



**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°20

LTEI 2013 - 1

Sommaire

- **Principaux déversements d'hydrocarbures survenus dans le monde 2**
 - Brûlage *in situ* en marécages : la rupture du pipeline *ORB Exploration* (Louisiane, Etats-Unis) 2
 - Pétrole lourd en milieu urbain : l'accident du pipeline *Pegasus* (Mayflower, Etats-Unis) 3
- **Déversements d'autres substances dangereuses survenus dans le monde..... 7**
 - Déversement de produit soluble : déraillement de citernes d'éthanol dans la *Little Cedar River* (Etats-Unis) 7
 - Déversement d'huile minérale dans la Massard Creek (Arkansas, Etats-Unis) 7
 - Coulis de ciment en rivière, dans un parc national (Sugarloaf State Conservation, Australie) 7
- **Moyens de lutte 8**
 - Opérations en zones difficiles d'accès : le projet Hoverspill 8
- **Détection/suivi d'hydrocarbures *in situ* 10**
 - Bouée de surveillance des hydrocarbures dans l'eau 10
 - Projet SHOAL : prototypes de robots pour le suivi *in situ* de polluants 10
- **Confinement 10**
 - Confinement/protection en estuaires ou fleuves à fort courant : essais du *Current Buster*..... 10
- **Impacts..... 11**
 - Marais pollués : retour d'expérience et préconisations 11
- **Législation / Condamnations..... 12**
 - Amende de plus de 1.7 M\$US pour la pollution de la rivière Yellowstone 12
 - Pollution de la Crau : des amendes et dommages et intérêts contestés..... 13

- **Principaux déversements d'hydrocarbures survenus dans le monde**

Brûlage *in situ* en marécages : la rupture du pipeline *ORB Exploration* (Louisiane, Etats-Unis)

Début janvier 2013, dans la Paroisse d'Iberville en Louisiane (Etats-Unis), un pipeline souterrain opéré par la société *ORB Exploration* se rompt au niveau d'un point de corrosion, et libère environ 28 m³ de pétrole brut (degré API 28,6) dans le bayou Sorrel, soit une étendue d'eau marécageuse caractéristique du système complexe et vaste formé par les méandres du fleuve Mississippi.

La date exacte du déversement n'est pas connue avec précision : si la notification au centre de réponse nationale (*NRC- National Response Center*) a été réalisée le 9 janvier, des investigations sur le vieillissement du produit situeraient la survenance de l'accident entre le 1^{er} et le 4 janvier.

Les évaluations du volume ont d'abord fait état d'un déversement peu conséquent et touchant initialement les sols, avant que les fortes précipitations au cours des jours suivants entraînent la submersion, sous 1 mètre d'eau, de l'aire polluée.

La garde côtière (*USCG*), au sein d'un *Unified Command (UC)* regroupant des représentants des autorités fédérales (ex : *NOAA*), de l'état (ex : *Louisiana Oil Spill Coordinator Office -LOSCO*) ou locales, coordonne la réponse et la mise en œuvre des opérations de lutte. Ces dernières sont, d'emblée, pénalisées par la difficulté (i) d'accéder aux secteurs pollués (fortement végétalisés et reculés) et (ii) de contrôler l'extension de la pollution liée à la submersion des berges. Cependant, la végétation importante a procuré un avantage : celui de freiner naturellement la dérive des accumulations flottantes de polluant, dont le confinement a été complété par la pose de boudins absorbants notamment.

Des opérations de récupération sont mises en œuvre en priorité, aboutissant à un bilan de collecte affiché de 6 à 7 m³ d'hydrocarbures selon l'*USCG* (au 19 janvier)¹. Au-delà, la sensibilité et l'inaccessibilité des sites décident l'*UC* à procéder au brûlage contrôlé (*In situ burning*, ou *ISB*) du pétrole restant. Le 19 janvier, soit entre 10 et 15 jours après l'incident, 3 opérations de brûlage du brut sont ainsi réalisées par une société mandatée par *ORB Exploration*, sous la supervision de l'*UC*.

Tout d'abord, pour améliorer l'efficacité du brûlage, réalisé avec une hauteur d'eau de l'ordre du mètre, l'épaississement des accumulations d'hydrocarbures est effectué *via* leur confinement par barrages ; l'ignition du brut est ensuite réalisée au moyen de torches à propane. Les 3 opérations d'*ISB* ont ici duré 5 minutes pour l'une et 25 minutes pour les 2 autres, les feux s'étant éteints d'eux-mêmes.

A noter que, durant ces opérations de brûlage, un périmètre de sécurité de 1 mile a été instauré, pour des raisons de sécurité et de santé publique, avec la mise en place d'une assistance-information du public *via* un numéro d'appel au *Poison Control Center*.



Brûlage en cours (source : NOAA)



Résidus de nappe après brûlage (Source : NOAA)

¹ Dans son rapport d'activité 2013, la *RRT6 (Regional Response Team de la région 6)* de l'*USCG* mentionnait un bilan de récupération de 165 m³ (43 700 gallons) d'un mélange eau-hydrocarbures.

Les résidus de brûlage et les accumulations de brut non brûlé ont ensuite été récupérés sur l'eau selon diverses modalités : manuellement à l'aide d'absorbants et par la mise en œuvre de récupérateurs oléophiles (à tambour ou à cordes notamment).

Les déchets solides (ex : débris végétaux, absorbants souillés)² étaient évacués vers les zones de stockage à bord de petites barques à fond plat de faible tirant d'eau (*jonboats*), tandis que les liquides étaient stockés dans des conteneurs de petites dimensions (1 m³ de type *IBC* à vrac liquide ; bacs en aluminium...) avant évacuation pour traitement.



Récupération manuelle, à l'aide d'absorbants, des hydrocarbures résiduels sur l'eau (Source : NOAA)

Au bilan, l'*ISB* a été considéré comme une stratégie efficace au regard des limitations posées à la récupération mécanique par ce type d'environnement marécageux. La quantité de pétrole brûlée a été estimée entre 20 et 30 barils, soit entre 3 et 5 m³.

En matière d'enseignements tirés par les opérationnels, ce cas d'application de l'*ISB* en bayou (la technique étant plus communément appliquée en marais) a permis de rappeler ou d'identifier les points suivants :

- la forte dépendance de l'efficacité de l'*ISB* vis-à-vis du confinement des nappes d'hydrocarbures, délicat à réaliser dans ces environnements complexes (difficultés de déploiement des barrages) ;
- le cas échéant, le besoin ressenti d'« accélérateurs de combustion » pour augmenter la durée du brûlage ;
- la disponibilité, en linéaires suffisants, de barrages anti-feu. Dans ce cas, des contraintes de disponibilité, mais aussi semble-t-il de dimensions (au regard de la hauteur d'eau parfois faible) se sont posées. De fait, le recours à des sections de barrages non résistants au feu (de type et dans des quantités non précisés) a pénalisé le confinement du pétrole et conduit à une extinction spontanée des feux plus précoce que souhaité.

Pour en savoir plus :

<http://www.rtt6.org/Uploads/Files/Activation%20Call%20--%20Bayou%20Sorrel%20ISB%20--%2001-18-2013.pdf>

<http://usresponserestoration.wordpress.com/2013/02/12/when-setting-fire-to-an-oil-spill-in-a-flooded-louisiana-swamp-is-a-good-thing/>

Pétrole lourd en milieu urbain : l'accident du pipeline *Pegasus* (Mayflower, Etats-Unis)

Le 29 mars 2013 en début d'après-midi, dans la municipalité de Mayflower (Arkansas, USA), une brèche s'ouvre dans l'oléoduc souterrain *Pegasus pipeline*, libérant un flot de pétrole en plein quartier résidentiel. D'une longueur d'environ 1 400 km, courant entre Patoka (Illinois) et Nederland (Texas), le pipeline de 51 cm de diamètre opéré par *ExxonMobil Pipeline Company (EMPCo)* achemine quotidiennement de l'ordre de 15 000 m³/jour d'un produit lourd, un *Wabasca heavy crude oil* extrait des sables bitumineux de l'Athabasca (Nord-Est de la province canadienne de l'Alberta, plus précisément du champ Pelican Lake).

Détectant une baisse de pression sur la ligne, les employés d'*EMPCo* procèdent urgemment à l'isolement de la section fuyarde et à l'arrêt du pipeline. L'accident est immédiatement notifié au *NRC (National Response Center)* ainsi qu'à l'*US Environmental Protection Agency (USEPA)* et aux autres agences compétentes. Selon le dispositif en vigueur aux USA, un commandement unifié (*Unified Command –UC*) placé sous l'égide de l'*USEPA* est rapidement établi, regroupant les diverses entités locales (ex : Municipalité de Mayflower, Comté de Faulkner, etc.), de l'état (Départements de la Santé -*ADH*- et de la Qualité Environnementale -*ADEQ*- de l'Arkansas ; Commission de Chasse et de Pêche de l'Arkansas ; etc.) et fédérales impliquées dans la gestion de crise, de même que les représentants du responsable et de ses contractants. L'*UC* restera en place durant 7 mois.

² Selon le rapport d'activité 2013 de la *RRT6* de l'*USCG*, 420 m³ de déchets souillés ont été collectés au sortir des opérations de nettoyage.



Jour de l'accident : sols fortement pollués au droit de la fuite (gauche) ; Extension de la pollution dans le quartier résidentiel (droite), sur les sols et dans les réseaux d'eau –noter l'écoulement du polluant dans un regard d'eau pluviale (source : USEPA)

Une première estimation du volume déversé, d'environ 320 m³, est communiquée dans les premiers jours suivant le déversement.

Elle sera revue à la hausse, d'après les observations de terrain des intervenants de l'USEPA, et située au terme de la 1^{ère} semaine entre 640 et 1 100 m³ (4 000 à 7 000 barils).

Au-delà de la quantité, la qualité du polluant déversé est l'objet de confusion et d'interrogations : brut lourd ou bitume dilué ?³ Le *Wabasca heavy crude oil* est, de fait, un produit brut lourd très visqueux - proche à cet égard d'un bitume- et dont le transport par oléoduc nécessite l'ajout d'un fluxant pour en abaisser la viscosité et la densité.

Quoiqu'il en soit, l'importance et la localisation du déversement –en plein quartier résidentiel- placent d'emblée la réponse d'urgence dans une problématique prioritaire de mise en sécurité des riverains, en particulier face au risque de pollution atmosphérique par les composés légers présents dans le produit déversé. Plus d'une vingtaine de résidents sont ainsi rapidement et préventivement évacués, les concentrations atmosphériques en divers composés organiques volatiles (COVs), notamment en benzène, en sulfure d'hydrogène (H₂S), et en dioxyde de soufre (SO₂), dépassant les seuils acceptables au niveau de zones de fortes concentrations de polluant. Au-delà du stade de l'urgence et afin de prévenir les risques d'exposition vis-à-vis des résidents, un suivi de la qualité de l'air sera établi et maintenu jusqu'au mois de mai, confié à une société spécialisée en matière de risque toxicologique et de santé publique (*Center for Toxicology and Environmental Health -CTEH*).

La lutte s'organise autour de la problématique d'une pollution en zone urbaine s'étendant à la fois en surface (chaussée, sols, habitations et structures diverses, terrains aménagés ou non, etc.) mais également susceptible d'emprunter des voies souterraines, via les systèmes d'assainissement d'eau par exemple.

Les multiples opérations visent à dépolluer les terres/sols souillés, mais aussi à pomper rapidement les accumulations de brut libre, confinées naturellement dans les diverses cavités et dépressions du terrain (ex : bordures de trottoirs, bâtiments, etc.).

Rapidement, celles-ci impliquent la mobilisation d'une logistique importante et une sectorisation opérationnelle complexe, qu'*ExxonMobil* et ses contractants synthétisent sous forme de cartes régulièrement actualisées, fournissant à l'UC l'évolution de la situation en termes de types de chantiers en cours et d'organisation des moyens associés (dépôts de matériel, aires de stockage primaire, zones de décontamination des engins et des personnels, etc.)



Décontamination du personnel
(Source : USEPA)



Aire de stockage des déchets pollués
(Source : USEPA)



Séparation liquides/solides par hydrocyclone
(Source : USEPA)

L'un des enjeux prioritaires de la dépollution, qui progresse rapidement dans le secteur de l'accident (Cf. photos aériennes ci-dessous), est de confiner et de récupérer le brut libre aussi efficacement et

³ Dès les 1^{ers} jours de la crise, l'USEPA questionne Exxon dans les termes suivants : « can the oil accurately be described as oil sands oil, or a type of diluted bitumen (dilbit)? » (Cf. <http://insideclimatenews.org/news/20130418/dilbit-or-not-wabasca-crude-question>). Exxon répondra que la terminologie des producteurs canadiens assimile bel et bien le *Wabasca heavy* à un bitume. Ajoutons que, à l'appui, certaines fiches de données sécurité décrivent le *Wabasca Heavy* comme contenant du bitume additionné de fluxants (« hydrocarbon diluents ») Cf. <http://www.cenovus.com/contractor/docs/Heavy-Crude-Wabasca.pdf> ; http://www.phmsa.dot.gov/pv_obj_cache/pv_obj_id_CD99534E66C31702296257E41870A6227F5B7600/fileName/ExxonMobil_MSDS_Sheet_for_Wabasca_Crude_Oil.pdf

rapidement que possible, pour protéger les cours et plans d'eaux connexes à l'aire contaminée, dont en particulier le Lac Conway, réservoir important et siège d'une activité récréative, significative dans la région, potentiellement menacé par l'extension de la pollution.



Résultat à court-terme des opérations de dépollution en surface au niveau de la zone résidentielle proche du point de fuite : Vue aérienne 2 jours après l'accident (1^{er} avril 2013 ; gauche) et 6 jours plus tard (5 avril 2013 ; droite) (Source : City of Mayflower.com).



Diversité des modalités de confinement sur l'eau du brut Wabasca heavy : par boudins absorbants (*haut, gauche*) ; par remblais (*haut, droite*) ; noter la percolation du polluant à travers les graviers) ; par barrages filtrants (talus busés) en rivière (*bas, gauche*) et dans un collecteur d'eaux pluviales (*bas, droite*) (source USEPA)

De nombreuses et diverses techniques de confinement (ex : andains, barrages flottants, boudins absorbants, dispositifs filtrants, etc.) et de pompage (ex : camions à vide, avec ou sans tête d'aspiration) sont mises en œuvre sur les divers types d'eaux de surface contaminées : mares, fossés, rivières, drains, collecteurs d'eau pluviale, etc.

Mais, au-delà de la réponse, l'accident soulève rapidement des questionnements quant à la compatibilité du réseau d'oléoducs nord-américains vis-à-vis de ce type de produit, dont il apparaîtrait que les modalités de transport (chauffage du produit, viscosité...) seraient de nature à générer plus de corrosion que celles d'un brut 'conventionnel'.

Sur ce point, Exxon indique que la ligne avait été évaluée et raclée en juillet 2010, et qu'une inspection dans la zone défectueuse avait été réalisée récemment, en février 2013 (NB : les résultats de cette dernière inspection n'avaient pas été reçus au moment de l'incident).

Impacts et qualité environnementale

En termes d'impacts environnementaux, l'*US Environmental Services* établit un programme de sauvetage et de soins à la faune sauvage sur site à Mayflower : au 13 avril, 30 oiseaux souillés (principalement des oiseaux d'eau), 5 mammifères souillés, 108 reptiles capturés (incluant des tortues) et 68 autres animaux sauvages avaient été pris en charge au Centre de réponse pour la faune installé pour l'occasion (*Wildlife Response Center*), aboutissant au relâché d'une centaine d'animaux à la fin du mois.

Un suivi de la qualité environnementale est mis en place sous la supervision de l'*ADEQ* ; celui-ci inclut, outre la composante atmosphérique mentionnée plus haut (suivi au niveau des résidences proches de la source), une surveillance des teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) dans l'eau et les sédiments, notamment au niveau de *Dawson Cove*, système hydrographique comprenant une zone humide et un étang, se déversant dans le lac Conway. Le suivi dans les

sédiments se terminera en septembre 2013, tandis que celui sur les concentrations dans l'eau se poursuivait toujours à l'été 2014, du fait de la persistance à long-terme d'irisations visibles à la surface de l'eau.

Ces irisations persistantes motivent, 1 an après le déversement, la rédaction, par un consultant en environnement (*Arcadis*) mandaté par *Exxon Mobil Environmental Services Company*, d'un plan d'action pour la remédiation du secteur de Dawson Cove⁴. Soumis à l'appréciation de l'*ADEQ*, ce plan est accepté et mis en œuvre en août 2014 par *Arcadis*, sous la supervision de l'agence de l'Etat.

Dans leur ensemble, les mesures de remédiation en cours fin 2014 (travaux de préparation réalisés en août 2014, pour un lancement en septembre) sont distribuées en 2 secteurs opérationnels, respectivement aux niveaux :

- des propriétés affectées, avec des opérations de décaissage/remplacement des sols souillés ;
- du secteur amont du lac Conway : il s'agit de la zone humide traversée par le cours d'eau de *Dawson Cove* visée par le plan soumis en août 2014. Sectorisé en 3 sous-ensembles (de l'amont vers l'aval : cours d'eau, étang, puis marais fortement végétalisé), son traitement inclut :
 - o d'importantes opérations de préparation des chantiers, avec notamment des coupes d'éclaircissement de la végétation et l'aménagement de pistes en polyéthylène pour le cheminement des engins ;
 - o dans le cours d'eau, un curage des sédiments au moyen d'une excavatrice amphibie après assèchement par pompage de l'eau et renvoi en aval (au niveau de l'étang, où sont disposés des boudins absorbants pour capter les éventuelles traces d'hydrocarbures remobilisés). Les sédiments dragués sont acheminés en bennes vers une aire de stabilisation/solidification aménagée en arrière du chantier, avant évacuation vers les filières de traitement agréées. Un remblayage est prévu dans les secteurs les plus dragués (épaisseur > 15 cm), avec des sédiments propres, préalablement analysés (teneurs en matières organiques, en polluants divers - phytosanitaires, PCB, etc.) et sur approbation de l'*ADEQ* ;
 - o dans l'étang, l'épandage d'une « couverture réactive » d'argile organophile (*CETCO Organoclay PM-199*), ciblé au niveau des fonds sédimentaires à l'origine d'irisations. Ce traitement *in situ* a été retenu pour minimiser les risques d'impacts (remise en suspension) et les coûts (stockage, traitement hors site des boues...) liés à d'éventuelles activités de dragage extensives. Il consiste à épandre, à partir de pontons et de systèmes amphibies chenillés, une couche (3 à 6 pouces d'épaisseur ; pour une masse totale de 360 tonnes) d'un mélange de sable et d'argile organophile, laquelle -présentant un fort potentiel d'adsorption des composés organiques- est censée prévenir la remontée dans la masse d'eau des hydrocarbures résiduels ;
 - o au niveau du marais en aval, un amendement des sédiments est réalisé par épandage d'une argile organophile (*PMFI* ; 43 tonnes au total) à l'aide d'un système pneumatique embarqué sur une petite barge ou un hydroglisseur, selon la difficulté d'accès.

Enfin, des actions correctives sont prescrites à *ExxonMobil Pipeline Company* et suivies par la *Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (PHMSA)* dès avril 2013 afin de remettre en état le pipeline dans le respect des exigences réglementaires. Ces actions ayant été réalisées, un plan de redémarrage de la portion accidentée 'segment sud' a été rédigé fin janvier 2014 : une pression réduite de 80% par rapport à la pression d'opération lors de l'accident doit être maintenue lors des nouvelles opérations. Ce plan a été acté par la *PHMSA* fin mars 2014 ; il prévoit un préavis de 24h avant redémarrage.

Pour en savoir plus :

http://epaossc.org/site/doc_list.aspx?site_id=8502

http://www.adeq.state.ar.us/hazwaste/mayflower_oil_spill_2013/oil_spill_available_reports.htm

⁴ http://www.adeq.state.ar.us/hazwaste/mayflower_oil_spill_2013/files/mitigation_plan_20140519/mayflower_mitigation_action_plan_20140519.pdf

- **Déversements d'autres substances dangereuses survenus dans le monde**

Déversement de produit soluble : déraillement de citernes d'éthanol dans la *Little Cedar River* (Etats-Unis)

Le 20 mai 2013, une crue de la Little Cedar River, près de Charles City (Iowa, Etats-Unis) emporte une voie ferrée, faisant dérailler 5 wagons-citernes d'un train de la compagnie *Canadian Pacific Railway* (CPR) transportant de l'éthanol (ou alcool éthylique). Les rapports initiaux indiquent que les citernes n'ont pas subi de dommage mais, lors du relevage de 4 wagons, ceux-ci montrent des signes de fuite. Le volume d'éthanol déversé dans l'environnement est estimé à 185 m³, auxquels s'ajoutent 1 à 1,5 m³ de gazole et environ 400 litres d'huiles lubrifiantes.

Des opérations de pose de barrages flottants et de feuilles d'absorbants sont mises en œuvre pour confiner et récupérer autant que possible les produits flottants, soit le gazole et les huiles. Concernant l'éthanol, produit soluble et non flottant, la réponse a essentiellement porté sur un suivi de la qualité environnementale, avec un contrôle de la teneur de l'eau en oxygène (3 stations de mesure : à 1,5 et 5 miles en aval du rejet, et à la confluence entre les rivières Little Cedar et Cedar), ainsi que de la concentration de l'air en éthanol sur le site de l'accident. Les niveaux mesurés ne se sont pas écartés de la normale, selon l'*Iowa Department of Natural Resources* (DNR), et les reconnaissances effectuées le long de la rivière n'ont pas indiqué de mortalités piscicoles, observations suggérant une dilution rapide du produit dans le cours d'eau.

Déversement d'huile minérale dans la Massard Creek (Arkansas, Etats-Unis)

Le 1^{er} juin 2013, suite à l'explosion d'un transformateur, des employés de l'*Oklahoma Gas and Electric Energy Corporation* (OG&E) découvrent une fuite d'huile isolante se répandant dans le cours d'eau Massard Creek, affluent de la rivière Poteau, à proximité de Fort Smith (Arkansas, Etats-Unis).

La compagnie notifie immédiatement l'*US Environmental Protection Agency* (USEPA) du déversement, qu'elle estime à 60 m³. La réponse d'urgence, supervisée par l'agence fédérale, vise au confinement et à la récupération du produit, *a priori* flottant et peu soluble dans l'eau. Quarante personnes sont impliquées dans la lutte et des barrages absorbants, écrémeurs et camion à vide sont utilisés pour récupérer un total de 29 m³ d'un mélange eau/huile, selon l'USEPA. Le caractère incolore du polluant n'a pas été sans poser des difficultés lors des opérations, du fait d'une détection visuelle délicate à une certaine distance. Ceci étant, aucune propagation de l'huile isolante n'a été détectée dans la Poteau River. Le contexte et l'ampleur -moyenne- du déversement n'a pas ici conduit à identifier de risque significatif vis-à-vis des intervenants ou de l'environnement.

Coulis de ciment en rivière, dans un parc national (Sugarloaf State Conservation, Australie)

En juin 2013, dans le cadre de travaux de consolidation d'un sous-sol dégradé par des activités minières, la société *Orica Mining Services* procède à l'injection d'environ 180 m³ de ciment dans une fissure en haut d'une crête, dont 75 m³ s'écoulent de manière imprévue dans un torrent en contrebas, au sein d'un parc national (*Sugarloaf State Conservation area*), après avoir cheminé sur plus de 400 mètres *via* les anfractuosités et interstices du sol.

Le type de produit répandu, le *Air-O-Cem*, est un ciment chimiquement inerte, aéré et considéré non toxique, couramment employé en tant que coulis d'injection pour combler des vides, consolider des sols, des ouvrages, etc.

Au vu du statut du site, l'*Office of Environment and Heritage* de Nouvelle Galles du Sud met en demeure le maître d'ouvrage des travaux de consolidation (la société *Glencore Xstrata*, multinationale spécialisée dans l'extraction des matières premières) de nettoyer le cours d'eau.



Mise en big-bags du béton solidifié

(source : www.environment.nsw.gov.au)

Le travail d'enlèvement du coulis solidifié démarre en octobre 2013 pour s'achever, 8 mois plus tard, en juin 2014. *Oceanic Coal Australia* (société mandatée pour la réalisation des travaux), a retiré 249

big-bags de produit, sous la supervision du service des Parcs Nationaux et de la faune sauvage. Nos sources d'information ne font pas référence aux impacts éventuels de ce déversement.

• Moyens de lutte

Opérations en zones difficiles d'accès : le projet Hoverspill

L'année 2013 a marqué la conclusion d'*Hoverspill*, projet de recherche et développement partiellement financé par le 7^{ème} Programme Cadre Recherche et Développement (PCRD, ou FP7) de la Commission européenne. Celui-ci visait au développement (i) d'un système autonome pour l'intervention sur des sites difficiles d'accès et écologiquement sensibles, basé sur la technologie des véhicules à coussin d'air (aéroglisteurs), et (ii) d'un séparateur diphasique eau/hydrocarbures destiné à intégrer le système de récupération (récupérateur et pompe embarqués) de nappes flottantes.

Hoverspill a été mené par un consortium constitué de 8 partenaires issus de 4 pays européens : le britannique *HoverTech*, les sociétés italiennes *Innova*, *SOAnfibi*, aux côtés du *CRF-PRT* (Centre de recherche du groupe *Fabbrica Italiana Automobili Torino -FIAT*) et de l'Institut d'ingénierie mécanique de l'université de Padoue, le roumain *TerraMediu* et, côté français, le bureau d'études *Ylec Consultant* et le Cedre. Ce dernier intervenait au titre de son expérience en matière de pollutions accidentelles des eaux -en l'occurrence en zones d'accès difficiles- et d'évaluation des techniques et moyens de lutte.

Le véhicule

La définition des missions et tâches envisagées pour l'engin (reconnaitances, évaluation de l'impact, confinement et récupération des hydrocarbures flottants, réalisation d'opérations de nettoyage du littoral ou des berges...) a permis d'identifier un certain nombre de contraintes associées, opérationnelles et environnementales, et leur incidence sur la structure et l'ergonomie du véhicule à développer (dimensions, manœuvrabilité, motorisation, etc.). C'est sur la base du cahier des charges ainsi défini que *SOA* et *Hovertech*, forts de leur expérience technologique et pratique en matière d'aéroglisteurs, ont développé un nouveau prototype : la Plateforme multifonction sur coussin d'air (PMCA), composée des éléments suivants :

- un nouveau concept de coque (*SoftHullTM*) conçue à partir d'une structure sandwich flexible (*Softskin*) fixée sur un cadre rigide et insubmersible, et résistante aux chocs et impacts des vagues ;
- un pont plat en résine composite légère, évitant l'effet baignoire des hovercrafts traditionnels et recouvert d'une grille antidérapante renforçant la sécurité en présence d'hydrocarbures ;
- un système de jupe en matériau souple et résistant aux hydrocarbures ;
- une technologie de commande du pilotage innovante, constituée d'un système de contrôle de la surface des volets directionnels et une commande simple et conviviale *Unik*, à la fois pour la direction, l'inversion et le trim latéral et longitudinal ;
- un Système de propulsion modulaire (SPM) dissociant la poussée horizontale de la sustentation verticale ;
- un système de refroidissement innovant prenant en compte 3 aspects critiques propres à un aéroglisteur : les contraintes environnementales, le caractère amphibie et la minimisation du poids. *CRF-PRT* a retenu un moteur diesel 16V Multi-Jet 130kW disposant d'un rapport poids/puissance exceptionnellement réduit.

Le PMCA offre une plateforme de 7.5 m² (vide) permettant un travail en toute stabilité jusqu'à 10 nœuds de vent, avec une autonomie de 5 à 8 heures selon ses missions et sa vitesse d'avancée (45 nœuds max.). Le prototype a été testé au printemps 2013 sur le Pô (Italie), puis durant une semaine dans l'estuaire de la Loire (avec le soutien du GPMNSN⁵ et des communes de Saint-Brevin-les-Pins et de Paimboeuf), et enfin à Brest dans les installations du Cedre. Les observations enregistrées lors de ces essais ont permis de montrer la remarquable stabilité et manœuvrabilité de la plateforme, et d'en vérifier l'insubmersibilité et la rapidité de réponse -confirmant l'intérêt du concept modulaire *Hoverspill* pour les tâches antipollution identifiées ainsi que son aptitude à les réaliser.

⁵ Grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire



Estuaire de la Loire : tests de stabilité de la PMCA à grande vitesse
(source : Cedre)



Bassin et plage artificielle du Cedre : remorquage d'un barrage en configuration de chalutage (source : Cedre)

Le système de récupération/séparation

La récupération des nappes d'hydrocarbures figurant parmi les missions susceptibles d'être affectées à la plateforme, le projet a inclus le développement d'un séparateur eau/hydrocarbures pour optimiser la capacité, limitée, de stockage -à bord ou dans une citerne flottante.

Dans ce contexte, le Cedre a défini un système de récupération à partir de moyens existant sur le marché, en prenant en compte les contraintes dimensionnelles et d'alimentation imposées par la plateforme et le débit du séparateur développé par Ylec : poids maximum de 25 kg pour le récupérateur et de 50 kg pour la pompe, requérant une puissance hydraulique maximale de 25kW et pour un débit inférieur à 10m³/h. Huit récupérateurs et 2 pompes de petite taille, présélectionnés sur la base d'un poids et d'un encombrement limités, ont été testés au Cedre selon la norme française AFNOR, sur des hydrocarbures de viscosités différentes. Les résultats de ces évaluations, conjuguées à une appréciation de la facilité de manutention et de flexibilité d'emploi, ont conduit à retenir une combinaison entre un récupérateur à déversoir (*DESMI Terrapin*) et une pompe à lobes (*Börger AL25*).

Le séparateur eau/hydrocarbures devait lui aussi répondre à des impératifs contraignants, en termes de légèreté/encombrement, mais aussi de gamme d'hydrocarbures (pur ou mélangé à l'eau) acceptés, de débit d'aspiration (d'environ 7 m³/h), de tolérance à l'admission -continue ou intermittente- d'air, de séparation des fractions <100 µm, de facilité de réglage et de démontage à bord pour un nettoyage rapide en cas d'obstruction par des débris. Pour répondre à ces exigences, un séparateur totalement nouveau de type centrifuge, le *Turbylec*, a été conçu. Le test, au Cedre, d'un prototype du *Turbylec* en a montré les très bonnes performances, pour une large gamme de densités d'hydrocarbures, et la facilité de manipulation comme de démontage.



Tests du Turbylec, au Cedre, associé à un récupérateur *DESMI Terrapin* et à une pompe *Börger AL25* (Source : Cedre)

Au final, ce projet a abouti à la réalisation de 2 prototypes innovants et au dépôt de 4 brevets (3 pour la PMCA et 1 pour le *Turbylec*). Si l'*Hoverspill* a été conçu pour des interventions lors de pollutions par hydrocarbures en sites sensibles d'accès difficile, ses qualités en termes de stabilité, de sécurité, son faible coût de construction et d'emploi et sa capacité à accueillir différents types d'équipements et appareils permettent aisément d'en imaginer l'utilisation pour d'autres types de missions, par exemple lors d'inondations, d'incendies, pour des opérations de police ou d'évacuation sanitaires ou encore dans le domaine de la connaissance et de la gestion environnementale des zones humides.

Pour en savoir plus :

http://ec.europa.eu/research/transport/projects/items/hoverspill_en.htm

<http://www.softhull.com/index.html>

Kerambrun L., Peigné G. & Laurent M. (on behalf of the Hoverspill consortium), 2014. *Hoverspill: a new amphibious vehicle for responding in difficult-to-access sites*. International Oil Spill Conference Proceedings: May 2014, Vol. 2014, No. 1, pp. 649-659. doi: <http://dx.doi.org/10.7901/2169-3358-2014.1.649>

Maj G., Laurent M., Mastrangeli M., & Lecoffre Y., 2014. *Turbylec: Development and experimental validation of an innovative centrifugal oil-water separator*. International Oil Spill Conference Proceedings: May 2014, Vol. 2014, No. 1, pp. 634-648. doi: <http://dx.doi.org/10.7901/2169-3358-2014.1.634>

- **Détection/suivi d'hydrocarbures *in situ***

Bouée de surveillance des hydrocarbures dans l'eau

La firme britannique *Ocean Scientific International Ltd (OSIL)*, spécialisée en instrumentation océanographique, a récemment ajouté à sa gamme de systèmes de mesure une bouée adaptée à la surveillance des teneurs en hydrocarbures dissous dans l'eau, rapidement déployable en cas de déversement accidentel.

Alimenté *via* des panneaux solaires, le dispositif mesure 60 cm de diamètre, pour une hauteur de 2 m et une masse de 25 kg. C'est une structure centrale, immergée, qui héberge (et protège) le capteur d'hydrocarbures dissous dans la colonne d'eau. Elle peut également abriter diverses sondes pour la mesure de paramètres divers liés à la qualité de l'eau. La bouée est dotée des marquages et équipements nécessaires à son repérage visuel (ex : feux), ainsi qu'à la transmission télémétrique des données mesurées et de position (selon divers modes : réseaux de téléphonie mobile -GSM, GPRS, radio UHF/VHF, satellite...)

Le modèle, relativement compact, vise un déploiement à partir de petites embarcations, éventuellement par un seul opérateur (ex : contexte d'intervention en eaux semi-abritées, peu profondes, etc.), tout en autorisant une bonne autonomie (jusqu'à 2 ans de surveillance selon *OSIL*).

Pour en savoir plus:

<http://www.osil.co.uk/Products/MarineInstruments/tabid/56/agentType/View/PropertyID/358/Default.aspx>.



Projet SHOAL : prototypes de robots pour le suivi *in situ* de polluants

En partie financé dans le cadre des Initiatives technologiques conjointes (*ITC*), au sein du 7^{ème} Programme-cadre de recherche et de développement technologique (*PCRD*) européen, le projet *SHOAL*, piloté par *BMT (British Maritime Technology Group Ltd)*⁶, a récemment abouti au développement d'un « robot-poisson intelligent », engin sous-marin autonome (*AUV*) capable de détecter et d'identifier la pollution dans une masse d'eau donnée.



Source : <http://www.roboshoal.com/>

L'idée de ce développement technologique était d'aboutir à la détection et à l'analyse en temps quasi-réel des polluants dissous dans l'eau de mer, par le biais de capteurs chimiques montés sur des dispositifs eux-mêmes équipés de programmes informatiques leur attribuant une qualité d'« intelligence artificielle » (*IA*). Il s'agit en l'occurrence de poissons-robots, conçus pour pouvoir identifier une source de pollution et ainsi favoriser une rapide (et censément efficace) mise en œuvre des actions de réponse.

En résumé, le concept d'*IA* vise à permettre au robot d'exécuter en autonomie un certain nombre d'actions dans le milieu, depuis sa locomotion en évitant les obstacles, à la localisation de la source du déversement, en passant par son positionnement par rapport à la pollution pour effectuer les mesures *in situ*, etc. Plus encore, l'engin développé pourrait communiquer et coordonner ses actions avec un certain nombre de dispositifs similaires, retourner automatiquement en une localité déterminée pour recharge/maintenance, etc.

Ce prototype s'inscrit dans la lignée des submersibles autonomes robotisés (*AUVs*), dont le concept a récemment été apprécié en matière de gestion de pollution majeure, avec une utilisation ayant notamment fait florès dans les eaux du golfe du Mexique suite à la pollution de *Deepwater Horizon*.

Pour en savoir plus :

<http://www.roboshoal.com/>

- **Confinement**

Confinement/protection en estuaires ou fleuves à fort courant : essais du *Current Buster*

La société norvégienne *NOFI* a récemment étendu sa gamme de *Current Buster* -dispositifs de

⁶ SHOAL est un consortium de 6 structures européennes incluant *BMT Group*, l'Université d'Essex, le *Tyndall National Institute*, l'Université de Strathclyde, *Thales Safare* –depuis peu *Thales Safareps*, et les Autorités du Port de Gijon -zone de tests du prototype).



Retour d'expérience : autonettoyage naturel d'un marais en eaux intérieures (rivière Fore, USA). **Gauche** : pollution au fioul lourd (IFO 380) en période de sénescence (septembre 1996) ; **Droite** : restauration de l'habitat à la 1^{ère} saison de croissance (juillet 1997). (in Michel et Rutherford, 2013 ; 2014)

réellement constatés, etc., cette publication vise -et contribue- à promouvoir des techniques et critères de nettoyage favorables à une restauration aussi rapide que possible des habitats pollués.

Les auteurs déduisent de cette expérience un certain nombre de points résumés comme suit :

- Dans la plupart des cas analysés, la restauration des habitats intervient en 1 à 2 saisons de croissance végétative ;
- Les plus grands délais de restauration constatés correspondent à des situations : de climats froids ; d'hydrodynamisme réduit ; de polluants déposés en couches épaisses ; de déversements d'ampleur de produits légers ; d'amas épais et persistants (fiouls lourds) ; de techniques de nettoyage agressives ;
- Les temps de restauration les plus courts correspondent aux cas correspondant aux conditions suivantes : climats chauds ; pollution pendant la période de repos végétatif (automne/hiver) ; souillure de la végétation uniquement ; déversements de bruts moyens ; techniques d'intervention peu agressives.

Ce travail intègre divers types de marais : littoraux, estuariens, voire dulçaquicoles. Ces derniers sont relativement les plus confinés et présentent -en général et à pollution comparable (type, ampleur, extension...)- des risques d'impact plus importants qu'en frange exposée de marais littoraux par exemple.

Des orientations techniques⁸ générales pour la dépollution des sites -de l'auto nettoyage naturel au brûlage, en passant par le fauchage, raclage, etc.- sont proposées, selon la nature du polluant ou selon la distribution et l'intensité des souillures : pollution libre (flottante) ; accumulations sur les sols (> ou < 0.5cm) ou sur la végétation (forte, à faible)... Ces éléments sont repris d'une publication des mêmes auteurs (Michel et Rutherford, 2013 ; éditée par l'*American Petroleum Institute*), récente également et à laquelle on renverra le lecteur pour plus de détails (retours d'expérience sur cas concrets, etc.)

Pour en savoir plus :

Michel J. et Rutherford N., 2014. Impacts, recovery rates, and treatment options for spilled oil in marshes. *Marine Pollution Bulletin*, **82** (1-2) :19-25. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.03.030.

Michel J. et Rutherford N., 2013. Oil spills in marshes: planning & response considerations. Seattle : Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, WA and American Petroleum institute, Washington, DC, 120 pp.



Récupération manuelle + absorbants en écheveau d'accumulations flottantes en marais (rivière Patuxent, Maryland printemps 2000) (Source : J. Michel)

• Législation / Condamnations

Amende de plus de 1.7 M\$US pour la pollution de la rivière Yellowstone

En mars 2013, le Département fédéral américain des Transports (*Department of Transportation, DoT*) a condamné la société *ExxonMobil Corp* à une amende de 1.7 M\$US (soit environ 1.3 M€) pour défaillance en matière de sécurisation de pipeline, en lien avec la pollution en 2011 de la rivière Yellowstone (Montana) par 240 tonnes environ de pétrole brut suite à l'ouverture d'une brèche sur l'oléoduc *SilverTip* (Cf. LTEI N°17).

Pour expliquer cette décision, on rappellera que la *Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (PHMSA, agence du DoT)* avait relié l'accident à la crue et à l'augmentation du débit de la Yellowstone -en résultat de la fonte des glaces. L'érosion induite du sol des berges aurait ainsi exposé toute une section de la ligne aux coups de boutoir infligés par les débris flottants (troncs, etc.) sur la rivière. Or, selon l'agence fédérale, « le risque de crue de la Yellowstone est une menace connue, identifiable comme de nature à compromettre l'assise physique de l'oléoduc et à mener à sa

⁸ Indiquant un certain nombre de contraintes environnementales (sensibilité des sites, portance des sols, accès...) à prendre en compte pour leur sélection puis leur mise en œuvre.

rupture ». Cette appréciation est venue aggraver l'opinion formulée par la PHMSA en janvier précédent, selon laquelle l'ampleur du déversement aurait pu être réduite de 2/3 si les personnels de la compagnie avaient répondu plus rapidement.

Pour mémoire, Exxon a estimé à 135 millions de dollars le coût du nettoyage pris en charge par la compagnie.

Pollution de la Crau : des amendes et dommages et intérêts contestés

C'est à la fin-juillet 2014 que la Société du pipeline sud européen (SPSE) a été condamnée à près de 77 000 € d'amendes et 400 000 € de dommages et intérêts, en sanction des poursuites liées à la pollution, en août 2009, de 5 hectares d'un habitat sensible de la réserve naturelle des Cossouls de Crau (13) par environ 4 700 m³ de pétrole brut (Cf. LTEI n°13 et 18).

Ces montants ont été prononcés par le tribunal de Tarascon sur la base de « manquements retenus comme constitutifs d'une négligence » ; la SPSE n'avait en effet pas remplacé une section de la ligne dont la fragilité fut signalée en 2003.

Pourtant, infligée pour « déversement de substance nuisible dans les eaux souterraines, superficielles ou de la mer », l'amende n'en est pas moins inférieure aux réquisitions du parquet (de 250 000 €, au motif de « négligences persistantes »), ce que le tribunal a justifié en invoquant, entre autres, « la prudence de la SPSE dans la gestion de ses oléoducs » et la collaboration de celle-ci aux opérations de lutte antipollution. De même, le montant des dommages et intérêts n'a pas atteint les plusieurs millions d'euros demandés par les parties civiles (collectivités locales, syndicat mixte, Conservatoire d'espaces naturels, associations environnementales, etc.), jugé excessif par le tribunal.

Aboutissant sur des montants insuffisants pour les uns, trop élevés pour les autres (la défense de la SPSE ayant déploré, à l'inverse, que la reconnaissance de la bonne gestion de crise n'ait pas conduit à une exonération pure et simple de la société), ni l'industriel ni le parquet n'avaient pour autant annoncé leur intention de faire appel de ce jugement, un pas franchi par le Conservatoire d'espaces naturels (CEN) de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), concernant les dommages et intérêts qui lui ont été attribués (20 000 €, pour préjudice moral). Selon le CEN, l'insuffisance de ce montant constituerait « un signal inquiétant pour la protection de la nature en France et ses défenseurs », en particulier dans un environnement tel que celui de la plaine de la Crau -objet de mesures de protection et de réhabilitation depuis le début des années 2000.

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 »