fait des faibles relargages attendus.

• Principaux déversements d'hydrocarbures survenus dans le monde

Remontées de pétrole brut à partir d'un puits hors-service : champ *Lizama 158* (Colombie)

Le 2 mars, dans la municipalité colombienne de San Vicente de Chucuri (40 km de Barrancabermeja, Département de Santander), les cours d'eau Lizama puis Sogamoso (affluent de la Magdalena, fleuve le plus important du pays) ont été pollués à l'occasion d'une fuite de pétrole brut survenue au niveau d'un puits terrestre (champ *Lizama 158*) antérieurement exploité par la compagnie d'état *Ecopetrol* (hors service depuis 2015).

Selon cette dernière, l'incident qui s'est déroulé du 2 au 15 mars aurait résulté d'une défaillance de tubage au niveau d'un affleurement, elle-même en lien avec des variations de pression dans les sols, possiblement dues à (ou aggravées par) une activité sismique.

Peu précisées, les premières mesures ont prioritairement visé à confiner autant que possible l'hydrocarbure sur la Lizama, avec la pose de plus d'une centaine de dispositifs de barrages. La pollution s'est néanmoins étendue sur 25 km environ de la Lizama et une vingtaine de la Sogamoso, d'où ont été récupérés quelques 18 000 m^3 d'un mélange eaux/boues/pétrole. C'est sur la base de ce volume qu'a été estimé, à une centaine de m^3 d'hydrocarbure environ, celui écoulé dans les cours d'eau.

L'accident s'est produit dans une palmeraie et, plus largement, a affecté une région rurale non sans entraîner des retombées sur les riverains des secteurs affectés : relogement temporaire, suspension des accès aux ressources en eau et, par voie de conséquence, pénalisation des activités socio-économiques (agriculture, pêche, etc.), sans parler des interrogations quant aux risques sanitaires.

Autant de préoccupations qui ont, un mois après le déversement, motivé le Ministère colombien de

l'environnement et du développement durable à solliciter l'assistance technique de l'ONU, qui a dépêché sur place une mission d'experts -dont un ingénieur du Cedre *via* le mécanisme de protection civile *ERCC*[2] de l'UE, réunis au sein d'une unité UNEP/OCHA[3].

Les actions attendues de cette mission comprenaient essentiellement, dans son volet environnemental, la réalisation de reconnaissances des sites souillés (et nettoyés à divers degrés, à ce stade), pour fournir à l'Etat colombien (i) une appréciation quant aux risques d'impact environnemental et à l'adéquation de la réponse d'urgence (opérations de ramassage), ainsi que (ii) des conseils sur l'éventuelle adaptation, le cas échéant, des techniques à mettre en œuvre pour la finalisation du nettoyage.

*Evaluation postérieure aux opérations d'urgence : végétation souillée (**gche**) ; évacuation de sacs de déchets solides souillés (**drte**) (Source : Cedre)*

Au niveau de la source, des opérations de scellement définitif du puits ont été initiées en début avril 2018, pour une durée anticipée de 4 semaines et avec le recours à une logistique et expertise également extraterritoriales -en l'occurrence en provenance des Etats-Unis.

Pollution au gazole suite à défaillance de pipeline (*Marathon Petroleum*, USA)

Le 20 mars, à proximité de la municipalité de Solitude (Indiana, Etats-Unis), l'ouverture d'une brèche sur un pipeline exploité par la compagnie *Marathon Petroleum* a causé le déversement d'environ 160 m^3 de gazole dans la rivière Big Creek, affluent de la Wabash River (elle-même un affluent du fleuve Ohio). L'exploitant de la conduite a rapidement déployé deux barrages qui auraient permis de confiner la pollution dans la Big Creek, où l'agence fédérale US EPA (*Environmental Protection Agency*) a par la suite indiqué n'avoir pas constaté d'impacts aigus visibles, ni sur la faune piscicole ni sur l'avifaune dont le retour pour la saison de nidification intervient plus tardivement au printemps.

Précipitations, accident ferroviaire et important déversement de brut en rivière (Little Rock River, USA)

Le 22 juin dans l'état de l'Iowa (USA), environ 600 m^3 de pétrole brut se sont déversés dans la rivière Little Rock suite au déraillement d'un convoi ferroviaire comprenant 33 wagons citernes, accident causé par l'effondrement des sols inondés lors du débordement des eaux du fleuve.

Fuite de brut dans la Little Rock à partir de citernes ferroviaires (source : www.ntsb.gov)

La réponse, non détaillée dans nos sources d'informations, a été menée par des sociétés spécialisées mandatées par l'opérateur du réseau ferroviaire, sous la supervision des agences publiques concernées, regroupées en un *Unified Command* incluant également des représentants des sociétés privées impliquées. L'extension de la pollution dans les eaux de débordement a conduit à la contamination de terres cultivées, et nécessité des opérations de remplacement des sols superficiels.

Fuite d'essence à partir d'un pipeline vieillissant (Darby Creek, USA)

Le 19 juin en Pennsylvanie (USA), la fuite d'un pipeline datant de 1937, courant entre Philadelphie et un terminal proche de Reading, causait une pollution du cours d'eau Darby Creek par plus de 120 m^3 d'essence. Selon l'agence fédérale *PHMSA* (*Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration*) les 2/3 du déversement auraient été confinés et récupérés au terme de la réponse (coordonnée par les autorités locales, de l'Etat de Pennsylvanie, et fédérales), avant remplacement de la section fuyarde et remise en service de la conduite le 1er juillet.

[2] Centre de coordination de la réaction d'urgence.

[3] Associant l'expertise environnementale du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (*PNUE*) au réseau de réponse humanitaire coordonné par le Bureau des Nations Unies pour la Coordination des Affaires Humanitaires (*OCHA*).

Pollution par pétrole brut du fleuve Guarapiche à partir d'une installation pétrolière (Etat de Monagas, Venezuela)

Le 6 juillet, une avarie technique non précisée survenue au sein d'une installation d'extraction pétrolière de la compagnie vénézuélienne d'état *Petróleos de Venezuela SA* (*PDVSA*), à proximité de Jusepín (État de Monagas), entraînait le déversement, à partir de stockages de traitement, de l'ordre de 200 tonnes de pétrole brut dans le fleuve Guarapiche. L'activation du plan d'urgence de l'exploitant a compris des mesures de confinement et de récupération dont ni les modalités ni le bilan ne sont détaillés dans nos sources d'informations, au-delà de l'indication par PDVSA d'une pollution "sous contrôle" à j_{+3}, et d'un taux de collecte de 70 % du volume déversé. Quatre fonctionnaires de la société pétrolière auraient fait l'objet de sanctions, en suite de cet accident.

Déversement d'eaux chargées en site sensible et reculé (Région de Magallanes et de l'Antarctique chilien)

Le 17 octobre, à proximité de Rio Cullen (Région de Magallanes et de l'Antarctique chilien), une fuite de cause non précisée s'est produite dans une installation pétrolière de la compagnie nationale chilienne *Empresa Nacional del Petróleo* (*ENAP*) -et opérée par la compagnie argentine *Yacimientos Petrolíferos Fiscales* (*YPF*), provoquant la pollution par hydrocarbures d'un étroit cours d'eau, le Chorrillo Paraguaya.

D'un volume d'environ 720 m^3, le déversement a motivé la constitution d'un Comité régional opérationnel d'urgence incluant des représentants des collectivités locales, des agences gouvernementales concernées, aux côtés des services d'intervention (pompiers, militaires, etc.).

Confinée au cours d'eau, la pollution ne s'est pas étendue au littoral et 60 % en aurait été récupérés selon *YPF*.

• Déversements d'autres substances survenus dans le monde

Nouveaux déversements de fluides chargés en matière minérale en zone humide (chantier *Rover Pipeline*, USA)

Le 10 janvier, un déversement d'entre 500 et 600 m^3 de fluide de forage (à base de bentonite) s'est produit sur un site du chantier de construction d'un gazoduc, s'écoulant dans une zone humide bordant la Tuscarawas River dans le comté de Stark (Ohio, USA). Cet évènement, à défaut d'impliquer une substance dangereuse, a fait suite à une série de cas similaires rapportés entre avril et novembre 2017 notamment (Cf. LTEI n°27).

• Anciens accidents

Exploitant de barges sanctionné pour déversements répétés d'engrais liquides (Washington, USA)

Le Département de l'Écologie de l'État de Washington (Etats-Unis) a rendu, en 2018, ses conclusions d'une enquête menée suite à 3 déversements successifs, survenus en avril 2017, d'engrais liquides dans le fleuve Columbia et son principal affluent, la rivière Snake. Ces évènements distincts avaient abouti au déversement dans les cours d'eau en question d'un volume total de l'ordre de 150 m^3 de solution d'urée et de nitrate d'ammonium, à partir de barges citernes. L'exploitant (*Tidewater Barge Lines, Inc.*) s'est vu, au sortir de l'investigation, infliger une amende de 18 000 $ pour manquements identifiés en matière de maintenance/entretien de ces installations, dont la structure en acier s'est avérée passablement corrodée par le produit transporté en routine.

Le premier déversement s'est produit entre le 11 et le 21 avril 2017, lors d'opérations de chargement au terminal *Tidewater* de Pasco. Plus de 60 m^3 avaient alors pollué la Snake River, en résultat de la corrosion des citernes de la barge. Le second, entre le 20 et le 24 avril 2017, est survenu lors d'opérations de transfert également, à partir d'une autre barge mais toujours en raison de citernes corrodées qui ont laissé échapper plus de 80 m^3 d'urée et de nitrate d'ammonium dans le fleuve Columbia, à proximité de Vancouver[4]. Un troisième déversement y a été signalé quelques jours plus tard, à partir de la même barge dont une citerne fissurée a perdu cette fois quelques m^3 d'engrais

[4] (ne pas confondre avec la Vancouver canadienne)

liquide.

Solubles, et rapidement diluées dans les cours d'eau concernés (à relativement fort débit de surcroît), ces pollutions ont surtout été sanctionnées pour leur caractère jugé évitable moyennant des procédures de maintenance adaptées. La société doit, à cet égard, soumettre au Département de l'Écologie un plan annuel de prévention et de gestion garantissant l'intégrité des structures d'acier et des soudures des citernes de barges.

• Synthèse des déversements significatifs survenus dans le monde en 2018

Cette analyse est réalisée à partir de l'inventaire des accidents survenus en 2018 répertoriés par le Cedre, ayant entraîné un déversement estimé supérieur à 10 tonnes, d'une part, et suffisamment renseignés, d'autre part. Rappelons que, pour un certain nombre d'évènements, les volumes déversés ne sont pas connus ou n'ont pas été communiqués dans nos sources d'informations -bien qu'excédant manifestement la dizaine de tonnes : ces lacunes et imprécisions pénalisent indubitablement la précision de l'interprétation des résultats présentée ci-après.

Sources des déversements

En 2018, 29 accidents suivis de pollutions significatives (≥ 10 t.) ont été identifiés en eaux intérieures, soit une valeur inférieure aux nombres médians exprimés sur l'intégralité de la période 2004-2017 (37, estimation sur la base de données annuelles, collectées de façon analogue), ou pour les périodes 2004-2010 (40) et la décennie en cours (34 pour 2011-2017). Pour la 3ème année consécutive, le nombre d'accidents significatifs portés à notre connaissance s'est avéré quelque peu inférieur à celui globalement observé dans la décennie précédente. Cette analyse suggère par conséquent une tendance actuelle à la baisse, légère, du nombre de déversements de plus de 10 m^3 rapportés dans nos sources d'informations.

Pollutions accidentelles (ampleur > 10t.) en eaux intérieures dans le monde : quantités annuelles et nombre d'évènements identifiés par le *Cedre* (2004-2018)

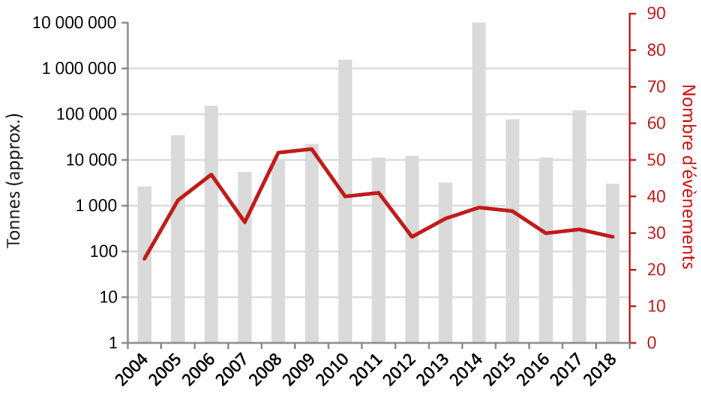

Figure 1

Ce nombre d'évènements correspond à une quantité cumulée d'hydrocarbures et d'autres substances dangereuses déversées en 2018 de l'ordre de 3 000 tonnes (fig. 1) : il s'agit d'un des plus faibles cumuls annuels estimés depuis 2004, bien inférieur à la médiane annuelle calculée pour la période 2004-2017 (d'environ 17 000 tonnes).

Ces constats résultent, outre du relativement faible nombre d'évènements recensés en 2018, de la faible ampleur de ces derniers, dont pratiquement les trois quarts ont impliqué des quantités inférieures à 100 tonnes.

De fait, les données identifiées en 2018 indiquent que les déversements accidentels sont distribués de part et d'autre d'une valeur médiane d'environ 30 tonnes. Au plus, seuls 3 déversements ont impliqué des volumes dépassant 500 tonnes, et aucun n'a atteint le millier de tonnes.

En 2018, les **installations pétrolières terrestres**, d'une part, et les **pipelines**, d'autre part, ont représenté les sources les plus fréquentes des pollutions significatives d'eaux intérieures portées à notre connaissance, en totalisant chacune environ 21 %, dont un tiers lié à des dépôts pétroliers, pour les premières (fig. 2). Viennent ensuite les **camions citernes**, catégorie à l'origine de 17 % des évènements, dont trois survenus en France, devant les **trains** (fréquence de 13% au total, à raison de 10 % imputables à des wagons citernes ; fig. 2).

La catégorie des **installations (petites et moyennes) diverses** est à la source d'environ 12 % des accidents identifiés, sans qu'il soit possible d'y distinguer l'implication prévalente, en 2018, d'un type de structure en particulier (ex : installations agricoles, PME et grandes surfaces, etc.) (fig. 2).

Les **navires** de divers types (mais ici le plus souvent des barges) ont, quant à eux, été impliqués dans environ 10 % des cas de déversements significatifs de 2018.

D'une précision relative (du fait du caractère parfois lacunaire des données, en termes de volumes déversés), l'analyse des quantités (estimations *a minima*) de produits déversés par type de source suggère que la contribution la plus élevée au bilan de 2018 est celle des **installations pétrolières terrestres** (35 % environ, avec plus de 1 000 tonnes cumulées ; fig. 3). Cependant, elle résulte de déversements modestes, à l'exception de 2 cas survenus à partir d'un site de récupération secondaire au Venezuela (*PDVSA Jusepín production complex*) en juillet, et d'une installation pétrolière non précisée (*Yacimientos Petrolíferos Fiscales*) dans le Territoire chilien de l'Antarctique en octobre, (ayant impliqué, respectivement, 200 tonnes de pétrole brut et plus de 700 tonnes d'un hydrocarbure non précisé).

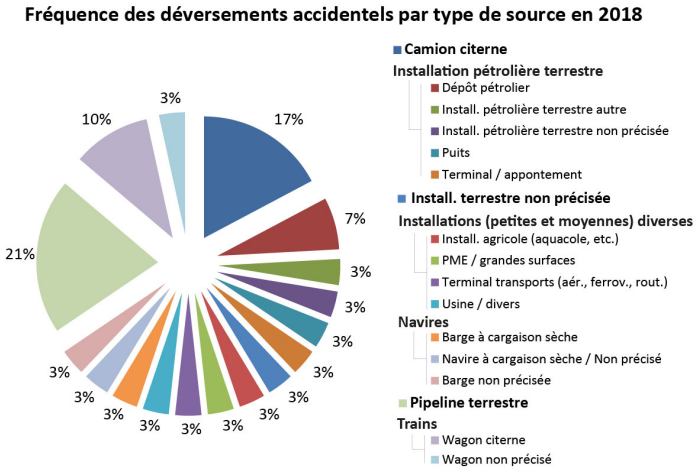

Figure 2

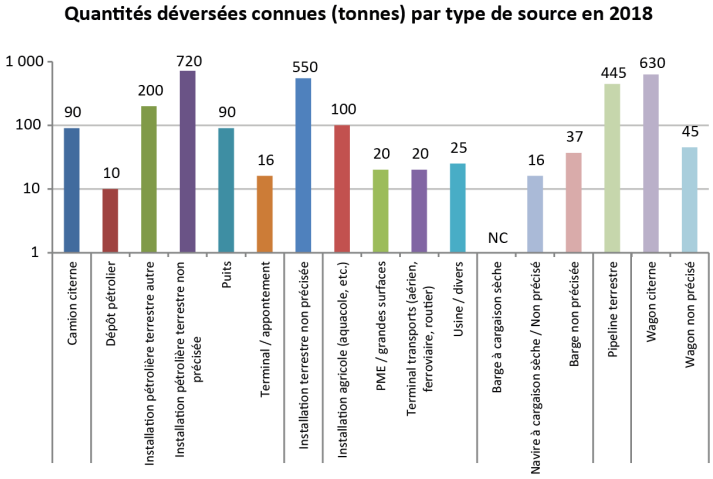

Figure 3

Vient ensuite la contribution des **trains**, représentant environ 22% du total de 2018, avec des incidents de petite ampleur (médiane de l'ordre de 30 tonnes), exception faite d'un déversement de 600 tonnes environ de pétrole brut suite au déraillement, en juin, d'un convoi de wagons citernes dans l'état de l'Iowa (USA).

Les **installations terrestres non précisées** ont contribué à environ 18 % du bilan annuel (fig. 3) en lien avec un déversement unique d'un volume important (environ 550 m^3) de fluide de forage à base de bentonite, à partir d'un chantier de construction/pose d'un pipeline à proximité de la Tuscarawas River dans l'Ohio (USA) en janvier 2018.

Le volume cumulé déversé à partir des **pipelines** représente approximativement 15 % du bilan de 2018 (fig. 3), contribution modérée du fait de déversements d'ampleurs moyennes (distribution autour d'une médiane d'une centaine de tonnes).

Enfin, malgré leur implication dans 17% des cas identifiés, la part du volume total assignable aux **camions citernes** est d'à peine 3 % (fig. 3), du fait des quantités classiquement faibles (médiane de 15 m^3) des déversements associés. De même, en résultat de déversements généralement de petite ampleur (de l'ordre d'une vingtaine de tonnes, à l'exception d'un seul évènement en ayant impliqué une centaine selon nos informations), les **installations (petites et moyennes) diverses** ne pèsent que faiblement (5% environ ; fig. 3) dans le bilan 2018.

Types de produits déversés

La plus forte contribution identifiée au bilan 2018 apparaît, comme généralement, celle des hydrocarbures. Ils totalisent *a minima* de l'ordre de 3 000 tonnes de produits pétroliers déversés, soit

une contribution totale (sous-estimée) au bilan annuel de 76 % environ (fig. 4).

Parmi ceux-ci on retiendra essentiellement :

- les **pétroles bruts**, dont les quantités déversées connues totalisent environ 950 tonnes, soit un peu plus de 30 % du bilan global. Cette contribution procède, sur la base des données portées à notre connaissance, d'une demi-douzaine de déversements supérieurs à 10 m^3, dont deux seulement ont dépassé la centaine de m^3 (issus pour l'un d'une installation pétrolière au Venezuela en juillet, et pour l'autre du déraillement d'un convoi de wagons citernes aux Etats Unis en juin) ;
- la part, en seconde position, des **hydrocarbures non précisés** (27% du bilan global), liés à 2 déversements, l'un d'environ 700 tonnes à partir d'une installation pétrolière terrestre (*Yacimientos Petrolíferos Fiscales*) dans le Territoire chilien de l'Antarctique en octobre, l'autre d'environ 100 tonnes d'eaux chargées en hydrocarbures à partir d'un pipeline opéré par *Cor4 Oil Corp* dans la province canadienne de l'Alberta en juillet ;
- les produits raffinés, en particulier les **raffinés légers** (soit les produits blancs de type gazole, essence, kérosène, fioul domestique), contributeurs à hauteur de 14 % du bilan environ. Cette contribution est en lien avec pas moins de 11 évènements d'ampleur modérée (médiane d'environ 20 m^3), à l'exception de deux pollutions de plus de 100 m^3 : l'une de 160 m^3 de gazole suite à l'ouverture d'une brèche sur un pipeline aux Etats-Unis (cours d'eau Big Creek, Indiana, mars 2018), l'autre de plus de 120 m^3 d'essence, également à partir d'un pipeline, ayant affecté la Darby creek (Pennsylvanie, en juin) ;
- à noter la présence des catégories **biocarburants** et **dérivés houillés** (en l'espèce, du charbon), bien que faiblement représentées (< 2%), dans le bilan de 2018 (fig. 4).

La contribution identifiée au bilan des effluents chargés en **matières minérales** est d'environ 18 %, en lien avec un déversement de l'ordre de 550 tonnes de fluide à base de bentonite, à partir d'un pipeline en cours de construction aux Etats-Unis (fig. 4).

Viennent ensuite les déversements de **matière organique**, dont la contribution cumulée s'élève à un peu moins de 5%, en lien avec trois incidents dont un d'une centaine de m^3 de lisier -à partir d'une fosse au sein une exploitation porcine de la proximité d'Elliant (29) en avril.

La part représentée par les **substances chimiques** est négligeable au sein du bilan annuel des déversements significatifs identifiés en eaux intérieures.

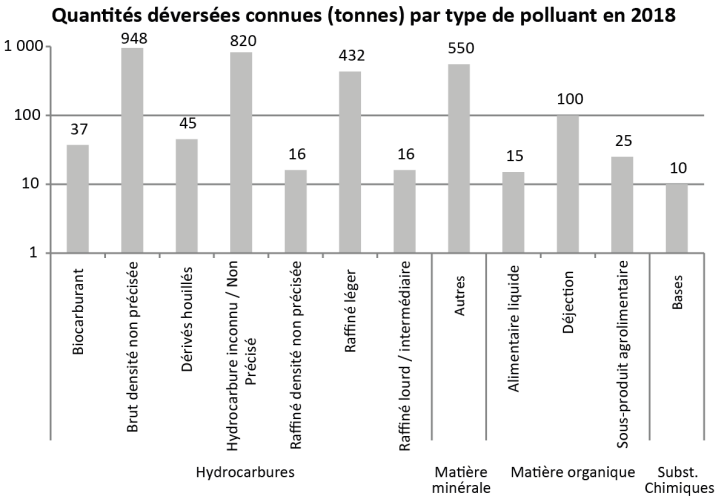

Figure 4

Dans cette catégorie, nous n'avons eu connaissance que d'un déversement de chlorite de sodium ayant atteint de l'ordre de 10 tonnes, survenu en l'occurrence dans le gave de Bélonce (affluent du Gave d'Aspe) par suite du renversement d'un camion-citerne sur la commune d'Etsaut (64) au mois d'août.

Evènements

Les évènements les plus fréquemment rapportés en 2018 ont relevé de la survenance de **trous, brèches ou ruptures** sur diverses structures (environ 73 % du total ; Fig. 5) :

- La plus grande partie des évènements de cette catégorie a correspondu à des cas de **renversements (chavirage/déraillement)**, s'agissant pour l'essentiel de transports terrestres (citernes routières ou ferroviaires). En termes de quantités déversées, ces évènements cumulés ont été les plus forts contributeurs identifiés au bilan estimé en 2018, dont ils représentent environ 750 tonnes, majoritairement en lien avec un déversement de grande ampleur (de l'ordre de 600 tonnes), survenu à la suite du déraillement d'un convoi de wagons citernes aux Etats-Unis en juin[5] (fig. 6) ;
- Viennent ensuite les **pertes d'étanchéité** de structures diverses (de pipelines, dans la moitié des cas en 2018), qui représentent 21 % de la totalité des évènements (fig. 5) et sont, en termes de quantités, la 2ème contribution (près de 500 tonnes) au bilan global (fig. 6). Distribués autour d'une valeur médiane de 100 tonnes, le déversement de ce type le plus important a atteint plus de 150 tonnes, résultant de l'ouverture d'une brèche sur un pipeline de l'Indiana (Etats-Unis) et la pollution consécutive du cours d'eau *Big Creek* au mois de mars ;

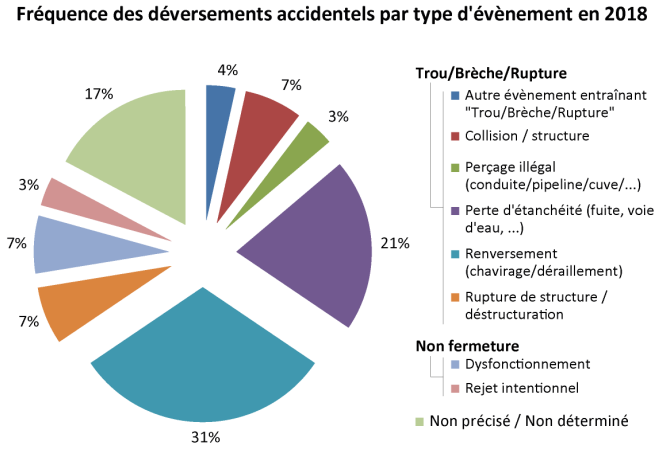

Figure 5

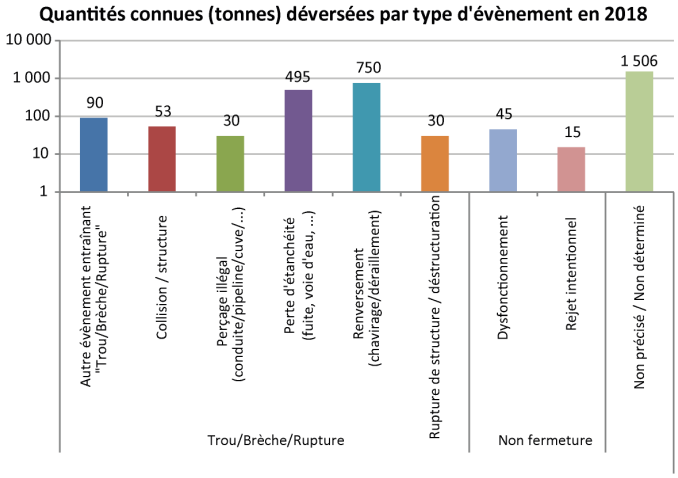

Figure 6

Les fréquences des autres types d'évènements ayant abouti à la survenance de **trous, brèches ou ruptures** sont inférieures à 10 % de l'ensemble des cas (fig. 5) ; leurs contributions au bilan de l'année 2018 sont relativement peu élevées (cumuls compris entre 30 et 90 tonnes) (fig. 6) ;

A noter, en 2018, la fréquence assez élevée (environ 17 % ; fig.5) d'évènements dont le type est **non précisé** dans nos sources d'informations, une catégorie représentant par ailleurs la plus grande contribution au bilan de l'année (fig. 6), en lien avec des déversements conséquents (quantité médiane de 200 tonnes).

Causes

En premier lieu, l'analyse de la distribution de fréquence des causes montre que ces dernières sont **inconnues ou non précisées** dans nos sources d'informations pour près de la moitié (48 %) des cas recensés en 2018 (fig. 7). Parmi les cas les plus significatifs dans cette catégorie, on retiendra le déversement d'entre 500 et 600 tonnes de fluide de forage à base de bentonite dans une zone humide proche de la Tuscarawas River (comté de Stark, Ohio, Etats Unis) en janvier, d'une part, et de plus de 700 tonnes d'hydrocarbures non précisés, à partir d'une installation pétrolière, dans un cours d'eau de l'Antarctique chilien en octobre, d'autre part. En outre, l'ensemble des pollutions de causes non précisées représentent, au cumul, la plus grande partie (56 %) du bilan annuel estimé (fig. 8). A l'évidence, ces lacunes rendent délicate l'identification des principales causes à l'origine des accidents inventoriés sur la période considérée.

Parmi les causes identifiées, les **avaries techniques d'installations** sont néanmoins largement prévalentes (à l'origine de 31 % des cas ; fig.7) : souvent **non précisées** (17 % des cas), elles relèvent assez fréquemment (10 %) de **défectuosité/vétusté** d'éléments divers (en l'occurrence en 2018, de pipelines dans 2/3 des cas). Globalement, les quantités déversées assignables aux **avaries**

[5] Concernant le reste des évènements de ce type, les quantités déversées se sont avérées d'ampleur modérée (médiane de 20 tonnes environ).

techniques d'installations s'élèvent à environ 20 % du volume total estimé sur l'année, soit environ 600 tonnes -dont plus de la moitié causée par de la **défectuosité/vétusté** (cause à l'origine de déversements d'ampleur médiane de 100 tonnes) (fig. 8).

Les causes regroupées dans la catégorie **interventions externes** ont été identifiées dans 10 % des évènements, et se sont avérées peu contributrices au bilan global déversé, car ayant impliqué en 2018 des déversements de faible ampleur (de l'ordre de 30 tonnes, typiquement) selon nos informations.

Enfin, bien que plus faiblement représentées (7 %), les **causes naturelles**, plus particulièrement les **conditions atmosphériques**, sont parmi les causes identifiées les plus contributrices au bilan déversé. Ceci est en lien, surtout, avec le déraillement d'un convoi de citernes ferroviaires aux Etats-Unis au mois de juin et le déversement de plusieurs centaines de tonnes de brut dans un cours d'eau, causés par une déstabilisation des sols dans un secteur affecté par le débordement latéral du fleuve (à la faveur de pluies intenses).

Les **défaillances humaines** n'ont été rapportées que dans environ 4 % des évènements ici recensés (fig. 7), cause par ailleurs *a priori* faiblement contributrice au volume déversé estimé en 2018 (fig. 8).

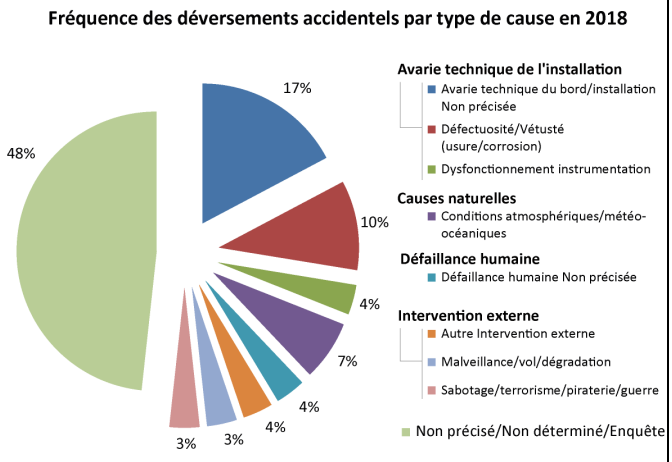

Figure 7

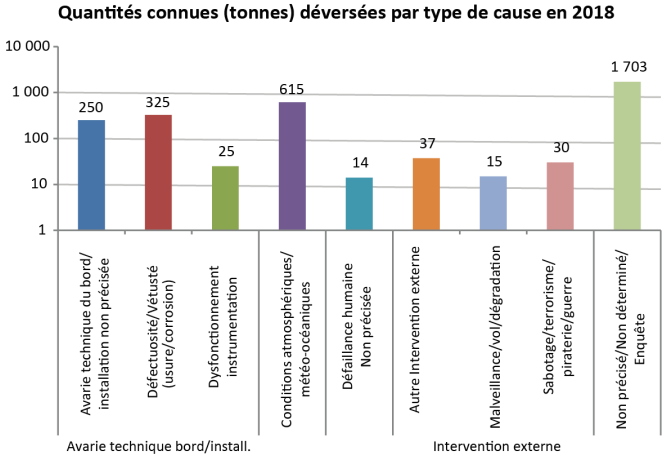

Figure 8

• Confinement

Petits fonds et forts courants : paravane à faible tirant d'eau *Boomvane 0.3*

Fin 2018, la gamme de paravanes commercialisée par la firme nord-américaine *Elastec* s'est étoffée, avec l'ajout du *BoomVane 0.3*.

Comme sa dénomination le laisse entendre, le tirant d'eau de ce modèle est de 30 cm, visant à permettre sa mise en œuvre dans des rivières et/ou veines d'eau à forts courants et, ainsi, le déploiement de barrages de confinement en mode dynamique ou statique. Sa conception est, sinon, similaire aux autres déclinaisons de *BoomVane*.

BoomVane 0.3 *(Source :* Elastec*)*

Pour en savoir plus:
https://www.elastec.com/products/floating-boom-barriers/accessories/boomvane/0-3m-boomvane/?utm_medium=email&utm_source=MyNewsletterBuilder&utm_content=1125332027&utm_campaign=Elastec+Looks+Back+at+2018+1413763670&utm_term=Learn+More+About+03m+BoomVane

Protection de sites : dispositif anti-inondation *Digue Bag*

La société *Seawall* (établie à Saint-Quentin, France) commercialise depuis 2018 un système modulaire, nommé *Digue Bag*, permettant l'édification de batardeaux anti-submersion ou anti-inondation, vocation originelle de cet équipement.

Ce dernier peut aussi avoir une application dans un contexte anti-pollution (réalisation dans l'urgence de barrières, en mode de protection). Ce système de digue temporaire repose sur l'assemblage, *via* des sangles et cliquets intégrés, de plusieurs modules unitaires (*DB-011*) de type *bigbag* -s'agissant ici d'enveloppes souples en polypropylène (200 g/m^2) qui, remplies de granulats (sables, gravats, etc.) ou d'eau selon les modèles, prennent une forme parallélépipédique de dimensions 90 x 90 x 110 cm (l / L / h), pour une charge utile maximale de 1,5 tonnes.

Batardeau constitué de modules DB-11 Seawall (source : Seawall)

• Récupération

Pompage : essais au Cedre de la pompe *WINDTRANS Zelda 2 HVLS*

La société canadienne *WindTrans Systems* commercialise un récent modèle de pompe volumétrique à déplacement positif, la *Zelda II HVLS* (pour *High Volume Low Speed*). Celui-ci vise à permettre le transfert de grands volumes de fluides à basse vitesse d'actionnement, une caractéristique conférant un potentiel intéressant pour le transfert d'hydrocarbures, en réduisant notamment les phénomènes de cavitation et d'émulsification des produits pompés.

Auto-amorçante, la *Zelda II HVLS* est prévue pour être actionnable manuellement (manivelle) ou *via* un moteur. Il s'agit par ailleurs d'un matériel léger (construction aluminium) transportable dans des sites inaccessibles aux véhicules, tels que des berges de rivières, des fronts de marais, etc.

Ces caractéristiques annoncées ont motivé le Cedre à évaluer, fin 2018, les performances et le potentiel de cet équipement pour un déploiement en site d'accès difficile, au bénéfice et avec le soutien de ses partenaires (Total et Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire).

Vue de la Zelda II HVLS équipée de manivelles (source : Cedre).

Vingt-deux tests de pompage ont été menés sur des fluides de viscosité croissante : eau ; hydrocarbure moyennement visqueux (classe II ; 1 500 cSt) ; fioul lourd (classe III ; 12 200 cSt).

Tests par entraînement manuel / 2 opérateurs ; Puits de pompage pour évaluations à hauteurs d'aspiration variables (source : Cedre).

Afin d'en estimer le potentiel de mise en œuvre sans moyens mécanique, les essais ont été réalisés[6] avec les manivelles d'entraînement manuel, actionnées par 2 opérateurs -dont l'appréciation/ressenti du niveau de difficulté était noté en complément. Quelques essais prospectifs ont été réalisés avec un moyen d'entraînement mécanique électroportatif léger (malaxeur).

Les débits maximums mesurés en entraînement manuel ont été de : 19,4 m^3/h sur de l'eau[7] ; 18 m^3/h sur l'hydrocarbure de classe II ; 2,1 m^3/h sur l'hydrocarbure de classe III. Concernant ces deux derniers produits néanmoins, l'effort physique fourni lors des tests a été estimé difficile à très difficile, suggérant une possibilité limitée d'opérations soutenues en mode d'entraînement manuel, par 2 opérateurs seulement, ceci à partir de viscosités modérées.

Pour tous les essais et produits, la pompe a confirmé ses bonnes capacités auto-amorçante, ainsi que d'aspiration sur une hauteur significative (jusqu'à 8 mètres sur hydrocarbure moyennement visqueux).

A titre informatif, les quelques mesures effectuées en mode d'actionnement mécanique, *via* l'outillage léger utilisé, en ont montré :

[6] Conformément à la norme Afnor NF T-71-401

[7] Contre 55,6 m3/h en mode d'actionnement mécanique, *via* l'outil mécanique léger employé.

- le gain potentiel en termes de débit, en l'occurrence augmenté d'un facteur 2 à 3 ;
- la nécessité d'un moyen d'entraînement plus puissant que celui ici utilisé (ex : tracteur, moteur thermique, etc.) pour le transfert de fluides moyennement à fortement visqueux, du fait d'un couple résistant important, mais aussi et notamment lorsque la pression de refoulement augmente.

Au final, en dépit des limitations identifiées pour le pompage d'hydrocarbures en mode manuel, les tests ont montré des caractéristiques intéressantes (légèreté, auto-amorçage, hauteur d'aspiration) et un potentiel d'amélioration de ses performances moyennant un entraînement mécanique via un équipement adapté (ex : puissance, dimensions…) au contexte de mise en œuvre envisagé.

Sites à forts courants : nouvelle version du récupérateur *Vikoma Fasflo*

Fin 2018, le fabricant britannique *Vikoma* annonçait la commercialisation d'une version revue de son dispositif *Fasflo*, écrémeur conçu pour la récupération d'hydrocarbures flottants en plans d'eau relativement circonscrits et de débit élevés (ex : rivières, estuaires…).

Succèdent ainsi aux *Fasflo 25* et *75* les *Mini* et *Maxi Fasflo*, qui en reprennent les débits de 25 et 75 m^3/heure, respectivement. Le concept est globalement inchangé. Il s'agit d'une tête d'écrémage à seuil flottant encadrée de 2 flotteurs (construction aluminium ou fibre de verre), et munie de connexions permettant d'y fixer 2 barrages déviateurs/concentrateurs pour un déploiement en mode dynamique (à couple d'un navire) ou statique (un bras amarré sur berge, quai, ponton, etc.). Le constructeur en annonce l'opérabilité jusqu'à des vitesses maximums de courant entrant de 4 nœuds.

Maxi Fasflo *déployé en mode dynamique (Source :* Vikoma*)*

Les hydrocarbures récupérés dans la cuvette de collecte sont, pour la version *Maxi*, refoulés vers un stockage (sur berge ou navire) *via* une pompe volumétrique intégrée (alimentée par le groupe de puissance diesel/hydraulique *GP70*) et, pour la version *Mini*, transférés *via* une petite pompe associée (*V190D* à lobes ; alimentation diesel).

Les modifications apportées au modèle porteraient essentiellement sur une reconfiguration de l'ouverture de l'écrémeur, notamment au niveau des connecteurs qui, renforcés, assureraient également une meilleure stabilité des barrages déflecteurs. Ces derniers apparaissent dorénavant joints par des lignes transversales, d'une part, et ont été munis d'une connexion mettant en relation leurs valves de gonflage, d'autre part.

Pour en savoir plus:
https://www.vikoma.com/Oil_Spill_Solutions/Skimmers/Fasflo.html

Récupération dynamique en eaux semi-abritées : les petits bras rigides *Koseq Compact*

La firme hollandaise *Koseq* propose, depuis quelques années, une déclinaison compacte et conteneurisée de ses bras récupérateurs rigides (*sweeping arms*) : le *Koseq Compact 502* (Cf. LTML n°41).

Depuis 2018, le constructeur commercialise les formats *Compact 5* et *Compact 8,* de 5,3 et 8,2 m de long, respectivement, étendant ainsi sa gamme de *sweeping arms* destinés à équiper de petits navires d'opportunité (à noter que le *Compact 5* n'est autre qu'une version non conteneurisée du *502*). Ces modèles, plutôt destinés à une utilisation en eaux portuaires, continentales (ou côtières semi-abritées), sont dotés, à la base de chaque bras récupérateur, d'un écrémeur à seuil pouvant recevoir un module oléophile (brosses, disques ou tambours) associé, sur demande spécifique du client, à une pompe centrifuge immergée comportant une vis entraînée par un moteur hydraulique, d'une capacité nominale de 150 m^3/heure (*Marflex MSP 100*).

A l'automne 2018, *Koseq* annonçait également un modèle plus petit encore, de 2,5 de long (le *Compact 2.5*) pour un poids de 200 kg, plus particulièrement axé vers la réponse à des déversements de petite ampleur en zones portuaires ou dans des espaces réduits (plans d'eau, rivières, etc.), par exemple.

Selon divers communiqués[8] du fabriquant, il présenterait également une capacité de pompage de 150 m^3/heure, et serait équipé d'un système d'écrémage modulable : à brosses, disques ou à tambour.

Schéma du bras rigide Koseq Compact 2.5 *(Source : Koseq)*

Pour en savoir plus:
https://koseq.com/models/compact-5/
https://www.linkedin.com/pulse/koseq-compact-25-new-sweeping-arm-model-annette-bosch?trk=related_artice_KOSEQ%20-%20COMPACT%202.5%20-%20A%20NEW%20SWEEPING%20ARM%20MODEL_article-card_title

Rivières/estuaires à fort courant : essais des systèmes *Rapid River Response System (Elastec)* et *Oiltrawl NO-T-600* (*Norlense*)

En 2018, le Cedre a évalué, dans l'estuaire de la Loire, les performances *in situ* de matériels de confinement et de récupération conçus pour les zones à fort courant, à la demande de ses partenaires publics (Direction des affaires maritimes/MTES et Cerema[9]) et industriels (Total). Ces évaluations ont bénéficié du soutien logistique du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN), de la Subdivision des phares et balises (SPB) de Saint-Nazaire, du FOST[10] de Total, et de la mise à disposition d'équipements et d'experts par les sociétés *Elastec* et *Norlense*.

Dans la continuité des essais d'équipements *NOFI* (*Current Buster 4* et *Current Buster 2*, respectivement) en 2013 et en 2015, puis *DESMI* (*Speed Sweep*) et *LAMOR/Egersund Group* (*Sweep Skimmer MOS*) en 2017, ce sont les performances en termes de concentration/collecte de polluant flottant et les modalités de déploiement (ex : manœuvrabilité ; moyens nautiques nécessaires ; etc.) des systèmes *Rapid River Response System* (*R3S* ; *Elastec*) et *Oiltrawl NO-T-600* (*Norlense*) qui ont été évaluées en conditions *in situ* en 2018. Ces essais sur polluant simulé (maïs soufflé) ont concerné le potentiel de mise en œuvre des dispositifs tant en mode dynamique (*i.e.* chalutage) que statique (*i.e.* à partir d'un quai).

Rappelons que le *R3S*, destiné à la récupération dynamique de nappes d'hydrocarbures en eaux peu profondes et à forts courants, associe une petite barge récupératrice[11] et –à sa proue- une bande MARCO (*Portable Filterbelt Skimmer*) [12], située au fond d'une poche de confinement en V elle-même formée par 2 sections de barrages légers permanents (*Optimax*), écartées *via* 2 déflecteurs (*Boomvane*) tractés par un navire de servitude (ici le baliseur *Bonne Anse* de la SPB) opérant à petite vitesse.

Système R3S *:* FOST-1 *en support/récupération, remorquage par le* Bonne Anse *(source : Cedre/Altiview)*

Dans les conditions de l'évaluation en mode dynamique (vent < 5 nœuds, absence de vagues), et une fois la bonne configuration des barrages obtenue (en « V »), le dispositif s'est montré correctement manœuvrant. L'augmentation progressive de la vitesse de chalutage a permis d'estimer visuellement (apparition de vortex le long des bras déviateurs) la limite d'efficacité du dispositif à 2,1 nœuds (vitesse relative en entrée de dispositif).

Concernant la mobilisation d'une embarcation d'opportunité à faible franc-bord en fond de dispositif (ex : chaland de débarquement, barge, plate ostréicole, etc.), certains points d'importance ont été relevés.

[8] Le modèle *Compact 2.5* ne figurant pas, à notre connaissance et au moment de la rédaction de ces lignes, sur le site de la firme.
[9] Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
[10] *Fast Oil Spill Team*
[11] Dans ce contexte de ces essais, il s'est agi du *FOST-1*, chaland de débarquement (*Lamor 7500 OS*) du FOST.
[12] A noter qu'en situation de pollution réelle, et du fait des dimensions généralement réduites de la barge utilisée en fond de poche, il faut prévoir l'adjonction de moyens (i) de pompage/transfert et (ii) de stockage des hydrocarbures récupérés (la firme propose à cet égard un réservoir souple flottant, configuration non testée ici, d'environ 4 m^3).

Ces derniers ont notamment concerné : (i) la capacité, durant les transits, à relever le récupérateur (notamment en absence de mât/bras de charge) ; (ii) l'étanchéité du confinement entre l'extrémité/base des barrages et l'embarcation (ou le récupérateur)[13].

Les essais du *R3S* en mode statique ont permis d'estimer à 0,9 nœud la vitesse minimale de courant nécessaire au déploiement, par le *Boomvane* utilisé, d'une section de 80 mètres de barrage déviateur (correspondant à une largeur de captage de 30 mètres).

L'*Oiltrawl NO-T-600* est un système comprenant 3 parties : 2 barrages déviateurs, un concentrateur-séparateur pétrole/eau, et un réservoir souple flottant connecté à l'arrière du système pour stocker le pétrole récupéré (ici d'une capacité de 10 m^3)[14]. Il est annoncé pour être opérable pour une gamme de courants entrants dans le dispositif compris entre 1 et 4 nœuds, chaluté (i) avec un seul navire à l'aide du paravane *Trawldoor* du fabriquant ou (ii) en bœufs (Cf. aussi LTML n°40).

Des évaluations en mode de chalutage « en bœufs » ont été réalisées avec les bateaux *FOST-1* et *Bonne Anse*, confirmant les difficultés de déploiement de ce type de dispositifs par des navires dissemblables en termes de dimensions, puissance et manœuvrabilité (fardage, carène, etc.).

De fait, le déploiement de l'*Oiltrawl* par le seul *Bonne Anse* (19 m ; 2x175 cV) au moyen du paravane *Trawldoor* a permis de s'affranchir des contraintes de coordination et de communication imposées par le remorquage à 2 navires. Dans cette configuration, la tenue du dispositif s'est avérée très satisfaisante, autant en ligne droite qu'en virages éventuellement serrés. Un début de perte du polluant simulé est apparu à partir d'environ 3,5 nœuds de courant relatif mesuré en entrée de dispositif. Remarquons que leur système d'armature interne gonflable, en spirale, semble conférer aux bras déviateurs une bonne adaptation aux déformations de la surface (creux de 50 cm environ lors des essais).

*Vue de l'*Oiltrawl NO-T-600 *remorqué par le* Bonne Anse *(hors-champ) via le paravane* Trawldoor *(au premier plan) (Source : Cedre)*

Enfin, le paravane *Trawldoor*, de conception robuste et d'une mise en œuvre constatée relativement facile, s'est avéré d'un poids nécessitant un moyen de levage pour sa mise à l'eau (ici, la grue de bord du *Bonne Anse*). Enfin, les essais en mode statique ont permis de confirmer la possibilité d'installer l'*Oiltrawl* le long d'un quai en utilisant un paravane pour maintenir les bras ouverts face au courant, et de réaliser la manœuvre de retournement à l'étale réalisée antérieurement sur les équipements précédemment testés sur le site.

En conclusion, si ces systèmes récupérateurs repoussent bel et bien les limites d'efficacité des barrages traditionnels, de l'ordre de 0,7 nœuds en courant frontal (fréquemment atteints en estuaires), leur mise en œuvre optimale requiert un dimensionnement adapté des moyens nautiques disponibles, et une maîtrise technique des opérateurs soulignant l'intérêt de formations et d'exercices réguliers pour les intervenants/organismes qui souhaiteraient s'en doter.

Mini-récupérateurs : oléophiles *Vikomop* à cordes, *Hermit* à tambour, et mécaniques (seuil *Picofly*)

- **corde oléophile : le *Vikomop* de *Vikoma***

Vikoma propose une nouvelle déclinaison du concept de récupérateur à cordes oléophiles produit de longue date par *OPEC Ltd* : fruit d'une collaboration entre les 2 firmes britanniques, il s'agit d'un petit modèle d'écrémeur baptisé *Vikomop*, de faible débit (12 m^3/heure annoncés par *Vikoma*).

[13] Le dispositif *R3S*, dans sa déclinaison complète (« clé-en-main »), prévoit l'attelage de la bande *Marco* à une barge *Kvichak*, dont le système de connexion paraît satisfaire à cette étanchéité.

[14] Disponible aussi en 20 ou 30 m^3, une pompe peut optionnellement l'équiper pour refouler en continu le produit vers les stockages du navire support.

Si elle vise *a priori* essentiellement un marché industriel (traitement d'eaux polluées), l'encombrement réduit de cette version, sa construction en acier inoxydable, et sa disponibilité en version thermique (diesel) ou hydraulique contribuent à en faire un équipement mobile potentiellement intéressant (en termes de transport et de déploiement par exemple) en certaines situation d'urgence : à l'aplomb de quais, en cas d'impossibilité de mise à l'eau de têtes d'écrémage de grandes dimensions, etc. Le fabricant indique la disponibilité de cordes dans des longueurs comprises entre 3 et 120 m, et en 2 types selon le produit à récupérer (léger ou lourd/visqueux). La conception relativement simple de l'engin en permettrait, de plus, l'installation, la mise en œuvre et une maintenance aisées.

Le récupérataur à cordes oléophiles Vikomop *(source :* Vikoma*)*

Pour en savoir plus: https://www.vikoma.com/res/Vikomop

Rappelons que, d'un usage peu répandu et peu présent dans les stocks d'équipements de lutte en France, ce type de récupérateurs à cordes oléophiles est proposé par *OPEC* au Royaume-Uni depuis les années 1970, pour des applications industrielles mais aussi pour la réponse antipollution et, entre autres exemples, par des fabricants finlandais (*Lamor*), norvégiens (*Henriksen*), et danois (*Desmi*).

- **tambour oléophile : l'*Hermit* d'*Elastec***

De faible débit (entre 2 et 3 m^3/heure annoncés) également, mais dont l'intérêt potentiel est aussi un faible encombrement (68 x 46 x 13 cm), *Elastec* commercialise depuis fin 2018 l'*Hermit Skimmer* : récupérateur à tambour oléophile (PHD) monté sur un cadre en aluminium comportant (outre une petite cuvette de collecte) 2 mini-bras munis de flotteurs destinés à concentrer/guider la couche superficielle d'eau vers le tambour. Il est actionné par un moteur pneumatique antidéflagrant (certifié ATEX en environnement de Zone 1 et Zone 2).

Hermit Skimmer (Source : Elastec)

Pour en savoir plus: https://www.elastec.com/products/oil-spill-skimmers/drum-oil-skimmers/tank-oil-skimmer/

- **mécanique à seuil : le *Picofly* de *Vikoma***

Mini récupérateur Picofly *(Source :* Vikoma*)*

En complément, bien que pensé pour une application industrielle essentiellement (ex : puits, trous d'hommes, drains…) mentionnons l'ajout à la gamme des petits écrémeurs portables de *Vikoma* du *Picofly*. Il s'agit d'un mini-seuil équipé de 4 flotteurs, de (très) petit débit annoncé (4 m^3/heure) mais dont les dimensions réduites et la légèreté peuvent, pour des déversements de faible ampleur, être mis à profit pour la collecte de polluant flottant éventuellement piégé dans des milieux très exigus.

Pour en savoir plus: https://www.vikoma.com/Portable_Skimmers.html

• Absorbants

Evaluations des performances d'absorbants réutilisables

A la demande de ses partenaires publics (Direction des affaires maritimes/MTES et Cerema) et industriels (Total), le laboratoire du Cedre a, en 2018, réalisé des évaluations de produits absorbants innovants, apparus sur le marché ces dernières années, et annoncés par les fabricants comme présentant de bonnes performances en termes d'efficacité et un potentiel de réutilisation élevé. La finalité est d'en mieux apprécier l'éventuel intérêt opérationnel et économique en cas de pollution réelle (limitation des volumes d'absorbants consommés, de quantités de déchets souillés à traiter, etc.).

Les absorbants concernés et actuellement commercialisés sont fournis sous diverses formes (feuilles, rouleaux, tapis…), constitués de mousses en polyéthylène basse densité (LDPE) auxquels sont ajoutés différents copolymères, matériau apolaire et par conséquent oléophile et hydrophobe. Leur structure, dite en *open cells* (comparable à celle d'une éponge) est en outre censée optimiser le potentiel absorbant (en augmentant la surface de contact entre le produit et le polluant à collecter), d'une part, et en permettre la réutilisation (jusque plusieurs fois) après extraction des hydrocarbures, d'autre part, généralement par pression/essorage.

Les produits des fabricants *Pazliv*, d'une part, et *Aquaflex*, d'autre part, ont fait l'objet de ces évaluations.

Ont ainsi été soumis aux tests normalisés (AFNOR NFT90-360) des échantillons de l'absorbant *AquaPal*, disponible en feuilles/rouleaux de LPDE et éthylène-vinyle acétate (EVA) (*Open Cell Rolls Blue*), ou de LPDE et EMA (*Open Cell Rolls Green*), récemment mis sur le marché par la société israélienne *Pazliv* spécialisée dans la fabrication de mousses polyéthylène. Ils ont été complétés d'essais prospectifs, à petite échelle, visant à caractériser les propriétés de rétention des matériaux après une première utilisation et un essorage mécanique d'échantillons (en l'occurrence, par pression).

Suite à ces tests normalisés, des mesures comparatives de valeurs de rétention ont été réalisées sur divers échantillons de l'absorbant *Aquaflex* (de la firme américaine *AquaFlex Holdings LLC*) ceci à des valeurs fixées du rapport [*masse initiale d'hydrocarbures/masse d'absorbant*]. Noter que la société *Aquaflex* correspond à celle antérieurement connue sous le nom d'*OPFLEX Environmental Technologies*, qui proposait depuis plusieurs années le produit homonyme (*OPFLEX* ; Cf. LTEI n°22), soit une mousse dérivée d'un copolymère d'éthylène/acrylate de méthyle (EMA), déclinée sous diverses formes et dimensions : tapis, rouleaux, franges, etc.

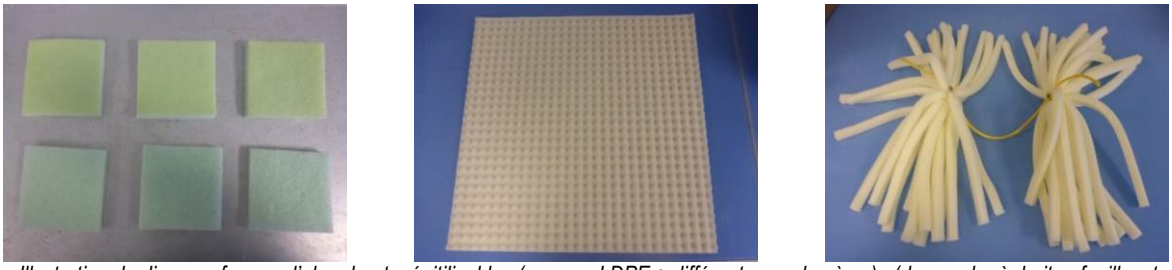

Illustration de diverses formes d'absorbants réuitilisables (mousse LDPE + différents copolymères) : (de gauche à droite : feuilles, tapis alvéolé (détail), écheveaux) (Source : Cedre)

Les résultats obtenus ont, en résumé, permis de confirmer l'hydrophobie des divers produits examinés et leur pouvoir absorbant élevé (variable selon les formes –feuille, écheveau, etc.- mais toujours supérieur à 10, soit plus du double de la valeur seuil[15] fixée par la NFT90-360 pour acceptation dans la liste de produits validés par le Cedre).

Les évaluations prospectives de réutilisation après essorage (par compression), réalisés à échelle laboratoire sur l'un des produits (*Open Cell Rolls Blue*), suggère une conservation des propriétés de rétention de ce type de matériau, du moins pour les 6 séquences successives appliquées. Néanmoins, la teneur résiduelle en hydrocarbures notée au cours de ces évaluations souligne la nécessité, dans la perspective de préciser cet aspect, de procéder à des essais à échelle pilote (ex : feuilles d'absorbants au format standard ; dispositif de compression plus efficace –rouleaux notamment ; etc…), lesquels pourraient également permettre d'examiner plus avant leur résistance mécanique (éventuelle survenance de déchirures, de délitement, etc.) dans des conditions proches d'une utilisation de terrain.

Absorbants réutilisables (suite) : 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.

[15] 5 fois le poids d'absorbant pour les absorbants en feuilles, tapis, rouleaux…

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* britannique, dans le cadre d'un programme de soutien[16] (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

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 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 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/

• Détection d'hydrocarbures

Petit ballon captif *Aerostat 3* pour le suivi de surfaces polluées

La firme américaine *Elastec* commercialise depuis 2018 un ballon captif de petit volume (3 m^3), l'*Aerostat 3,* annoncé comme une déclinaison compacte et relativement peu coûteuse d'un moyen de surveillance aérienne de mise en œuvre plus simple (et réclamant moins d'expertise) que celle d'un drone par exemple.

L'aérostat, gonflé à l'hélium, peut rester en position stationnaire pendant des périodes étendues pour réaliser, en temps réel (*via* l'emport d'une caméra dotée d'un système de communication sans fil), des missions de suivi de pollution flottante voire de vérification de l'efficacité de dispositifs de lutte (confinement, récupération, par exemple).

Visuellement, le modèle évoque fortement l'*Hawk Owl* de la société britannique *Owls Surveillance Ltd*, mais en plus petit volume (rappel : le *Hawk Owl* est proposé en volume de 15 m^3).

*L'*Aerostat 3 *(source :* Elastec*)*

Equipé d'un système de signalisation (déflecteur radar et éclairage LED), l'*Aerostat 3* est prévu pour pouvoir s'élever jusqu'à 200 m, arrimé à un système d'ancrage à l'aide d'un cordage en fibre de polyéthylène UHMWPE[17] (*Dyneema*, de la société néerlandaise *DSM*) retenue pour sa résistance (torsion, abrasion, …), sa légèreté et sa faible élongation/déformation. A noter également que la caméra numérique embarquée (de petit format, type caméra sportive) est montée sur un stabilisateur à cardan à trois axes motorisés, contrôlés à distance *via* un programme utilisant un périphérique de type *joystick*.

Pour en savoir plus :
https://www.elastec.com/products/aerial-surveillance/#photos ; https://www.owls-surveillance.com/

[16] Le *TechX Pioneer technology accelerator programme*, en partenariat avec *Equinor*, *BP* et *KPMG*.
[17] ultra-high molecular weight polyethylene

Dispositif *CLAM* : kit de terrain pour l'échantillonnage et l'extraction de contaminants chimiques en milieu aquatique

La firme nord-américaine *Aqualytical* a développé un appareil de faible encombrement pour l'échantillonnage *in situ* des contaminants organiques dans le milieu aquatique, dénommé *CLAM* (pour *Continuous Low-Level Aquatic Monitoring*, approximativement « Suivi des basses teneurs en contaminants aquatiques »).

Le dispositif, assez léger (< 900 gr), se présente sous la forme d'une coque arrondie en polycarbonate (diamètre d'une quinzaine de cm). Il est alimenté par une batterie autonome et héberge une petite pompe submersible créant un flux d'eau (de volume mesurable grâce à un débitmètre) passant à travers une cartouche d'extraction en phase solide (en l'occurrence des disques SPE)[18]. Les composés ciblés sont des composés organiques dissouts semi-volatils, dont notamment les phtalates, les pesticides organochlorés ou organophosphorés, les PCBs…

Ce système a été testé par diverses agences gouvernementales aux Etats-Unis (dont la *NOAA,* notamment, en 2018). L'un des avantages identifiés est son autonomie (48 heures), permettant l'analyse de volumes d'eau importants et ainsi, selon les besoins, (i) l'intégration de conditions dans un intervalle de temps relativement étendu, ainsi que (ii) une capacité à détecter de très faibles concentrations (inférieures aux limites de détection dans des échantillons d'un litre d'eau, selon des évaluations comparatives de la *NOAA*). En outre, l'extraction sur cartouches permet un stockage durant plusieurs semaines avant traitement en laboratoire, là où des analyses courantes d'échantillons ponctuels d'eau nécessitent des délais d'analyse plus courts.

Pour en savoir plus : https://aqualytical.com/water-monitoring-extraction-kits/

• Déchets/débris flottants

Panier macrodéchets *Elastec BruteBin*

La firme américaine *Elastec* fournit depuis plusieurs années déjà des moyens de confinement pour macro-déchets flottants, notamment ses barrages *BruteBoom* et *NetBoom*, auxquels s'ajoute depuis 2018 un système collecteur commercialisé sous l'appellation *BruteBin*.

Il s'agit d'un ponton flottant en alliage d'aluminium, dont la structure intègre 2 flotteurs latéraux encadrant 1 panier collecteur dont l'ouverture, positionnée face au courant, est pourvue d'attaches où viennent se fixer, de chaque côté, une section déviatrice/concentratrice de barrage *BruteBoom* (barrage flottant permanent, de section cylindrique en PEHD, dont l'axe longitudinal est parcouru et renforcé d'une chaîne en acier).

Ponton collecteur de macro-déchets flottants BruteBin *avec barrages déviateurs* BruteBoom *(Source : Elastec)*

Les extrémités amont des sections de barrages sont, quant à elles, amarrées sur les rives ou tout autre structure *ad hoc* (ponton, quai, etc.) selon les contraintes spécifiques au site d'implantation du dispositif. Des œillets de levage intégrés au panier permettent, le cas échant, de le vidanger au moyen d'une grue.

Destiné à être positionné au niveau de secteurs d'apports ou de convergences/accumulations de macrodéchets flottants (ex : confluences de cours d'eau, émissaires pluviaux, …), le *BruteBin* est disponible en versions/capacités, respectivement d'environ 9,5 m^3 (L x l x h = 3,7 x 2,5 x 1 m) et 14,5 m^3 (L x l x h = 4,9 x 2,5 x 1,2 m).

Pour en savoir plus :
https://www.elastec.com/products/floating-boom-barriers/trash-debris-boom/

• Préparation à la lutte

Pollutions par hydrocarbures lourds coulants : évaluations de prototypes de barrages submergés par l'*USCG Research & Development Center* (Etats-Unis)

Des équipes du *Coast Guard Research and Development Center* (*RDC*) spécialisées dans le domaine de l'intervention sur déversements d'hydrocarbures ont indiqué avoir évalué en 2018

[18] Solid-phase extraction (extraction en phase solide), conformes à la procédure 3535 de l'US-EPA en la matière.

l'apport potentiel de prototypes de barrages submergés, dans la réponse aux déversements d'hydrocarbures ayant tendance à couler en eaux continentales, et à dériver à proximité des fonds selon l'intensité de l'hydrodynamisme. Une initiative répondant au besoin pressenti d'amélioration de la capacité de réponse aux accidents impliquant des pétroles non conventionnels (notamment les *dilbits* issus de l'exploitation des sables bitumineux).

De premières évaluations se sont tenues sur le fleuve Kalamazoo (région de Morrow Lake, Michigan) site choisi dans l'optique d'y évaluer les performances et les limites, en conditions de forts courants, d'un dispositif déviateur (vers des zones de récupération) d'hydrocarbures dérivant à proximité du fond, voire sur le fond. Ces tests portaient sur le maintien (configuration, affaissement/couchage, affouillement induit, efforts de tension…) du dit dispositif, sur des périodes allant jusqu'à 24 heures et avec diverses méthodes d'amarrage selon de substrats présents sur le fond.

***Gauche** : vue d'une section (7.5m * 90 cm) du prototype de barrière déflectrice submergée pour rivières à courants ; **Droite** : Relevage du barrage déviateur au moyen d'un treuil. Noter l'utilisation de barrières de chantier en plastique remplies de sable en guise d'ancrages immergés (Source :* USCG Research & Development Centre*)*

S'agissant d'un prototype élaboré par le *RDC*, les caractéristiques précises ne sont pas détaillées à ce stade. Néanmoins, le dispositif submergé s'apparente dans sa conception à un rideau de type anti-turbidité, de construction PVC dont le bord supérieur consiste en élément de flottaison permanent, pour le maintien en position verticale d'une jupe constituée du textile filtrant *X-Tex* (d'*Ultratech International*)[19]. La bordure inférieure est parcourue d'une gaine en PVC accueillant les éléments de lest, de reprise de tension et d'amarrage sur le fond (chaînes, élingues…). Ses dimensions sont relativement importantes (sections de 7,6 m de long, et de 90 cm de hauteur).

Le *RDC* a complété ces tests au printemps 2018, toujours dans le Michigan (lac Huron) en examinant cette fois la mise en œuvre d'un second concept de barrage submergé, mouillé sur le fond à partir d'un navire de l'*USCG* et avec le soutien de plongeurs, cette fois dans le but de prévenir l'extension/migration de polluants localement coulés dans des secteurs de relatif calme hydrodynamique (méandres de rivières, lacs, éventuellement fonds marins/côtiers…). Ont été évaluées à cette occasion les procédures de pose/relevage du prototype, et ses performances (tenue/configuration) *via* une caméra vidéo montée sur un ROV.

Vues du prototype de barrière de confinement submergée, développé par l'USCG RDC pour déploiement dans des zones de relatif calme hydrodynamique (Source : USCG Research & Development Centre*)*

Des évaluations d'un troisième prototype (à nouveau sur la rivière Kalamazoo) étaient annoncées pour le printemps 2019 (dont les détails ne nous sont pas connus), avant compilation de l'ensemble des résultats et enseignements issus des 3 tests dans un rapport à diffusion publique, selon le *RDC*… A suivre, donc. Ce programme a, par ailleurs, reçu l'intérêt et le soutien financier de l'*US EPA* (*Environmental Protection Agency*) dans le cadre de la *Great Lakes Restoration Initiative*, motivés par l'augmentation du transport de pétroles issus de l'exploitation des sables bitumineux et de bitume dilué (dilbit) dans la région des Grands Lacs.

[19] Pour rappel, ce matériau est utilisé pour des modèles de barrages flottants anti-turbidité, notamment le *MarkMaster V* de la société américaine *Parker Systems Inc.* (*PSI*) (Cf. LTEI n°27)

• Recherche

De l'électromagnétisme pour le confinement pour la récupération de déversements d'hydrocarbures

Courant 2018, en résultat d'un projet initié depuis plusieurs années, l'entreprise américaine *Natural Science LLC* et le *Laboratoire national d'accélérateurs Fermi* (*Fermilab*)[20] ont annoncé la signature d'un accord de licence octroyant au premier les droits d'utilisation d'une technologie *E-MOP* visant à permettre de confiner et de récupérer des hydrocarbures pétroliers *via* un système breveté de barrage électromagnétique, mis en œuvre conjointement avec un procédé de magnétisation préalable de l'hydrocarbure en question. Le principe repose sur un phénomène d'incorporation préférentielle, dans un hydrocarbure, de particules de magnétite (Fe_3O_4) de dimensions microscopiques lorsque ces dernières sont épandues sur un mélange huile-eau (i.e. un déversement de pétrole en milieu aquatique).

Ce phénomène donnerait lieu à une suspension colloïdale, magnétique, déplaçable à l'aide d'un aimant… s'agissant ici d'un *electromagnetic boom*, autrement dit d'un « barrage électromagnétique », éventuellement complété d'un récupérateur à bande (également électromagnétique), arsenal dont *Natural Science*, qui en a élaboré des prototypes, juge qu'il pourrait avantageusement se substituer aux systèmes de barrages et écrémeurs classiques. De même, un processus magnétique de séparation hydrocarbures/magnétite est proposé par la société.

L'un des arguments avancés par les développeurs et plaidant en faveur de cette méthode est que la magnétite est, outre une substance d'origine naturelle, largement disponible dans le monde (réduisant les frais et procédures d'expédition internationales, mais aussi les coûts d'approvisionnement -au regard de ceux afférents à d'autres produits de lutte tels que les absorbants ou les dispersants chimiques). Par ailleurs, le ratio [*produit*/*polluant*] optimal[21] serait suffisamment « faible » selon *Natural Science*, pour considérer les quantités nécessaires de magnétite à mettre en œuvre comme minimes « par rapport à de l'absorbant ».

Cette proposition n'est pas sans évoquer des tentatives grecques ou brésiliennes antérieures en la matière (développement de modes de récupération des nappes après épandage de particules magnétiques), lesquelles à notre connaissance n'ont pas connu de développements au-delà du laboratoire, du fait (entre autres) de doses d'application rédhibitoires (une problématique pas nouvelle, du reste, déjà rencontrée en matière d'épandage de produits voués à « séquestrer » des hydrocarbures libres dans le milieu aquatique -produits gélifiants, par exemple).

Pour en savoir plus :
https://partnerships.fnal.gov/technologies/emop/
https://emop.fnal.gov/docs/docs.shtml
https://www.naturalscienceusa.com/
https://news.fnal.gov/2019/11/fermilab-oil-spill-cleanup-technology-among-finalists-for-rd-100-award/

Déversements expérimentaux de bitumes dilués en mésocosmes *in situ*: le projet *BOREAL* (Canada)

La dernière édition en date du Colloque technique de l'*AMOP*[22] (la 42ème, tenue à Halifax au Canada en juin 2019), forum international dédié à la prévention des pollutions, l'évaluation des dommages et le nettoyage de déversements de matières dangereuses dans tous types d'environnement, a inclus une séance spécifique dédiée aux déversements en eaux intérieures et intégralement constituée de communications relatives au projet dénommé *BOREAL* (*Boreal lake Oil Release Experiment by Additions to Limnocorrals*). Ce dernier, initié en 2017, réunit notamment les universités du Manitoba et d'Ottawa, *Environnement Canada* (*EC*), et l'*Institut international pour le développement durable* (IIDD). Il s'agit d'un programme visant, à travers des études expérimentales, à mieux apprécier les conséquences potentielles d'un déversement de *dilbit* en eaux intérieures (ex : devenir, impacts), dans le cadre des réflexions en cours au Canada quant à la réglementation en matière de transport d'hydrocarbures non conventionnels par oléoducs et convois ferroviaires, notamment).

[20] Lui-même géré par *Fermi Research Alliance LLC* (un partenariat entre l'Université de Chicago et la *Universities Research Association -URA*) pour le compte de l'*US Department of Energy Office of Science*.
[21] Dont nous n'avons pas connaissance.
[22] *Arctic and Marine Oilspill Program*

Après une phase de développement et tests préliminaires, la première expérimentation *in situ* s'est déroulée à partir de juin 2018 sur une durée de 80 jours, dans un site dédié de la *Région des lacs expérimentaux* (*RLE*)[23] localisée aux confins des Provinces de l'Ontario et du Manitoba.
L'expérimentation s'est déroulée dans le lac Rawson (ou *lac 239*), soit l'un des 58 de la province de l'Ontario (150 km au nord de Manitoba).
Elle a consisté, selon les traitements, à déverser de 1,5 et 180 litres d'un *dilbit* (*Cold Lake Winter Blend* – le plus transporté par pipeline depuis les gisements de sables bitumineux de l'Alberta) dans 7 des 9 mésocosmes (appelés *limnocorrals*).
Chaque mésocosme fait 5 mètres de diamètre et entre 1,5 et 2 mètres de profondeur. Leur surface est délimitée par des barrages antipollution et la colonne d'eau est isolée par un film polyéthylène. Chaque mésocosme est doté d'un dispositif de canne permettant les prélèvements de la colonne d'eau à différentes profondeurs.
Les résultats préliminaires relatifs à l'étude du comportement du *dilbit* ont fait l'objet d'une publication lors de l'*AMOP*. Tout d'abord, au moment du déversement, la faible viscosité du *dilbit* entraîne un étalement important du produit qui recouvre rapidement la totalité de la surface des mésocosmes. Par la suite, sous l'influence du vent et du courant, le produit s'accumule sur une partie de la surface des mésocosmes sous forme d'une accumulation épaisse.
Après 10 jours de vieillissement, du fait de l'évaporation des composés les plus légers, une submersion progressive de dilbit a été observée pour le mésocosme avec le plus faible volume de produit (1,6 litres) (Figure 7). Après 30 jours, les relevés photos montrent la présence de boulettes de dilbit entre 2 eaux ou sur le fond pour l'ensemble des conditions étudiées.

Les résultats des mesures de densité montrent une augmentation de la densité de 0,9215 à T0 jusqu'à 1,0007. En fin d'essai, une partie du produit est toujours observée en surface du fait d'une adhésion aux parois des mésocosmes.

Pour en savoir plus :
Shah, K., Watson K., Hollebone B.P., Yang Z., Lambert P.G., Faragher R.J., Aljawahari M., Dey D., Mirnaghi F.S., & Stoyanovich S., 2019. *The BOREAL Project: The Design and Execution of a Controlled Oil Spill Study in a Canadian Freshwater Lake.* Proceedings of the Forty-second AMOP Technical Seminar, Environment and Climate Change Canada, Ottawa, ON, Canada, pp. 276-294
Stoyanovich S., Rodríguez-Gil J.L., Hanson M., Hollebone B., Orihel D., Palace V., Faragher R.J., Mirnaghi F.S., & Blais J., 2019. *The BOREAL Project: The Physical Fate and Behaviour of Diluted Bitumen Spilled into Freshwater Limnocorrals.* Proceedings of the Forty-second AMOP Technical Seminar, Environment and Climate Change Canada, Ottawa, ON, Canada, pp. 295-300.

Pipelines, conduites : biocapteurs pour la détection précoce de fuites d'hydrocarbures

Des scientifiques de l'Université d'état du Mississippi (Etats-Unis) ont développé une technologie de biocapteurs, dans l'optique de leur déploiement le long de la paroi externe de pipelines en guise de de dispositifs d'alerte, pour les opérateurs, dès le début de la survenance de fuites d'hydrocarbures.

Présenté lors de la 255ème réunion de l'*American Chemical Society* (ACS), ce concept de biocapteur repose sur l'utilisation de bactéries hétérotrophes dites exoélectrogènes, terme qualifiant leur propriété émettrice d'électrons lorsqu'elles dégradent de la matière organique en l'absence d'oxygène. *Grosso modo*, il s'agit d'un principe de pile bactérienne, dont l'anode est recouverte d'un biofilm constitué des espèces exoélectrogènes voulues (préalablement identifiées et sélectionnées). Celles-ci, en présence d'un apport de substrat organique (soit, dans ce contexte, d'hydrocarbure), libèrent des électrons qui, transférés vers la cathode (constituée quant à elle d'un cortège de bactéries autotrophes (phototrophes), ou sulfato-réductrices) alimentent *in fine* un circuit électrique dont la tension, aux bornes d'une résistance, est détectée –un accroissement indiquant indirectement une éventuelle contamination (*i.e.* une fuite).

Ce projet comprend la recherche de souches bactériennes (i) générant des tensions cathodiques suffisamment élevées, et (ii) tolérantes à une gamme de salinité, de pression, etc., notamment dans la perspective d'une extension du principe à la surveillance d'installations pétrolières offshore.

Pour en savoir plus :
Nandimandalam H., Ghimire U. & Gude V.G., 2018. Microbial biosensors for the early detection and prevention of hydrocarbon pipeline releases. *HDIAC Journal*, 5 (**3**), pp. 16-21.

[23] Site voué à la recherche environnementale sur les écosystèmes aquatiques, établi en 1967 par les autorités canadiennes, financée par les gouvernement provincial de l'Ontario et fédéral (*via Pêches et Océans Canada*), opéré depuis quelques années par l'*Institut international pour le développement durable* (*IIDD*), ONG basée à Winnipeg.

En l'absence de tests réalisés ou suivis par lui, le Cedre ne peut garantir les qualités et performances des moyens de lutte mentionnées 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 »