

BULLETIN

d'information
du

Cedre

Amoco Cadiz

Dossier

40 ans d'évolution(s)

Spécial

Le Cedre a 40 ans

N° 37 - mars 2018

03 ► Éditorial

Stefan Micaleff, Organisation maritime internationale

04 ► Dossier

Amoco Cadiz : 40 ans d'évolution(s)

- 5 ► Analyses des risques liés aux navires pétroliers
- 6 ► Étude des hydrocarbures
- 7 ► Préparation
- 9 ► Modélisation
- 10 ► Observation et télédétection
- 11 ► Analyses *in situ* et en laboratoire
- 12 ► Utilisation des dispersants
- 13 ► Brûlage *in situ*
- 13 ► Bioremédiation
- 14 ► Confinement et récupération en mer
- 17 ► Utilisation d'absorbants
- 18 ► Protection des zones sensibles
- 19 ► Nettoyage du littoral
- 22 ► Gestion des volontaires
- 23 ► Chantier botanique et expertise environnementale
- 25 ► Réhabilitation de la faune polluée
- 26 ► Gestion des déchets
- 28 ► Évaluation des dommages écologiques et économiques
- 29 ► Communication médiatique

30 ► Spécial : le Cedre a 40 ans

- 31 ► 40 ans d'intervention
- 33 ► 40 ans de préparation
- 35 ► 40 ans de recherche et d'expérimentations
- 37 ► 40 ans de ressources documentaires





Des accidents d'ampleur, mais des avancées majeures

2017 a été une étape importante dans l'histoire des marées noires en marquant le cinquantenaire de l'échouement du pétrolier *Torrey Canyon*. Nous célébrons cette année le 40^e anniversaire de l'échouement du pétrolier *Amoco Cadiz* au large des côtes bretonnes. Ces deux accidents ont été déterminants, car ils ont attiré l'attention du monde entier sur les effets catastrophiques des pollutions majeures provoquées par des pétroliers. Et, plus important encore, ils ont entraîné des changements immédiats et durables qui se sont traduits par une nette réduction au cours du temps des déversements d'hydrocarbures d'ampleur dus aux navires.

Si l'accident du *Torrey Canyon* a conduit directement au développement de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL), l'*Amoco Cadiz* a donné l'impulsion pour l'adoption du Protocole de 1978 de cette Convention. Ces textes introduiront des amendements substantiels et des contrôles encore plus importants. Ils restent à ce jour les instruments les plus importants en matière de prévention des pollutions par les navires.

La catastrophe du *Torrey Canyon* en 1967 et le travail de la communauté internationale au travers de l'OMI ont également connu des développements intéressants sur les questions de responsabilité et d'indemnisation des dommages dus aux pollutions par hydrocarbures, notamment avec l'adoption de la Convention sur la responsabilité civile (CLC 1969) et de la Convention portant création du fonds international (Fonds 1971). Après l'échouement de l'*Amoco Cadiz*, il n'a fallu que quelques mois pour que l'OMI recueille suffisamment de ratifications. Ce processus aurait probablement été retardé davantage si cet accident n'avait pas eu lieu. L'expérience de l'*Amoco Cadiz* a également contribué à réviser le régime international afin de renforcer la protection des victimes de pollutions par hydrocarbures et à encourager davantage d'États à y participer. Autre évolution émanant de l'*Amoco Cadiz* : le réexamen des règles internationales en matière de sauvetage qui a finalement conduit à la Convention internationale sur le sauvetage de l'OMI en 1989.

Créé suite à l'accident de l'*Amoco Cadiz*, le Cedre s'est avéré être un acteur clé au cours de ces 40 dernières années grâce à ses travaux de R&D et à son importante expérience de terrain acquise lors de pollutions majeures. Il a fait avancer notre compréhension du comportement et du devenir des hydrocarbures et a produit les meilleurs outils et ressources qui soient pour répondre aux déversements accidentels d'hydrocarbures. Dans ce domaine complexe, il est maintenant considéré comme un centre d'expertise de renommée mondiale dont les travaux novateurs se poursuivront. Le Cedre s'attache à accompagner la communauté maritime internationale en apportant régulièrement son expertise et son assistance à l'OMI lors de ses réunions techniques et auprès d'autres pays au travers d'initiatives de renforcement des capacités.

La demande en pétrole demeure forte et la navigation reste le moyen le plus efficace pour y répondre. Les pétroliers naviguant aujourd'hui sont équipés de doubles coques, de doubles contrôles, de citernes à ballast séparé, de systèmes à gaz inerte et de lavage au brut de citernes ainsi que de séparateurs d'eau huileuse qui n'existaient pas il y a quarante ans. Ces innovations, l'amélioration des aides à la navigation et de nombreux autres aspects relatifs à la conception, la construction et la technologie des navires ont conduit à des normes beaucoup plus exigeantes en matière de conception et d'exploitation. En parallèle, des initiatives proactives de l'industrie ainsi que des directives et conventions conduites par l'OMI (sécurité, exploitation des navires, vetting et rapports, gestion des navires, formation et certification des équipages) ont toutes contribué à une industrie pétrolière mondiale plus sûre et plus propre.

À la suite de toutes les mesures prises, le transport par pétrolier est aujourd'hui plus sûr et plus propre que jamais et il existe un mécanisme solide pour réagir efficacement en cas de déversement accidentel d'hydrocarbures et faire face aux conséquences financières. Les statistiques démontrent clairement que ces efforts ont été couronnés de succès : depuis les années 70, le nombre de marées noires d'ampleur a diminué de 90 % et le volume d'hydrocarbures déversé a été divisé par 100.

Stefan Micaleff,
Directeur de la Division du milieu marin de l'Organisation maritime internationale



Amoco Cadiz ans d'évolution(s)

Le naufrage de l'*Amoco Cadiz* au large des côtes bretonnes en mars 1978 a été l'une des plus importantes catastrophes pétrolières que le monde ait connue. Depuis, la sphère publique, le secteur privé et le milieu associatif se mobilisent pour que l'héritage de cet événement d'ampleur se traduise en évolutions concrètes. Ce dossier vise à synthétiser 40 ans de progrès et de développements en matière de lutte contre les pollutions marines accidentelles en France.



© Cedre

Analyses des risques liés aux navires pétroliers

Si on souhaite évaluer les risques de déversements accidentels d'hydrocarbures en mer, de nombreux paramètres doivent être pris en compte et notamment :

- > L'évolution de l'économie mondiale et en corollaire du marché du pétrole et des hydrocarbures transportés.
- > L'évolution de la flotte, en nombre, en taille, en âge et en mode de construction des navires.
- > À cela, il faut ajouter les erreurs humaines, les mauvaises conditions météorologiques, les avaries et nous avons les principaux paramètres de l'équation.

Que s'est-il passé durant les quatre dernières décennies ?

On constate une augmentation globale de la flotte mondiale et des marchandises transportées. Les hydrocarbures ont suivi cette tendance. Une partie des activités de raffinage s'est peu à peu déplacée des

grands pays consommateurs vers les pays producteurs de brut. De ce fait, le trafic maritime de produits pétroliers raffinés, et notamment de produits blancs, a notablement augmenté.

En termes de déversements par des pétroliers, on observe une augmentation jusqu'au début des années 1980, puis une chute très importante consécutive au renouvellement de la flotte à l'exception de l'accident du *Castillo de Bellver* (1983 en Afrique du Sud). La reprise des déversements avec le vieillissement de la flotte atteint son sommet en 1991 avec l'accident du *Haven* (Italie). Depuis, la décroissance progressive des rejets accidentels par pétroliers n'a pas cessé.

Pourquoi les pétroliers ne sont-ils plus la plus grande source de pollution accidentelle ?

Très probablement parce que depuis le *Torrey Canyon* et l'*Amoco Cadiz*, la politique

de prévention orchestrée par l'Organisation maritime internationale en matière de construction de navires, de régulation et contrôle de la navigation, de création de zones spéciales et enfin de formation des équipages a porté ses fruits.

Christophe Rousseau, Cedre ■



Étude des hydrocarbures

Chaque cas de pollution génère une série de questions concernant le comportement et le devenir des pétroles bruts, condensats ou produits raffinés impliqués. Déversés en mer, ils subissent divers phénomènes qui modifient leurs propriétés et qui sont regroupés sous l'appellation de « vieillissement ». Il s'agit notamment de l'évaporation, l'émulsification, la dispersion ou encore la photo-oxydation. Ces processus se produisent naturellement du fait de l'agitation générée à la surface de la mer par l'action combinée du vent, du courant et des vagues, ainsi que par l'exposition des hydrocarbures aux radiations solaires.

Ainsi, la composition chimique et les propriétés physiques, propres à chaque hydrocarbure, évoluent tout au long de son vieillissement. Les fractions légères s'évaporent progressivement, la densité s'accroît, et une partie du pétrole se disperse dans la colonne d'eau tandis que la partie demeurant à la surface de la mer s'émulsionne et est photo-oxydée par les radiations UV. Le pétrole devient ainsi généralement de plus en plus visqueux, constituant alors un nouveau polluant qui est, lui, plus persistant dans l'environnement. Le comportement est souvent différent de celui du produit initial et la compréhension de ces transfor-

mations est un élément clé pour évaluer les impacts potentiels et optimiser la stratégie de réponse en cas d'accident.

En se rapprochant du littoral, les interactions avec la charge sédimentaire augmentent progressivement en modifiant d'autant le comportement du polluant. Le produit peut ainsi se retrouver lesté et progressivement couler pour se déposer sur les fonds marins où il persistera si aucune opération de dépollution n'est entreprise. Déposé sur le littoral, que ce soit en zone intertidale ou supratidale, les mêmes processus de vieillissement qu'en pleine mer, accompagnés du processus de biodégradation, vont modifier progressivement la composition du pétrole échoué. Au fil des mois et des années, le polluant initialement liquide et collant va devenir de plus en plus visqueux pour, à terme, se solidifier et ressembler à un produit bitumineux. L'intensité des processus naturels de dégradation sera d'autant plus importante que le polluant se présentera sous la forme de fines couches de moins de 5 millimètres d'épaisseur. Pour de telles pollutions, l'autonettoyage naturel de l'environnement pourra se matérialiser par une disparition progressive des taches de polluant. Dans le cas où le polluant se présente sous la forme d'accumulations ou encroûtements de plusieurs dizaines de millimètres, le pétrole pourra persister plu-

sieurs décennies et ce d'autant plus qu'il est piégé dans des enrochements ou enseveli sous une couche de sédiments.

Différentes méthodes expérimentales permettent de simuler de tels processus, nécessairement complexes à reproduire car simultanés et s'influençant les uns les autres. Les tests à l'échelle du laboratoire présentent l'avantage de générer des données qui peuvent alimenter des logiciels de simulation du vieillissement qui n'utilisent alors pas uniquement les caractéristiques initiales des produits. En l'absence de telles études, ces logiciels permettent néanmoins d'estimer ces évolutions, notamment par rapprochement avec des produits pétroliers similaires présents dans leurs bases de données. Les tests à l'échelle pilote (par exemple dans le polludrome du Cedre), sur quelques litres de produits et en recréant des conditions de pleine mer, s'avèrent plus réalistes. Ces tests sont d'autant plus pertinents que les produits sont peu, ou à l'inverse très visqueux, domaine où les tests de laboratoire peuvent montrer leurs limites.

Julien Guyomarch
& Ronan Jézéquel, Cedre ■



© Cedre

Préparation

Le 18 mars 1967, le *Torrey Canyon* s'échoue près des îles Scilly et déverse plus de 100 000 tonnes de pétrole brut dans la Manche, faisant découvrir à l'Europe entière la réalité d'un risque jusque-là ignoré.

Le plan POLMAR voit le jour quelques années plus tard à la suite d'une instruction interministérielle datant du 23 décembre 1970, puis d'une autre instruction du ministre de l'Intérieur qui le définit comme un plan particulier de l'Organisation des Secours (ORSEC). La réponse et les modes d'action mis en place par les autorités pour gérer les conséquences de cette marée noire vont, par la suite, être érigés en principes dans l'organisation française.

> Des premiers pas à l'adolescence

Les premiers plans POLMAR-Terre départementaux sont préparés et celui du Finistère est déclenché en 1976 lors de l'échouement de l'*Olympic Bravery* sur l'île d'Ouessant. Le Premier ministre est alors seul responsable de ce plan, avec pour conséquence une certaine lourdeur dans sa mise en œuvre et l'impossibilité d'activer les mesures préventives prévues.

On tire les leçons de cette gestion trop centralisée pour confier au préfet maritime la

coordination des actions en mer, par décret du 9 mars 1978.

Suite à cet événement, la France se dote d'équipements de protection, de récupération et de nettoyage du littoral qui seront stockés et entretenus dans les centres interdépartementaux de stockage et d'intervention POLMAR-Terre. Une nouvelle instruction POLMAR est également publiée le 12 octobre 1978, mettant l'accent sur le rôle prépondérant des préfets maritimes et de département, devant assumer le déclenchement du plan POLMAR, ainsi que sa mise en œuvre. C'est également ce texte qui a défini la création du Cedre et ses principales missions. La pollution du *Tanio* en mars 1980 est l'occasion de vérifier l'utilité de cet organisme spécialisé.

Durant les années 80, les plans POLMAR-Terre et Mer sont préparés par les préfets avec le concours actif du Cedre. Des atlas de sensibilité et des plans de protection du littoral sont créés, en parallèle du renforcement des stocks POLMAR-Terre. La documentation nationale est mise à jour avec une nouvelle instruction qui paraît en décembre 1997.

> Le choc

Pendant près de vingt ans, aucune pollution d'ampleur majeure ne viendra rappeler la nécessité de bien se préparer. Quand arrive



© Cedre

Formation au déploiement de barrage

le naufrage de l'*Erika*, en décembre 1999, les plans POLMAR-Terre de trois des cinq départements touchés sont obsolètes. Ils n'ont pas été actualisés après l'instruction de décembre 1997, ni complétés lors de la sortie du guide de préparation des plans datant de 1998 et rédigé par le Cedre.



De nouvelles instructions tirant les leçons de l'*Erika* sont publiées en 2001 et 2002, avec comme dispositions majeures la définition des missions des services de l'État avant et pendant la crise, un renforcement de la coordination entre mer et terre, la mise en exergue de la nécessaire concertation entre tous les acteurs, la mobilisation de capacités d'expertise telles que celles du Cedre ainsi qu'un renforcement de la préparation avec une fréquence d'exercice imposée et renforcée (1 an/façade maritime ; 3 ans/département). En février 2000, la DTMP (Direction du transport maritime, des ports et du littoral) demande au Conseil général des ports et chaussées d'effectuer une mission d'expertise sur l'adaptation des stocks POLMAR. Le rapport Monadier paraît en 2002 avec un programme d'investissements portant à la fois sur le renouvellement des équipements détériorés au cours des opérations de lutte à terre durant l'*Erika* et sur le relèvement des stocks.

En 2006, les instructions POLMAR sont complétées par l'instruction post-*Prestige*, ce pétrolier qui, en se brisant en deux en novembre 2002 au large de la Galice, entraîne une marée noire majeure en Espagne et la plus importante qu'ait jamais connue le littoral aquitain. Cette instruction impose notamment de réduire le temps de recours aux réquisitions en accélérant la mise en place des marchés publics inhérents à la lutte antipollution (nettoyage, traitement des déchets...). La zone de défense nord est précurseur en la matière et passe ses premiers marchés POLMAR par anticipation en 2010.

> La maturité

Avec l'actualisation post-*Erika* du guide de révision des plans POLMAR, réalisé par le Cedre, un immense travail de mise à niveau est amorcé (19 départements littoraux métropolitains sur 25 publient leur nouveau plan POLMAR-Terre). La quasi-totalité des plans POLMAR-Mer et Terre d'outre-mer sont actualisés et les trois façades maritimes refondent totalement leurs plans en les rendant plus opérationnels.

Une réflexion appuyée par des études scientifiques conduit à revoir également la stratégie d'intervention dans les zones tropicales sensibles que constituent les mangroves et les récifs coralliens.

> L'évolution d'ORSEC

La réforme de la sécurité civile entre 2004 et 2005 crée un nouveau dispositif ORSEC (Organisation de la Réponse de Sécurité

Civile). Les plans POLMAR s'intègrent dans les plans ORSEC maritimes, zonaux et départementaux comme l'une de leurs dispositions.

Exit le « déclenchement » du Plan de Secours Spécialisé POLMAR (PSS), l'ORSEC est en veille permanente. Le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) demeure le bras armé du préfet dans la phase de réponse d'urgence. Les travaux de nettoyage fin et de traitement des déchets deviennent l'affaire des professionnels du secteur privé.

L'instruction de 2001 est alors abrogée et remplacée par l'instruction du 28 mai 2009 relative aux dispositions générales de l'ORSEC maritime, de l'ORSEC zonale et de l'ORSEC départementale pour faire face aux événements maritimes majeurs, cette dernière insistant sur le fait que les dispositifs ORSEC maritimes, départementaux et zonaux doivent être préparés en concertation et mis en œuvre en étroite coordination pour garantir la cohérence des opérations de lutte à l'échelle de la zone potentiellement concernée par la pollution. Les instructions de 2002 restent en vigueur.

Amorcé en 2009 par un groupe interministériel, un nouveau guide ORSEC de la « disposition spécifique POLMAR-Terre » voit le jour en 2015.

> Le diagnostic du dispositif de préparation à la lutte POLMAR-Terre

Quinze ans après la dernière pollution majeure par hydrocarbures qui a touché la France, le ministère en charge de l'environnement - qui assure de nombreuses mesures de préparation à la lutte (parmi lesquelles l'achat, l'entretien et le stockage des matériels de lutte), le financement du Cedre et un support technique au sein du Cerema - demande qu'une mission de diagnostic sur l'organisation du dispositif POLMAR-Terre soit réalisée afin d'évaluer son efficacité. Le rapport d'expertise est publié le 23 novembre 2017. Il en ressort douze recommandations parmi lesquelles l'importance de réviser les instructions POLMAR de 2002.

Dans ce cadre, le Cedre assiste de façon permanente les autorités françaises dans la révision de leur plan ORSEC/POLMAR-Terre, la tenue d'exercices et l'animation de formations à destination des décideurs ou opérateurs de terrain.

À titre d'exemple, en 2017, le Cedre, aux côtés du Cerema et pour le compte des administrations concernées, a ainsi co-ani-

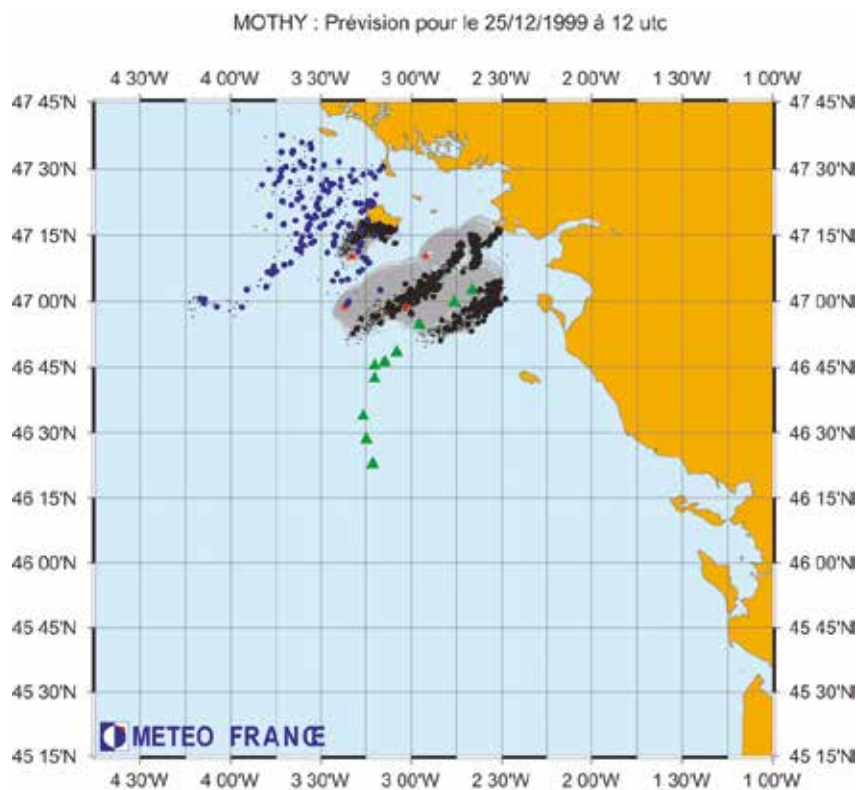
mé 13 formations à destination de 12 départements (métropole et outre-mer) et formé près de 800 personnes.

> Les eaux intérieures

De la même manière, la gestion des pollutions accidentelles en eaux intérieures (fleuves, rivières, cours d'eau et plans d'eau lacustres) était organisée au travers des PSS (Plans de Secours Spécialisés) eaux intérieures dans le cadre d'une circulaire datant de 1972 revue en 1985. Ces plans ont pour la plupart une vingtaine d'années et ne sont actualisés que dans l'optique de la préservation des ressources et de la distribution d'eau aux populations en cas de pollution touchant le réseau d'adduction d'eau potable. Une étude a été conduite en 2008, pour la DSC (Direction de la Sécurité Civile), visant à comparer les problématiques littoral et eaux intérieures.

Se profilent ainsi de nouveaux défis à relever pour les autorités, les administrations concernées et le Cedre.

Natalie Monvoisin
& Emmanuelle Poupon, Cedre ■



Carte de prévision de dérive des nappes connues lors de l'accident de l'*Erika* le 25/12/1999

Les modèles de dérive et de comportement des polluants font partie intégrante des outils de la lutte antipollution. Ils permettent notamment d'anticiper le déplacement des hydrocarbures en fonction des conditions météoro-océaniques. L'amélioration des prévisions et des observations de ces données a joué un rôle considérable quant à l'évolution et la fiabilité des modèles de dérive. Les avancées dans le domaine ont permis d'étendre les zones géographiques sur toute la France et dans le monde entier avec une résolution et un maillage de plus en plus fins.

En France, le travail de Météo France sur ce sujet a été initié au début des années 1970, à la suite de l'accident du *Torrey Canyon*. Un outil simple mais robuste a été développé puis utilisé avec succès lors de l'accident du *Tanio* en 1980. Dans les années 80, le sujet est resté en sommeil. Il est vrai qu'aucun accident majeur n'a touché les côtes françaises durant cette période. Le travail a été repris au début des années 90. Les moyens de calcul avaient évolué et une utilisation opérationnelle de modèles océa-

niques était désormais possible. Le modèle actuel de dérive de nappes MOTHY est opérationnel depuis février 1994.

En 1996, une collaboration débute entre Météo France et le Cedre. Une convention d'assistance permet au Cedre de solliciter en toutes circonstances les services de Météo France afin d'obtenir des prévisions météorologiques sur une zone donnée et activer le modèle MOTHY. Ce dernier peut également être utilisé « à rebours », par exemple pour identifier l'origine d'une pollution arrivée à la côte, et en cas de perte de conteneurs en mer. MOTHY est régulièrement amélioré par les travaux des ingénieurs de Météo France à Toulouse. Il a été utilisé avec succès pendant les accidents de l'*Erika* en 1999 et du *Prestige* en 2002.

À partir de 2007, le système MOTHY a gagné en précision et en étendue géographique en intégrant les courants analysés et prévus par les systèmes d'océanographie opérationnelle tels que MERCATOR et MFS.

En 2013, deux nouveaux types de production enrichissent l'offre de service MOTHY. Il s'agit des prévisions probabilistes atmos-

phériques et du multi-forçage océanique qui permet d'intégrer l'incertitude sur les données environnementales (vents, courants) en visualisant sur une même carte les résultats issus des différents modèles.

Depuis 2016, MOTHY bénéficie du forçage atmosphérique des nouveaux modèles régionaux à maille fine AROME pour l'outre-mer et du forçage océanique haute résolution des nouveaux systèmes MERCATOR.

En 2018, à la suite d'un contrat de recherche avec le SHOM et de travaux réalisés par l'IRD (Institut de recherche pour le développement) de Nouméa, MOTHY bénéficiera d'une version à très haute résolution de calcul des courants dans le lagon de Nouvelle-Calédonie.

MOTHY est considéré comme le modèle opérationnel et officiel à l'échelle nationale. D'autres modèles commerciaux ou institutionnels existent et peuvent être utilisés en France métropolitaine et en outre-mer. En cas de risque de marée noire, il est d'ailleurs fortement conseillé de faire tourner puis de comparer les résultats de différents modèles.

Pierre Daniel, Météo France & Vincent Gouriou, Cedre ■



Observation et télédétection

Au moment du naufrage de l'*Amoco Cadiz*, seule la Suède disposait d'un programme de surveillance aérienne incluant des moyens de télédétection : un avion muni d'un radar latéral, un autre de capteurs infrarouge et ultraviolet.

En France, le LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais) a démarré en 1978 une campagne d'observation avec un *Cessna Caravan* équipé d'un capteur infrarouge.

Dans les années 80, ces moyens se sont généralisés en Europe, à l'initiative des États et avec l'appui technique du groupe OTSOPA (*Working Group on Operational, Technical and Scientific Questions Concerning Counter-Pollution Activities*) de l'Accord de Bonn. Cet accord entre les 8 pays ayant une façade sur la mer du Nord avait été signé en 1969, mais il n'a été réellement activé qu'à la suite de l'accident de la plateforme *Ekofisk* (en 1977) et celui de l'*Amoco Cadiz*. L'une des thématiques abordées par le groupe de travail OTSOPA, auquel le Cedre contribue, est la détection aérienne des pollutions en mer.

En France, c'est la Douane qui est spécifiquement en charge de l'observation aérienne des pollutions en mer, et dispose à cet effet de *Cessna 406* spécialisés « POLMAR » et équipés de moyens de télédétection. Les aéronefs de la Marine nationale effectuent également des missions de détection et d'observation de la pollution, qu'il s'agisse de déversements accidentels

ou de rejets illicites, mais ils disposent de moyens de détection plus limités.

À l'heure actuelle, les avions POLMAR utilisent des moyens « classiques » équipant la plupart des aéronefs de télédétection, à savoir essentiellement un radar à visée latérale, et des capteurs optiques, infrarouge et ultraviolet. Des moyens complémentaires équiperont les *Beechcraft King Air 350 ER* qui remplaceront prochainement les *Cessna 406*.

La France n'investit pas seulement dans le matériel : le développement de la compétence des équipages est également primordial. Le Cedre organise depuis 1993 une formation à l'observation aérienne à l'attention de la Marine nationale, de la Douane et des CROSS (Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage). Le Cedre est également membre de l'équipe de formateurs mise en place par l'AESM (Agence européenne pour la sécurité maritime) sur le sujet.

Le Cedre a sorti un premier guide opérationnel sur le sujet en 1980. Plusieurs autres éditions ont suivi, jusqu'à ce que finalement l'ouvrage soit retenu comme référence par l'OMI.

Si, à l'heure actuelle, les moyens aéroportés de détection des hydrocarbures sont largement utilisés et maîtrisés, beaucoup reste à faire quant à la détection d'autres composés, et notamment ceux faisant l'objet des annexes 2 (substances nocives et potentiellement dangereuses) et 6 (gaz) de la convention MARPOL 73/78.

Les projets de recherche sont nombreux sur le sujet. Le Cedre travaille sur les produits chimiques depuis les années 80 (campagnes « Pollutmar »). Très récemment, nous avons été partenaires du projet POLLUPROOF, financé par l'ANR et coordonné par l'ONERA. Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet visant à identifier des capteurs pouvant détecter et caractériser les produits chimiques sont prometteurs. Ce projet est terminé, mais la tâche restante est immense.

Concernant la détection des gaz émis par les navires, on peut citer le très intéressant projet COMPMON, financé par l'Union européenne et mené par des pays du nord de l'Europe, avec, là aussi, des conclusions très encourageantes.

Enfin, dans la série des améliorations majeures depuis le naufrage de l'*Amoco Cadiz*, citons *CleanSeaNet Satellite Service*, programme mis en œuvre par l'AESM, qui collecte des images radar issues de plusieurs satellites, les analyse et les retransmet vers les États-membres en une trentaine de minutes. Opérationnel depuis 2007, le système est utile pour obtenir rapidement des images de vastes zones, sur lesquelles sont identifiées des anomalies, qui pourraient être des nappes d'hydrocarbures. Le dispositif est opérationnel en métropole et dans les Antilles.

Pour finir, l'AESM s'est également pourvue de drones, encore en phase d'essais, pouvant potentiellement détecter hydrocarbures, SNPD et gaz.

Anne Le Roux, Cedre ■



Analyses *in situ* et en laboratoire

La documentation scientifique publiée dans les années qui suivent l'accident de l'*Amoco Cadiz* est révélatrice du chemin parcouru dans le domaine de la chimie analytique et de l'évaluation de l'impact d'un tel événement sur la qualité des eaux du milieu marin. À ce titre, le colloque sur les conséquences de la marée noire de l'*Amoco Cadiz*, qui s'est tenu à Brest en novembre 1979, fait état de teneurs en contaminants qui sont actuellement détectées et quantifiées à des seuils 1 000 fois plus bas. Cet exemple ne doit pas cependant être généralisé, les progrès dans les différents domaines de l'analyse ayant été assez inégaux.

La mesure de la contamination *in situ* fait appel aux techniques de fluorimétrie, dont les principes, n'ont que peu évolué. De même, les mesures de composés aromatiques dissous restent des déterminations générales qui ne fournissent pas de valeurs de concentrations de composés individuels. Ces techniques conservent leur intérêt pour suivre une pollution dans les heures et jours qui suivent l'accident. C'est donc surtout dans le suivi à plus long terme que les progrès sont importants.

La démocratisation à partir des années 90 des systèmes d'analyses par chromatographie en phase gazeuse couplée à une détection par spectrométrie de masse (GC-MS) a permis d'améliorer considérablement le diagnostic suite à une pollution pétrolière.

Ces systèmes ont bénéficié des progrès combinés de l'électronique et de l'informatique, répandant largement leur usage. La première application qui vient à l'esprit est l'identification ou la confirmation de l'origine d'une pollution, par confrontation d'un prélèvement réalisé dans l'environnement avec la source potentielle de la contamination. La technique analytique a peu évolué depuis le début des années 2000, mais un effort important a été réalisé au niveau européen, notamment au travers du réseau OSINET (*Oil Spill Identification Network*) pour définir des critères communs d'interprétation des résultats. Ces analyses permettent par la suite de confirmer la nature d'une contamination, en différenciant les apports humains (anthropiques) du bruit de fond naturel (biogénique). Il est même possible de mettre en évidence une contamination accidentelle (apport pétrogénique) par rapport à une contamination chronique.

Au-delà de ces approches qualitatives ou semi quantitatives, de réels progrès ont été réalisés depuis les années 2000 dans la détermination des faibles teneurs en composés associés aux pollutions pétrolières, notamment les HAPs (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques). Les matrices complexes telles que les tissus biologiques rendent parfois délicate la confirmation de la présence de molécules cibles, les interférences étant nombreuses. L'utilisation de techniques de spectrométrie de masse plus élaborées (spectrométrie de masse

haute résolution ou en tandem) permet par exemple de déterminer avec une plus grande certitude les niveaux de HAP bioaccumulés.

Le domaine de l'analyse des eaux a bénéficié de nombreux développements réalisés pour la surveillance de la qualité chimique du milieu marin, notamment en lien avec la Directive cadre sur l'eau. Ainsi, des systèmes de micro-préparation d'échantillons (SBSE, SPME, SPE...) ont permis de diminuer fortement les seuils de quantification, tout en autorisant un large échantillonnage du fait d'une automatisation des procédures d'extraction. Ces techniques sans solvant permettent en outre de répondre à une préoccupation pour l'environnement plus générale.

Des dispositifs dits par échantillonnage passif peuvent être laissés dans l'environnement plusieurs jours, et ainsi accumuler (intégrer) la pollution. Les valeurs ainsi mesurées sont basses et représentatives d'une moyenne sur plusieurs jours.

Tous ces progrès ne doivent cependant pas éluder la phase parfois considérée, à tort, comme moins technique : le prélèvement et la bonne conservation d'un échantillon représentatif, sans contamination extérieure de ce dernier.

Julien Guyomarch, Cedre ■

Utilisation des dispersants

Les premiers produits chimiques assimilables à des dispersants et utilisés dans la lutte contre les pollutions accidentelles par hydrocarbures étaient des détergents. Les opérationnels les ont utilisés lors de l'accident du *Torrey Canyon* en 1967 afin de nettoyer les rochers souillés par le pétrole, mais aussi afin de fragmenter les nappes à la dérive sur la frange littorale. Cependant, les premiers bilans de ces interventions ont fait apparaître des mortalités élevées au sein de certaines populations d'organismes marins pondérant ainsi l'intérêt de leur utilisation malgré une efficacité avérée. Les études en écotoxicité initiées alors ont mis en exergue la toxicité des solvants constituant pour partie ces détergents, à savoir majoritairement des HAPs, et ces mortalités leur ont été imputées. En s'appuyant sur les résultats observés en termes de nettoyage du littoral, les autorités britanniques reconnaissaient l'intérêt de ces produits dans la lutte contre les marées noires à condition d'en réduire la toxicité vis-à-vis de l'écosystème marin et, dans cet objectif, mettaient en place un programme de recherche afin d'en optimiser la formulation.

Lors de l'accident de l'*Amoco Cadiz*, les dispersants furent employés, mais uniquement sous un angle exploratoire afin d'appréhender leur potentiel dans la lutte. Si leur efficacité était encore soulignée, des recommandations furent rapidement émises sur les techniques d'épandage à déployer et sur le stockage de ces produits à bord des navires de lutte. En effet, il apparaissait nécessaire d'optimiser les procédures d'épandage afin de gagner en surface de nappe pouvant être traitée en une seule application et de limiter les allers-retours au port pour réapprovisionnement. Plusieurs programmes de recherche furent alors initiés et aboutirent, entre autres, au développement de rampes d'épandage équipées de buses spécifiques permettant de contrôler la quantité de dispersant à appliquer par mètre carré de pétrole. Ceci a permis de définir le rapport dispersant sur pétrole en termes de volume (ou DOR pour *Dispersant Oil Ratio*). Dans les années qui suivirent et au-delà de ces aspects purement pratiques, le gouvernement français demandait au Cedre de définir une procédure de test des dispersants afin d'éviter l'utilisation sur le marché de formulations commerciales non

adaptées et potentiellement toxiques. Ainsi naissait en 1988 la procédure française toujours en vigueur qui comprend les trois tests suivants : test d'efficacité (NF T 90-345), test de non toxicité vis-à-vis de la crevette marine *Crangon crangon* (NF T 90-349) et test de biodégradabilité (NF T 90-346). Puis, dans les années 90, les limites d'utilisation des dispersants sur le littoral français furent définies afin d'en empêcher l'usage dans les zones potentiellement plus sensibles à un pétrole dispersé que flottant ou lorsque leur dilution dans la colonne d'eau ne pouvait pas être garantie, notamment faute de distance à la côte ou de profondeur suffisante. Pour ce qui est de la toxicité intrinsèque des dispersants, les formulations chimiques actuellement sur le marché ont passé avec succès les tests d'innocuité vis-à-vis du milieu marin et elles sont non persistantes car biodégradables.

Même si les dispersants n'ont pas été utilisés, en France, lors des derniers accidents pétroliers, ces produits de lutte font partie intégrante de la panoplie des stratégies pouvant être utilisées pour combattre une marée noire.

Stéphane Le Floch, Cedre ■



© US Coast Guard photo

La technique du brûlage de nappe en mer (ou ISB pour *In Situ Burning*) consiste à initier la combustion d'une nappe de pétrole sur le lieu même de la pollution accidentelle. Même si la technique est de prime abord très intéressante du fait de son faible coût, de son rendement, de sa rapidité d'élimination du polluant ou encore de la faible quantité de déchets générés, elle n'a jamais été réellement intégrée à l'éventail des techniques « classiques » de lutte antipollution en raison de sa difficulté de mise en œuvre et de la formation dans l'atmosphère d'une grande quantité de produits de combustion (gaz, suies). Cette technique de lutte demeure une question discutée depuis la fin des années 60 où elle a été mise à l'essai pour la première fois (1967, *Torrey Canyon*) mais sans succès. Jusqu'en 2010, l'utilisation volontaire de la technique dans le traitement d'une pollution réelle n'était signalée qu'une seule fois, au cours de la pollution de l'*Exxon Valdez* (1989). En raison des conditions climatiques et des processus décisionnels, seul un essai de 75 minutes avait pu être réalisé avec succès, les essais ultérieurs s'étant révélés inefficaces du fait de l'émulsification du pétrole. Pour autant, l'ISB a fait l'objet de nombreuses études menées autant en laboratoire qu'au cours d'expérimentations menées bien souvent en zone arctique, milieu particulièrement adapté à sa mise en œuvre. En effet, les basses températures ralentissent le vieillissement des hydrocarbures en prolongeant la présence des composés volatils. De plus, la présence de blocs de glace à la surface de l'eau assure le confinement naturel des nappes. L'actualité plus récente de *Deepwater Horizon* (2010, Golfe du Mexique), et les quelques 400 brûlages de nappes réalisés au cours de cette pollution ont permis d'acquérir de l'expérience de terrain, d'améliorer les connaissances scientifiques et d'optimiser les équipements nécessaires. Pour certains États ou décideurs, l'ISB doit maintenant passer du stade de technique alternative au stade de technique classique de lutte en mer au même titre que la dispersion et la récupération mécanique.

Ronan Jézéquel, Cedre ■



Brûlage *in situ* lors de l'accident de *Deepwater Horizon* (2010)

© US Coast Guard photo

« En 40 ans de recherche sur la biorémédiation, un vaste nombre d'expérimentations en laboratoire et *in situ* a été entrepris et a abouti à la rédaction de nombreux guides sur le sujet »

La biorémédiation regroupe l'ensemble des techniques utilisées pour la dépollution d'un site contaminé en accélérant la dégradation naturelle des polluants par des micro-organismes. Cette technique est relativement bien perçue par le grand public en comparaison d'autres procédés de nettoyage tels que l'excavation des sédiments pour un traitement *ex situ*. Dans le cas des pollutions accidentelles, ces opérations sont à entreprendre à l'issue des opérations de nettoyage fin sur le site de la pollution, évitant la mise en place de logistique lourde de transport de matériel, de personnel et de déchets. Au cours d'une opération de biorémédiation classique, les populations de bactéries hydrocarbonoclastes indigènes se développent en nombre quand l'hydrocarbure est présent et, au fur et à mesure de sa dégradation, les populations décroissent pour revenir à des niveaux de base. À terme, ce processus s'accompagne d'une production de biomasse, de dioxyde de carbone et d'eau. Très utilisée dans le domaine de la pollution des sols de zones industrielles, la mise en œuvre des techniques de biostimulation ou bioaugmentation voire de phytoremédiation reste encore marginale dans le cas des pollutions accidentelles des eaux par hydrocarbures. En 40 ans de recherche, un grand nombre d'expérimentations en laboratoire et *in situ* a été entrepris et a abouti à la rédaction de nombreux guides sur le sujet. Parmi les enseignements des études scientifiques, il est maintenant admis que le procédé de bioaugmentation basé sur l'ensemencement d'un site contaminé avec un consortium bactérien spécifiquement développé pour dégrader

les hydrocarbures ne constitue pas une solution efficace de biorémédiation du fait d'une compétition immédiate avec les bactéries autochtones, au profit de ces dernières. Dès

lors, le procédé de biostimulation est préféré dans le cadre de la mise en place d'un chantier de biorémédiation d'un environnement ouvert tel qu'un littoral. De nombreux agents de biostimulation aujourd'hui clairement répertoriés permettent d'enrichir en nutriments le site contaminé afin d'accélérer de façon significative le processus de biodégradation et la dépollution du milieu.

Ronan Jézéquel, Cedre ■



Confinement et récupération en mer

Depuis l'accident de l'*Amoco Cadiz*, les évolutions réglementaires visant à prévenir les déversements accidentels d'hydrocarbures à partir des navires pétroliers ont contribué à la diminution significative mondiale de la survenance de pollutions majeures. Dans les eaux françaises, rares ont été au cours des 40 dernières années celles ayant impliqué des volumes de pétrole dépassant le millier de tonnes, plus rares encore dans un contexte permettant la mise en œuvre d'opérations de confinement et de récupération en mer. De fait, ce sont principalement les naufrages des pétroliers *Erika* en 1999 (Golfe de Gascogne) et *Prestige* en 2002 (large du cap Finistère) qui ont permis d'intéressants retours d'expérience quant à l'efficacité et aux limites des techniques et moyens déployés et à l'identification de voies d'améliorations. Celles-ci ont plus particulièrement concerné la récupération d'hydrocarbures très visqueux (ou *Heavy Fuel Oil*), une problématique différant en cela de celle de déversements majeurs de produits bruts survenus en France ou dans des pays voisins (*Braer* et *Sea Empress*, respectivement en 1993 et 1996, au Royaume-Uni). Ainsi, en matière de récupération mécanique, les évolutions les plus significatives motivées par l'expérience française ont notamment porté sur l'amélioration de la capacité de réponse à des déversements de produits visqueux, ceci dans un contexte

plus large de nombreux déversements de HFO survenus dans le monde (*Nakhodka* au Japon, 1997 ; *New Carissa* aux États-Unis, 1999) et d'analyse des tendances du trafic, éléments qui ont encouragé l'amélioration des moyens techniques adaptés en la matière.

> Affrètement de navires antipollution spécialisés (OSRV) adaptés aux déversements de HFO

La pollution de l'*Erika* en décembre 1999 a confirmé la faisabilité et les mérites du confinement et de la récupération en mer. En effet, en dépit de conditions météorologiques très dégradées, qui n'ont permis que 3 jours d'opérations en 3 semaines, et de la viscosité très élevée du fioul déversé, qui en a rendu le pompage particulièrement difficile, plus de 1 100 tonnes de pétrole ont été récupérées. Un bilan non négligeable si on le considère à l'aune de la durée et du coût des opérations induits par le nettoyage des littoraux affectés par le reste de la cargaison. Ce résultat a largement bénéficié de l'excellente coopération entre les pays européens qui, conformément aux accords régionaux activés suite au déversement du *Sea Empress* par exemple, ont groupé leurs moyens. Dans le cas de la pollution du *Prestige* en 2002, dont une partie a dérivé dans le Golfe de Gascogne, ce sont plus de 20 000 tonnes d'émulsion (soit environ 25 %

du déversement) qui ont été récupérées par la flotte d'OSRV (*Oil Spill Response Vessels*) européens mobilisés. Ce bilan significatif a même été doublé grâce à l'implication d'une flottille de navires d'opportunité (de pêche, en l'occurrence) équipés de dispositifs de chaluts et filets de surface (voire d'équipements plus légers). Des moyens peu sophistiqués mais qui se sont révélés relativement bien adaptés à la situation.

Depuis les années 90, la plupart des efforts d'amélioration de la capacité de récupération en mer ont porté, au moins en Europe, sur l'affrètement ou l'achat de navires multitâches équipés de moyens de lutte adaptés aux produits très visqueux (en termes de récupération, de stockage, de transfert ainsi que de détection). En France, certains navires ont été modifiés pour en améliorer l'efficacité sur des nappes de HFO. Par exemple, compte tenu des difficultés rencontrées dans le contexte des accidents de l'*Erika* et du *Prestige*, les navires français *Alcyon* et *Ailette* ont été équipés de bras rigides de balayage, en plus de leurs récupérateurs à seuil *Transrec* et têtes d'écumage *Hiwax*. Le BSAD *Argonaute*, offrant une capacité de stockage de 1 500 m³, est affrété depuis 2004 par la Marine nationale.

Cependant, dans le domaine des OSRV, une initiative majeure a été prise par l'Europe, via l'AESM et l'allocation d'un budget important à la contractualisation de sociétés pri-

vées pour le maintien d'une flotte européenne opérationnelle de navires divers (ravitailleurs, câbliers, brise-glace...) équipés de matériel antipollution spécifique. Les spécifications émises pour ces contrats ont pris en compte les leçons tirées des déversements les plus récents dont ceux de l'*Erika* et du *Prestige*, incluant la capacité de récupération de fiouls lourds par mer agitée. En outre, s'ajoutent à cette flotte de navires d'intervention deux stocks de matériels de lutte en mer implantés en zone Baltique et en mer du Nord.

> Projets de R&D en matière de navires dédiés à la récupération de produits lourds

En dépit des investissements réalisés dans les OSRV, la recherche et le développement de nouvelles techniques ont été relativement limités, sauf peut-être dans le domaine du guidage des navires par le biais de la télédétection. En France, quelques jours après l'accident de l'*Erika*, le ministère de l'Industrie lançait un appel à projets visant à améliorer la réponse en mer en pareille situation. Quatre propositions pour la conception d'OSRV ont alors été financées. Moins de 3 ans plus tard, suite au naufrage du *Prestige*, les 2 plus prometteuses ont été soumises à la Commission européenne en réponse à un appel à projets analogue. L'un d'entre eux (le projet *Oil Spill Harvester* ou OSH) a été financé afin de développer un navire de type catamaran. Il a pris fin en 2008, concluant à la validité du concept en termes de récupération de produits visqueux (y compris par mer agitée) et de capacité de stockage, à défaut d'une viabilité économique. Il a aussi permis, entre autres, la conception et l'essai d'un module de récupération à brosse.

> Mobilisation accrue des navires d'opportunité

Comme mentionné précédemment, le bilan de la récupération en mer du fioul échappé du *Prestige* a été doublé grâce à l'implication de nombreux navires de pêche, équipés d'outils non spécifiques tels que les chaluts, salabardes, épuisettes, pelles grillagées... mais qui se sont révélés adaptés à la forme de la pollution. Cela étant, en dehors des chaluts de surface, peu d'améliorations notables ont été depuis apportées à ces dispositifs.

> Développement de nouveaux concepts de confinement / récupération

Au cours des 40 dernières années, si de nombreux pays européens se sont efforcés de constituer des stocks de matériels de lutte en mer, incluant moyens de pompage et d'écumage, ceux-ci relèvent logiquement de technologies et de moyens disponibles sur le marché car, par ailleurs, il n'existe presque aucune initiative nationale visant au développement de concepts originaux en la matière. Le marché semble trop limité pour inciter l'industrie à financer des recherches significativement novatrices. Au cours des 20 dernières années, le Japon a été l'un des rares pays où de nouveaux concepts de pompage de produits visqueux ont été développés et testés, en leçon de la pollution du *Nakhodka* (1997), notamment un concept de jets de vapeur et d'aspiration à vide conçu et testé par le *Port and Airport Research Institute* (PARI). Dans la plupart des cas, les développements proposés par les constructeurs relèvent davantage d'améliorations de systèmes ou de techniques existants que de réelles nouveautés.

> Tests et amélioration des techniques et moyens

Pompes

Des améliorations ont eu lieu dans le monde entier depuis une vingtaine d'années concernant, notamment, les pompes dites à vis d'Archimède, couramment utilisées pour la lutte contre les déversements d'hydrocarbures. Ces améliorations ont porté à optimiser les performances sur des produits très visqueux. Les bénéfices du principe d'injection annulaire d'eau ont été évalués via des tests réalisés par de nombreux organismes situés des deux côtés de l'Atlantique, par exemple pour le compte des Gardes-côtes des États-Unis comme du Canada (avec des programmes spécifiques tels que *JVOPS*, *Joint Viscous Oil Pumping*), au Danemark dans les installations de DESMI, en France dans les installations du Cedre, en Finlande dans les installations de Lamor... En France, ce principe adapté des technologies de l'industrie pétrolière a été testé pour une application à la récupération en mer par le Cedre et l'IFP.

Au final, dans les années 2000, des systèmes d'injection de vapeur/eau chaude en entrée de pompe et d'injection annulaire d'eau en refoulement ont permis des avancées remarquables en termes de débits de pompage d'hydrocarbures visqueux.

Récupérateurs mécaniques

En ce qui concerne la récupération des pétroles très visqueux de nombreux récupérateurs à seuils, à bandes transporteuses, à brosses linéaires ont été testés. Des progrès supplémentaires ont été réalisés via l'utilisation d'adaptateurs à bandes ou à brosses sur des déversoirs, améliorant les rendements et la sélectivité de la récupéra-



Confinement et récupération lors de la pollution du *Prestige*



Collecte d'émulsion inverse à l'aide d'un récupérateur à seuil

tion. En Scandinavie notamment (Norvège, Suède par exemple), les évaluations ont conduit à la production de récupérateurs de haute mer par la suite intégrés dans de nouvelles unités de lutte en mer. En France, des essais ont été réalisés dans les installations du Cedre (projet européen OSH évoqué plus haut), de même que des tests, à la demande des autorités françaises, pour comparer les performances de dispositifs de plus petites dimensions.

Filets de surface

Au début des années 80, des dispositifs à filets de chalutage de surface ont été conçus et testés notamment en France (dispositifs *Seynip*), ou encore au Japon, pour récupérer des hydrocarbures rendus solides ou très visqueux suite à un épandage préalable d'absorbants sur les nappes. Des équipements similaires ont également été conçus au Danemark (*Scantrawl*) et au Royaume-Uni (*Jackson Trawl Net*), mais les limitations liées à l'application d'absorbant en pleine mer ont conduit à un délaissement de ces dispositifs de filets pendant plus de 15 ans. Ils ont notamment ressurgi dans le contexte de l'*Erika* et de la lutte en frange côtière, où leur potentiel en termes de récupération de produits flottants extrêmement visqueux a été confirmé. Cela étant,

les difficultés de manipulation ainsi que de vidange/nettoyage de ce type de chaluts ont encouragé l'apparition de concepts jetables (*a minima* du fond de poche). En France après l'*Erika*, le projet ECREPOL (financé par le Ministère de la Recherche et labellisé par le RITMER) a abouti au développement d'un tel dispositif (chalut *Thomsea*), acquis depuis par plusieurs autorités, et d'autres descendants de ce concept envisagé il y a une quarantaine d'années ont vu le jour.

Réservoirs de stockage dédiés

Des réservoirs souples flottants remorquables ont été développés pour augmenter la capacité de stockage des émulsions récupérées en cours d'opérations en mer, mais ils sont le plus souvent d'une capacité insuffisante à éviter un second transfert vers des stockages plus grands. Des modèles fermés (saucisses, coussins, etc.) peuvent être utilisés pour permettre un remorquage à des vitesses plus élevées vers des sites de déchargement, mais ils sont aussi plus difficiles à vider, et des fabricants proposent des réservoirs à toit amovible pour pallier ce problème opérationnel. Malgré des améliorations apportées à ce type d'équipements ces 40 dernières années, et leur présence dans des stocks de matériels, ils

semblent rarement utilisés en cas de déversements réels en mer, probablement en raison du risque de rupture lors du remorquage vers un déchargement terrestre.

Installations d'essais

Si des normes ont été élaborées pour la classification et l'évaluation des barrages et récupérateurs pour la lutte en mer, il n'y a que peu d'installations dans le monde où ces derniers peuvent être évalués dans des conditions réalistes permettant d'en établir et d'en comparer les performances. Outre Atlantique, la plus connue est sans doute l'Ohmsett, créée aux États-Unis il y a une quarantaine d'années et dont l'activité, un temps en déclin dans les années 80, a été ravivée suite à l'accident de l'*Exxon Valdez*. S'y déroulent toujours de très nombreux essais d'équipements, par exemple de récupérateurs commercialisés ou en cours de développement, selon les procédures standard nord-américaines pour les besoins des secteurs privé ou public. En Europe, la Norvège (*Norwegian Coastal Administration* ; Sintef) et la France (Cedre) notamment disposent d'installations dédiées pouvant être utilisées pour tester les récupérateurs selon leurs protocoles standards respectifs (AFNOR en France), ou des pompes entre autres équipements.

Ivan Calvez, Cedre ■



Navire récupérateur



Mise en œuvre de chalut antipollution *Seynip* par des bateaux de pêche

L'utilisation des absorbants flottants hydrophobes fait partie des techniques couramment utilisées pour intervenir sur les pollutions accidentelles par hydrocarbures.

Dans les années 80, les premiers absorbants utilisés étaient essentiellement des absorbants en vrac d'origine naturelle ou synthétique à base de fibre de verre (isolant), tourbe, perlite, cellulose, poudre polyuréthane, caoutchouc (pneu)... De nombreux produits provenaient souvent de déchets industriels à l'état brut ou traités et conditionnés en vue d'une application sur pollutions.

Les produits en vrac étaient privilégiés en raison de leur coût très intéressant en comparaison du prix de vente plus élevé des absorbants conditionnés de type feuille ou barrage.

À cette époque, des protocoles qui permettent de mesurer les rétentions en eau et en hydrocarbures ont été mis en place au laboratoire du Cedre afin de définir les performances des différents absorbants dans des conditions identiques et déterminer les

critères de sélection pour ne retenir que les plus performants. Le pétrole de référence utilisé dans ces tests était le BAL 110, un brut arabe léger semblable à celui de la pollution de l'Amoco Cadiz étêté à 110 °C de façon à le rendre moins toxique pour l'expérimentateur. Au cours des années, ces protocoles ont évolué et ont été adaptés aux différents types de conditionnement pour aboutir à des protocoles normalisés qui ont été édités en 1990 et qui sont toujours mis en application aujourd'hui pour valider les absorbants (norme AFNOR NF T 90-360). À l'heure actuelle, les marchés d'absorbants flottants hydrophobes pour une utilisation sur l'eau sous forme conditionnée en feuille et en barrage se sont développés, au détriment des absorbants en vrac. Ces produits sont davantage mis en œuvre en raison de leur simplicité d'utilisation. Leur récupé-

ration est plus aisée et leur application ne requière pas de moyens d'épandage et de récupération. Vu l'ampleur de ces marchés et la concurrence qui règne entre les différentes et nombreuses sociétés fabricantes et distributrices de ces produits essentiellement en polypropylène en provenance de France, Belgique, États-Unis, Turquie, Chine..., le coût de revient des feuilles s'est rapproché de celui des vracs. Désormais, les opérationnels de l'antipollution privilégient les absorbants en polypropylène qui remportent une part importante des marchés. Les absorbants sous forme de barrage conservent des coûts plus onéreux mais restent toutefois intéressants du fait de leur double action en tant que matériau de confinement et de récupération.

Pascale Le Guerroué, Cedre ■

« Désormais, les opérationnels de l'antipollution privilégient les absorbants en polypropylène qui remportent une part importante des marchés »



📍 Mise en place de boudins absorbants pour protéger le littoral lors de l'accident de *Deepwater Horizon*



📍 Utilisation d'absorbants en feuille en zone portuaire



La protection des zones sensibles du littoral est une volonté permanente des décideurs confrontés à la gestion d'une pollution par hydrocarbures. Elle se traduit quasi systématiquement par la mise en place de barrages flottants devant le littoral, constituant bien souvent pour les populations riveraines la première phase visible de la lutte à terre et donc la première opération critique pour les autorités chargées de la conduire. Apparus en Europe et en France à l'issue de l'accident du *Torrey Canyon*, les barrages flottants ont connu un développement important après l'*Amoco Cadiz*. Ainsi, dans les années 80 et 90, en tirant notamment profit de la découverte de nouvelles matières, les industriels ont conçu une large gamme de barrages et accessoires aux caractéristiques diverses et aux qualités intrinsèques croissantes. Dans le même temps, la réalisation des plans de protection des sites sensibles du littoral et ses mesures connexes, telles que définies par la circulaire POLMAR d'octobre 1978, devenait une partie importante du dispositif français POLMAR-Terre se traduisant par :

- Des études de la sensibilité de notre littoral vis-à-vis des hydrocarbures (qui allaient progressivement aboutir à des atlas de sensibilité puis à leur version numérique actuelle sous forme de système d'information géographique (SIG), afin de mieux restituer aux décideurs les enjeux écologiques et économiques du littoral menacé),
- l'élaboration des plans de poses de barrages (incluant la configuration adaptée aux caractéristiques physiques et hydrodynamiques des sites et le calcul des efforts transmis dans les éléments du barrage et de ses ancrages),

- la mise en place en parallèle, à la fois de stocks d'équipements renfermant des dispositifs de complet de confinement (en association à des moyens de récupération et de stockage),
- des exercices de mise en œuvre et de validation de ces plans de pose. Depuis lors, l'effort porté à la protection des sites n'a pas faibli : adaptation des moyens détenus dans les stocks, organisation d'exercices POLMAR tout au long du littoral. S'y ajoute la conduite d'études et d'essais conjointement menés par le Cedre et le Cerema, notamment dans des zones de fort courant ou de grand marnage afin de mieux apprécier les limites des dispositifs disponibles. Dorénavant bien connues des spécialistes et des opérationnels, notamment sur le plan hydrodynamique, ces limites ne permettent pas une protection efficace de tous les secteurs sensibles et nécessitent donc de concentrer les barrages sur des sites réellement protégeables. Cet état de fait reste encore difficile à admettre pour de nombreuses parties prenantes 40 ans après l'*Amoco Cadiz*. Il demeure souvent délicat pour le conseiller technique de faire accepter par les décideurs qu'un déploiement de barrage n'est pas opportun et qu'il peut être préférable dans certains cas de recourir à d'autres alternatives de protection (absorbants, filets, gabions, dispositifs filtrants de nature diverse...) qui ont montré leur intérêt lors des pollutions de l'*Erika* et du *Prestige*. Dans tous les cas, il convient d'anticiper et d'organiser rapidement le premier nettoyage des secteurs les plus sensibles du littoral.

Arnaud Guéna, Cedre

🚰 Déploiement d'un barrage lors d'un exercice POLMAR-Terre



🚰 Barrage à façon, en paille

Nettoyage du littoral

Les opérations de nettoyage sur le littoral suite à l'accident de l'*Amoco Cadiz*, s'achèvent au bout de 3 mois d'efforts intenses. Intervient en premier lieu la population locale (résidents, pompiers, agents communaux, professionnels de la mer, agriculteurs...) qui improvise avec les moyens et les tenues du bord. Pour certains, le geste est plus facile : il s'agit de renouveler les opérations réalisées 12 ans auparavant lors de l'accident du *Torrey Canyon*. Très vite, les locaux sont renforcés par l'arrivée de corps constitués : pompiers et militaires, essentiellement composés de conscrits. Les stocks de matériels de lutte n'existent pas encore, et les équipements spécialisés (barrages, récupérateurs) ne sont pas légion : quelques unités et quelques prototypes arrivent sur les plages. Le « mazout », fluide, bouge sans cesse et s'immisce partout. C'est donc d'abord essentiellement une affaire de pompage : pomper le pétrole, et aussi pomper de l'eau en vue d'alimenter les lances pour lessiver les substrats englués. L'arsenal est essentiellement constitué de tonnes à lisier et de pompes à gros débit munies de clarinettes de distribution. Puis vient très vite le temps des nettoyeurs à pression : encore peu communs à l'époque, ils deviennent une pièce maîtresse du nettoyage du littoral grâce à la réactivité du secteur privé local qui procure des unités autonomes et mobiles. Les opérations de lutte et la logistique annexe, terrestre et nautique, sont orchestrées par les services de l'équipement. Des norias d'engins de

travaux publics circulent sur les plages et leurs abords pour piocher dans les nappes épaisses en bordure d'eau ou racler celles déjà déposées sur la plage, pour évacuer les poubelles remplies à la main dans les rochers, pour creuser des fosses dans les sols afin de recevoir les produits de pompage, et aussi pour décaper des couches de sédiments fortement polluées. Guidées par l'urgence de retirer le pétrole des plages, voire par pur souci d'efficacité, les opérations de nettoyage sont parfois menées dans la précipitation, induisant alors des effets dommageables à l'environnement. Les nombreuses manifestations contre la marée noire qui ont lieu à l'époque voient d'ailleurs fleurir des pancartes critiquant les opérations réputées ravageuses : « Non aux détergents », « Sauvons nos dunes », preuve de la conscience écologique déjà bien ancrée au sein d'une partie de la population locale.

Dans les années 1980, le Cedre tout nouvellement créé va naturellement axer son activité sur l'amélioration des connaissances sur les polluants et les moyens de lutte. Certains des aspects techniques défectueux ou manquants lors de l'accident de l'*Amoco Cadiz* font alors l'objet d'une attention particulière. La mise au point d'outils de ramassage de polluant sur les plages, en association avec des constructeurs nationaux ou locaux, occupe fortement ses premières années. Finalement, la trop faible occurrence d'utilisation de ces prototypes condamne leur développement industriel et le Cedre renonce à cette activité. Le seul équipement conçu de la sorte

au Cedre et qui ait prospéré est un système efficace, simple et pas cher à construire : il s'agit de la lance pour le brassage immergé qui est d'ailleurs testée sur certaines plages du Finistère contenant encore des poches de pétrole piégées en profondeur. Le Cedre se concentre alors sur l'évaluation des produits et moyens de lutte disponibles susceptibles d'être utilisés, en mer et sur le littoral. Cette évaluation permet de cerner les réelles performances et les conditions optimales d'utilisation des équipements (en termes d'efficacité et d'impact écologique potentiel), et de proposer aux autorités nationales des équipements performants complémentaires à ceux déjà existants au sein des stocks POLMAR (ceux achetés lors de l'*Amoco Cadiz*). À partir des années 1990, le secteur industriel pétrolier s'intéresse à son tour à cette activité qu'il soutient.

En parallèle, le Cedre rédige des guides pratiques d'intervention sur le littoral, pour le compte de la Direction des ports et de la navigation maritime, de la Commission Économique européenne, et de l'OMI. Il s'intéresse aussi de près à l'impact environnemental potentiel des techniques de lutte. Pendant une quinzaine d'années, des expérimentations sont ainsi menées sur le littoral, avec ou sans pétrole, afin de suivre les effets possibles des techniques sur la faune ou la flore, cela en association avec les universités de Brest et de Rennes qui sont en charge du suivi écologique. Plusieurs techniques ou actions connexes sont ainsi passées au crible : le lavage de rochers à l'aide de produits ; le lavage de la végétation de



Chantier de nettoyage haute pression d'un enrochement

marais ; la dispersion chimique de nappes échouées ; le brassage immergé sur plages de sable ; la fauche de la végétation de marais ; le recours à un produit filmogène pour la protection des substrats ; le roulage d'engins lourds sur les plages...

Les années 90 sont marquées par une série de grands accidents pétroliers à l'étranger, pour beaucoup desquels le Cedre est appelé. Les retours d'expérience de ces cas concrets, et la confrontation de l'expérience post *Amoco Cadiz* avec des pratiques mises en œuvre à l'étranger profitent amplement à l'amélioration de la réponse sur le littoral, comme à la réduction des impacts écologiques. Des techniques moins agressives pour l'environnement sont testées puis préconisées, notamment pour limiter au maximum le retrait des sédiments des plages, comme le brassage immergé ou le *surfwashing*. Durant ces années, le souci environnemental est particulièrement caractérisé par le concept américain, post *Exxon Valdez*, d' « *How clean is clean* » (jusqu'ou nettoyer, sans risquer d'induire par la réponse elle-même, un impact environnemental ?) qui, en fait, conceptualise une démarche déjà bien prise en considération en Europe et en France. Plus ardue, voire illusoire, est la définition connexe d'une plage propre, sur une seule base visuelle, pour décider de la fin des opérations de nettoyage, comme l'ont montré les limites du test des chaussettes blanches, aux USA, ou de celui de la serviette blanche, lors de *Erika* en France.

Face à cette inadaptation du simple constat visuel, une autre approche, est choisie lors de *Erika*, pour décider quand arrêter le nettoyage. Il s'agit de la mise en place

d'une cellule environnementale qui, regroupant des représentants de toutes les parties prenantes, définit, de manière contradictoire, avant le lancement du chantier, les objectifs et les techniques du nettoyage en fonction des enjeux environnementaux et économiques du site. En fin d'opérations, cette même cellule décide ou pas de réceptionner le chantier, sur la base de ce qui a été communément fixé au départ.

Avec *Erika*, d'autres grands changements s'opèrent. Tout d'abord apparaissent de nouveaux acteurs, parmi ceux-ci, le propriétaire de la cargaison du navire pollueur, qui annonce son implication volontaire dans la lutte, d'autant qu'il se trouve être la principale compagnie pétrolière du pays (REPSOL en fera de même en Espagne, lors du *Prestige*). Faisant part de son souhait de participer activement, entre autres, aux opérations de nettoyage au sein du dispositif POLMAR, Total se voit attribuer les sites parmi les plus compliqués techniquement à nettoyer. Cette implication, outre la manne financière complémentaire qu'elle représente, fait bouger les lignes des standards de nettoyage internationalement admis jusqu'alors. Il en va ainsi, par exemple, de l'intervention sur falaises totalement inédite. Total, puis le dispositif POLMAR, fait appel à des cordistes professionnels pour ouvrir des accès en vue de retirer le polluant hors des criques encaissées et nettoyer les falaises souillées. En parallèle, un soin particulier est apporté pour limiter la contamination des sites non souillés à partir des sites en cours de nettoyage et pour limiter la dégradation des accès et des sols. Toutes ces innovations font depuis partie du décor des chantiers de nettoyage, tant

en France qu'à l'étranger, au même titre que les tenues et appareils de protection individuelle. Autre nouveauté, le recours à des experts environnementaux pour identifier des espèces et habitats à risques et coordonner leur nettoyage, ainsi que conseiller sur le calendrier d'intervention selon la fréquentation ou les cycles de vie des animaux. Une autre technique connaît son heure de gloire : le *surfwashing*. Déjà connue dans son principe, elle est alors très largement améliorée grâce au recours à des filets synthétiques capteurs qui récupèrent plus efficacement le pétrole libéré, technique par la suite très souvent appliquée. Un autre changement majeur marque les années 2000 en France, amorcé lors de *Erika* : la forte diminution du secteur public dans le dispositif de lutte, au profit du secteur privé. Un nouvel acteur, la société privée d'intervention, est dorénavant appelé pour nettoyer le littoral en remplacement des contingents des corps constitués qui jusqu'alors formait le gros des troupes. Les renforts militaires, importants encore lors de *Erika* (durant les 6 premiers mois), ne sont plus ou peu présents (en dehors des Unités d'instruction et d'intervention de la sécurité civile) lors de l'accident du *Prestige* : la fin de la conscription militaire tarissant, de fait, la source auparavant majeure d'approvisionnement en opérateurs terrain. Côté pompiers, autre source de renfort importante, leur mobilisation, d'urgence par définition, ne peut se prolonger sur le long terme. À ceci s'ajoute la réduction du nombre de fonctionnaires des services de l'État habituellement chargés de l'organisation et de la gestion de la lutte. Pour combler ces manques et facili-



🚰 Ramassage manuel d'hydrocarbure



🚰 Flushing en zone littorale



Chantier de nettoyage sur le littoral



Ramassage de déchets solides dans un enrochement

ter la gestion de la lutte, il est fait dorénavant appel au secteur privé. Innové lors de l'*Erika*, le passage de marchés publics est devenu la norme. Dorénavant, des marchés anticipés POLMAR, signés au niveau zonal par le préfet délégué à la sécurité et à la défense, sont préalablement passés à des prestataires privés en vue de lancer le plus rapidement possible les opérations ou de fournir les moyens requis pour le faire.

En 1978, il a fallu 3 mois et demi pour nettoyer la pollution issue du déversement de 230 000 tonnes de l'*Amoco Cadiz*. Pour nettoyer les 20 000 tonnes de l'*Erika*, les chantiers de nettoyage fin se sont prolongés ponctuellement sur plus de 2 ans. Après l'*Amoco Cadiz*, la population a réinvesti les

plages sans trop se poser de question, l'été arrivant, au bout de 3 mois. Pour l'*Erika*, 6 mois d'efforts ont été nécessaires pour permettre l'ouverture officielle au public d'une partie seulement des plages les plus touristiques. La capacité d'acceptation de la contamination par la population en général, s'est fortement réduite, à l'inverse des pressions en matière de précautions sanitaires à l'égard des services de l'État.

Le dernier acteur apparu sur les plages dans les années 2000 a été l'inspecteur sanitaire, chargé de décider de l'ouverture des plages touristiques. Compte tenu de l'évolution énorme en matière de protection individuelle des intervenants - parfois même, de manière exagérée - il y a fort à parier que,

dans l'hypothèse d'un déversement de produit léger fortement volatil (comme celui de l'*Amoco Cadiz*, par exemple, sans même parler de son ampleur), cet inspecteur soit appelé à intervenir dès le début des opérations pour décider d'envoyer ou pas le personnel sur les plages, avec le cas échéant des recommandations précises, dûment étayées, en termes d'équipement de protection individuelle à porter, d'horaires et autres procédures à respecter. Ceci aura une incidence évidente sur l'organisation, la durée et le coût des travaux. Pas de doute, une catastrophe de l'ampleur de celle de l'*Amoco Cadiz* ne se règlera plus en 3 mois et quelques jours.

Loïc Kerambrun, Cedre ■



© Cedre

Gestion des volontaires

Chaque marée noire génère un afflux important de volontaires. Ces derniers sont définis comme des personnes qui accomplissent une tâche sans obligation ni rémunération.

Deux grands profils existent : les volontaires réguliers, qui ont des compétences spécifiques propres aux situations d'urgence, et les volontaires occasionnels, qui, émus par une catastrophe, proposent leurs services de manière indépendante et spontanée en pensant pouvoir être intégrés au dispositif de lutte.

Les pollutions maritimes d'ampleur exceptionnelle, que sont celles de l'*Amoco Cadiz* et de l'*Erika*, ont respectivement mobilisé, afin de faire face aux arrivages massifs, 9 000 et 5 000 volontaires, dont beaucoup étaient occasionnels. Lors de l'accident du *Prestige*, les opérations à mener quotidiennement pour nettoyer des arrivages de moindre ampleur ayant pu être largement mécanisées sur les grandes plages d'Aquitaine et les marchés publics s'appuyant sur l'expérience de l'*Erika* ayant été organisés plus rapidement, l'organisation des chantiers s'est faite sans avoir à recourir à un usage massif de volontaires occasionnels.

Avant la loi de modernisation de la sécurité civile de 2004, la réglementation POLMAR encourageait le recours à ce type de main d'œuvre, mais la réglementation post *Prestige* aborde cet aspect différemment. Ainsi,

seuls les membres de réserves communales, d'associations de sécurité civile ou de protection de la nature, avec une formation préalable et une assurance idoine, ont vocation à être intégrés au dispositif de lutte antipollution en tant qu'intervenants occasionnels rattachés aux services techniques des communes et sous la responsabilité des maires.

En amont d'un événement de pollution, la réglementation en vigueur préconise d'établir dans le cadre de plans d'urgence, pour chaque phase de l'intervention, une liste des contributions humaines susceptibles d'être proposées aux bénévoles, aux associations et organisations professionnelles compétentes. Il est également recommandé d'utiliser plutôt des volontaires en provenance d'organismes de bénévolat établis, plutôt que des intervenants individuels. Afin d'être mobilisées en cas de crise, les associations doivent prouver leurs aptitudes d'intervention et, de préférence, demander un agrément de sécurité civile au préfet. Sauf nécessité absolue, les bénévoles spontanés et non formés sont redirigés vers les réserves communales ou les associations agréées. On voit donc, depuis une dizaine d'années, se dessiner un schéma de gestion du volontariat en deux volets :

> Le premier correspond à l'enregistrement pré-crise, auprès du préfet, d'associations en mesure d'assurer au moment d'un événement l'encadrement et la gestion opérationnelle de bénévoles ;

> Le second s'articule autour d'une gestion administrative des bénévoles se présentant sur zone par les communes comme intervenants occasionnels.

Méluine Gaillard, Cedre ■



© Cedre

Briefing des volontaires

En 1978, lors du naufrage de l'*Amoco Cadiz*, des universitaires se sont mobilisés spontanément pour réaliser un état initial des milieux intertidaux juste avant l'arrivée des nappes de polluant, afin de permettre l'évaluation de l'impact *a posteriori*. Les scientifiques (universités, CNEXO/Ifremer) furent ensuite engagés pour l'évaluation des impacts dans le cadre du procès qui a suivi. Au cours des opérations de nettoyage, quelques consultations ont eu lieu en matière de stratégies de lutte, en particulier sur les aspects d'utilisation des dispersants et les sensibilités liées aux ressources marines, ou encore en ce qui concerne la collecte et les soins à la faune mazoutée mis en œuvre par des associations. L'implication spontanée et un peu en force des universitaires et des associations a ouvert la voie à un engagement plus formel des spécialistes de l'environnement dans les opérations de lutte. Par ailleurs, la pression de la circulation des engins de travaux publics mobilisés pour la récupération de 250 000 tonnes de produits solides sur les grèves est restée dans les mémoires comme un impact environnemental qui aurait pu être en partie évité, d'où la nécessité de mieux prendre en compte la sensibilité des milieux lors des opérations de nettoyage.

De fait, dans l'instruction POLMAR d'octobre 1978, qui remplace celle de 1970 pour tirer les leçons des opérations liées à l'*Amoco Cadiz*, le recours à l'expertise est précisé. À l'échelon central, il est stipulé que l'État-major de direction de la lutte comprend des représentants de tous les départements ministériels concernés, organismes techniques compétents tels que le

« Lors de la pollution du *Tanio* (1980), le Cedre nouvellement créé a apporté son expertise, mais c'est lors de la pollution de l'*Erika* que le recours à l'expertise environnementale prendra une nouvelle dimension. »

CNEXO, le Cedre, l'IFP ainsi que, s'il y a lieu, tous experts qualifiés. L'expertise du Cedre y est notamment soulignée concernant les techniques de lutte. De même à l'échelon du département, le préfet, directeur des opérations de lutte, anime et coordonne l'action des services déconcentrés de l'État et des services départementaux et peut faire appel aux mêmes organismes experts ainsi qu'à toute personne dont la présence lui semble nécessaire. Les paragraphes relatifs à la préparation à la lutte stipulent également que les travaux doivent être menés en concertation avec les administrations, élus, associations de protection de la nature, professionnels du milieu marin et associations d'usagers du milieu marin, et si besoin en recueillant les avis des organismes experts cités précédemment ainsi que des unités de recherche sur le milieu marin éventuellement concernées.

Lors de la pollution du *Tanio* (1980), le Cedre nouvellement créé a apporté son expertise, mais c'est lors de la pollution de l'*Erika* que le recours à l'expertise envi-

ronnementale prendra une nouvelle dimension. Les DIREN Bretagne et Pays de la Loire mobiliseront des experts au sein de cellules d'évaluation environnementale :

- > une vingtaine de personnes compétentes (universitaires, associatifs, représentants de structures spécialisées participant aux restitutions des équipes de terrain et aux réunions nécessaires à l'élaboration des recommandations) ;
- > dont une équipe d'une dizaine de personnes en action directe sur le terrain (botanistes, géomorphologues, biologistes, naturalistes, représentants des services) pour élaborer les recommandations pour un nettoyage respectueux des milieux et conseiller les équipes opérationnelles du lancement à l'achèvement des chantiers. Sur certains sites, ce seront même des botanistes qui piloteront des chantiers de nettoyage de la végétation, particulièrement touchée lors de cette pollution (chantiers dits « botaniques »).

Cette expertise sur le terrain s'est improvisée au moment de la crise, le faible nombre d'experts disponibles « au pied levé » et de façon soutenue a limité le nombre de personnes effectivement enrôlées. La mobilisation a en effet été difficile à organiser (conventions, réquisitions...) ainsi que la prise en charge financière des frais de mission en l'absence de rémunération.

Outre les cellules d'évaluation environnementales, des groupes d'expertises spécifiques impliquant scientifiques, administrations, collectivités territoriales et professionnels se sont penchés sur des pro-



Fioul résiduel de l'*Erika* dans un platier rocheux et un éboulis de galets végétalisés



Suivi botanique post-*Erika*

blématiques particulières telles que la protection et la mise en eau des marais salants.

Le dispositif sera reconduit et jugé fructueux lors des pollutions du *Prestige* et du *Tricolor*. Il sera pérennisé dans le cadre des instructions et circulaires POLMAR de 2002. La contribution attendue des experts y est détaillée et concerne l'évolution de la pollution, les aspects sanitaires pour les intervenants et la population, l'optimisation des moyens et des techniques de lutte, l'évaluation des conséquences à terme sur l'environnement, la pêche, la conchyliculture, l'état des connaissances sur les milieux et l'évaluation des premiers impacts, la proposition d'indicateurs et de méthodologies pour le suivi des impacts. L'accompagnement environnemental des opérations au niveau des postes de commandement de chantiers y est également mentionnée.

Au niveau de la préparation à la lutte, les textes de 2002 prévoient l'établissement de listes d'experts annexées aux plans POLMAR. Lors de la révision des plans POLMAR, les DREAL s'attelleront à la tâche en réunissant des commissions, afin d'identifier, de contacter et répertorier les experts régionaux et personnes ressources dans les divers domaines précités. Certaines DREAL iront au-delà, en organisant ponctuellement des journées de réunion/formation animées par des partenaires de la lutte (Préfecture, Cerema, Cedre) afin de structurer le réseau des experts et personnes ressources, de favoriser la connaissance mutuelle pour une meilleure efficacité future et pour améliorer leur connaissance de l'ensemble des aspects de la réponse en dehors du domaine de compétence propre à chacun (aspects réglementaires, organisationnels, techniques...).

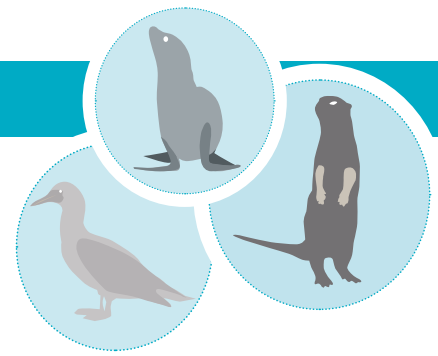
En conclusion, dès l'instruction de 1978, parmi les leçons tirées de l'expérience de l'*Amoco Cadiz*, l'implication des différentes ressources scientifiques et environnementales mobilisables lors d'une pollution (organismes experts, universités, associations...) avait été inscrite dans les textes qui ont réellement porté leurs fruits à partir de l'*Erika*. Certaines difficultés identifiées dans les retours d'expérience sont cependant toujours d'actualité, notamment en ce qui concerne la définition des modalités et procédures de mobilisation de l'expertise, de la collaboration opérationnelle avec les services de l'État (DREAL) et les collectivités ainsi que la question de la disponibilité des experts, qui reste l'une des principales difficultés.

Florence Poncet, Cedre ■



© Cedre

🌿 Suivi botanique sur les berges de la Loire



Le 20 mars 1978, une réunion présidée par un représentant du ministre de l'Environnement se tient à Brest. Récolte et soins des oiseaux sont confiés à la SEPNB pour le Finistère, à la LPO (Ligue pour la protection des oiseaux) pour les Côtes-du-Nord. Une trentaine de centres de soins sont à l'œuvre dans la zone touchée.

Une tentative de repeuplement des 7 îles par des poussins de macareux importés des îles Féroé est tentée, comme après l'accident du *Torrey Canyon* en 1967, à l'initiative de la LPO, et notamment du colonel Milon, son président de l'époque.

Très rapidement ensuite, le besoin de structures pérennes pour faire face à de futurs accidents apparaît. Il s'agit non seulement d'avoir des bâtiments, des équipements et du personnel prêts à faire face, mais aussi de capitaliser de l'expérience, voire d'être en mesure de mener des recherches.

Le CHENE naît en 1980, son musée en 1981, la station ornithologique de l'île Grande et son centre de soins (cofinancés par le ministère de l'Environnement et des dons reçus suite à l'accident de l'*Amoco Cadiz*) sont inaugurés en 1984. En 1985, c'est le CVFSE (centre vétérinaire de la faune sauvage et des écosystèmes) qui voit le jour.

En Bretagne, dès les années 70, les soins aux mammifères marins (phoques gris) sont essentiellement assurés par les bénévoles de la SEPNB, dans les locaux de la faculté des sciences de Brest. En 1989, ce centre de soins est transféré dans les locaux neufs d'Océanopolis et le fonctionnement en est assuré par les salariés de cette structure. En 2016, est créé le Centre de Soins et de Conservation de la Faune Aquatique de Bretagne, une association régie par la loi de 1901 associant Océanopolis, le Groupe Mammalogique Breton, la LPO et Bretagne Vivante (ex SEPNB). Le centre reste basé à Océanopolis.

Le CESTM de l'Aquarium La Rochelle assure le suivi des tortues marines de la façade Manche-Atlantique (coordination du RTMAE - réseau tortues marines de Méditerranée française) ainsi que l'accueil des tortues

marines échouées en détresse, en centre de soins depuis 1988.

Le personnel de ces structures se forme à l'étranger, auprès de collègues ayant de l'expérience, puis finalement chaque centre développe ses protocoles et ses compétences.

D'autres centres, provisoires ou permanents (Hegalaldia et Alca Torda), naissent également lors des grands accidents des années 2000, ou plus tardivement, tel Volée de Piafs.

À l'heure actuelle, les structures de soins pour la faune sauvage souillée (une dizaine de centres) et les compétences existent en métropole, qu'il s'agisse de l'accueil des oiseaux, des mammifères ou des tortues.

Elles sont complétées par des unités mobiles de soins, ou plutôt d'accueil et de premiers soins, qui peuvent être déployées dans l'urgence pour commencer à accueillir les premiers oiseaux ou pour servir d'extension à un centre de soins existant.

En outre-mer, en revanche, peu de structures spécialisées dans les soins aux espèces marines victimes de marées noires existent.

Tous ces centres, depuis leur création, ont régulièrement, via leurs expériences, des échanges techniques entre eux et des contacts avec des homologues étrangers. Ils participent à des colloques, mais aussi pour certains à la coopération avec l'industrie. Tout cela permet d'améliorer les protocoles de soins animaliers et vétérinaires, de lavage et de réhabilitation. Contrairement à d'autres domaines de la lutte antipollution, les développements technologiques ont été rares.

À noter, cependant, une exception à cette règle : la célèbre machine à laver les oiseaux. Développée dans les années 90 à l'initiative du CHENE, ce dispositif avait pour objectif d'effectuer un lavage rapide et efficace, réduisant ainsi le temps de manipulation et l'interaction avec les humains, donc, potentiellement, le stress de l'animal. Décrite par certains, très utilisée (avec des résultats très positifs) par d'autres, cette machine n'a malheureusement jamais été produite en quantités suf-

fisantes pour en assurer ni la fiabilité ni une possibilité de maintenance aisée.

Concernant les mammifères marins, on note surtout, depuis les années 2000, un renforcement de la protection sanitaire (veille sanitaire, amélioration des connaissances sur les pathologies et la zootechnie).

Pour les oiseaux, au fil de l'expérience de nombreux ajustements (protocole de stabilisation médicale, remplacement des litières par des tamis, températures de lavage...) ont contribué à assurer une meilleure prise en charge des animaux et améliorer leurs chances de survie.

Des structures internationales se sont également développées.

Citons par exemple l'IFAW (*International Fund for Animal Welfare*), qui peut rassembler une équipe d'intervention d'urgence en cas d'accident, afin de venir conseiller les intervenants sur place. Dans un autre registre, la fondation *Sea Alarm* travaille, au niveau européen, à renforcer la préparation, la planification d'urgence et les capacités d'intervention des États, essentiellement via la publication de documents de bonnes pratiques et l'organisation d'ateliers rassemblant experts, administrations et industrie. *Sea Alarm* peut également intervenir en cas d'urgence, avec un groupe d'experts pour de l'organisation de secours à la faune impactée en cas de déversement de grande ampleur et notamment pour de l'assistance à la mise en place de structures.

En France, la planification POLMAR-Terre intègre un volet « prise en charge de la faune sauvage ». Les centres de soins et certaines associations de défense de la faune font partie des groupes de travail rédigeant ces documents.

En janvier 2018, le Cedre a publié un guide sur le sujet intitulé « Soins à la faune sauvage ».

Anne Le Roux, Cedre ■

Lorsque survient le naufrage de l'*Amoco Cadiz* en 1978, la France a déjà été confrontée à plusieurs reprises à la problématique de gestion et de traitement des déchets issus de marées noires. Jusque-là, les déchets collectés au cours des opérations de lutte menées en 1967 suite au *Torrey Canyon* et en 1976 suite à l'*Olympic Bravery* et au *Boehlen* ont pour la plupart d'entre eux été enfouis tels quels sur le littoral. L'instruction POLMAR de 1970 est assez lapidaire sur le sujet, les autorités devant « organiser le stockage et la destruction des résidus recueillis en mer » et « stocker, évacuer et détruire les résidus recueillis à terre ».

En 1978, la majorité des 250 000 tonnes de déchets générés par les opérations de récupération et de nettoyage de l'*Amoco Cadiz* sera traitée. Certes, il y aura des exceptions : 5 000 tonnes de déchets solides non traités sont mis en décharge contrôlée à Donges et certains sites ont toujours en leur sein des déchets issus de l'*Amoco Cadiz*, comme le constate le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) dans son inventaire des sites de stockage de déchets de marées noires effectué en 1994 puis actualisé en 2012 et 2015 (ainsi l'île d'Er, qui fera l'objet d'une réhabilitation sur fonds de l'ADEME en 2011). Mais rappelons-nous aussi que ce sont plus de 220 000

tonnes d'hydrocarbures qui se sont déversés sur le littoral et que les premiers jours suivant le naufrage, ce sont plus de 1 500 m³ de déchets qui sont acheminés quotidiennement vers le port de Brest. Stockés dans un premier temps dans des sites de stockage intermédiaires (appelés « primaires » aujourd'hui), les déchets liquides sont orientés vers les stations de déballastage alors que les déchets solides sont transférés vers des sites de stockage « provisoires » (appelés « intermédiaires » aujourd'hui) tels ceux aménagés sur la zone portuaire de Brest, avant d'être traités. Concernant leur traitement, Pierre Bellier, premier directeur du Cedre, indique dans le rapport qu'il a établi à la demande du ministre des Transports et publié en janvier 1979 : « L'élimination des déchets solides, a, dans le passé, soulevé des problèmes graves. L'attention



● Déchets en sacs sur une aire de stockage intermédiaire lors de l'*Erika*

rechercher d'autres méthodes de traitement, faisant appel à la chimie ou aux techniques d'enrobage de matériaux ». Les DDE

« Jusque-là, les déchets collectés au cours des opérations de lutte menées en 1967 suite au *Torrey Canyon* et en 1976 suite à l'*Olympic Bravery* et au *Boehlen* ont pour la plupart d'entre eux été enfouis tels quels sur le littoral »

s'est donc portée naturellement sur un mode d'élimination radical, à savoir l'incinération. Son coût et son inadaptation aux déchets qui nous concernent ont conduit à

du Finistère et des Côtes du Nord, en lien avec le laboratoire régional de Saint-Brieuc, le LCPC (Laboratoire central des ponts et chaussées) et d'autres partenaires mènent



● Transfert et récupération des déchets par grue lors de l'*Erika*

alors différentes études et expérimentations avant d'identifier les options les plus intéressantes techniquement et financièrement. Ce sera finalement le traitement à la chaux vive qui sera principalement retenu.

Dans son rapport remis au Sénat en juin 1978, la commission d'enquête parlementaire identifie, en sus du traitement des déchets ceux-ci ayant atteint un volume d'une « importance considérable », deux autres difficultés majeures relatives à la gestion de déchets : « Des études menées ces dernières années sous l'autorité du ministère de l'Environnement, avec le concours du BRGM, tendaient à recenser les zones sensibles où de tels stockages étaient à proscrire et à localiser les endroits propres à cet usage. Les responsables de la DDA (Direction départementale de l'agriculture) de chacun des deux départements intéressés ne semblent pas avoir été en possession de tels documents lorsqu'ils ont eu à déterminer ces sites » ; « les matériels d'un volume suffisant pour permettre le transport des déchets des lieux de stockage vers les lieux de traitement ont fait défaut. Le nombre de wagons-citernes de la SNCF comme celui des camions porteurs a été insuffisant pour assurer une évacuation régulière et continue ».

En octobre 1978, la circulaire POLMAR précise que chaque plan d'intervention départemental doit obligatoirement comporter :

- L'inventaire des sites de stockage temporaire des déchets récupérés dont certains devraient être acquis et aménagés à titre préventif (...)
- L'inventaire des centres de traitement des produits éventuellement récupérés avec leurs caractéristiques techniques (...), leur capacité de traitement, leur coût de fonctionnement...

Le Cedre se penche immédiatement sur la question : en 1979, sort un premier rapport d'étude sur la recherche et la conception des stockages intermédiaires de déchets pollués par des hydrocarbures.

En 1999, quand survient l'accident de l'*Erika*, la question des déchets est insuffisamment traitée dans les plans, comme le rappelle le rapport de L'IGE (Inspection générale de l'environnement) concernant le retour d'expérience sur le fonctionnement du plan POLMAR. L'IGE renchérit : « Le regard sur les déchets spéciaux tient des relations avec le sacré, avec une large part d'irrationnel tant dans la hâte à s'en débarrasser (sites de haut de plages installés sans considération des atteintes à l'environnement, algues souillées...) que dans les craintes sanitaires qu'ils suscitent. » Particularité de l'*Erika* : la quantité et la com-



Centre de traitement spécifique des déchets industriels à Bassens

position des déchets sont telles que Total, qui s'est engagé à apporter son soutien à l'État en prenant en charge leur traitement, va devoir créer de toutes pièces l'unité capable de traiter les 270 000 tonnes issues de la lutte. Dans l'attente de la mise au point du prototype, les déchets sont stockés dans des sites de stockage « lourds », situés sur des terrains du Port autonome de Nantes Saint-Nazaire et de la raffinerie de Donges, chacun d'eux faisant l'objet d'une autorisation au titre des installations classées, mais sans enquête publique préalable compte tenu de l'urgence de la situation. Le traitement physico-chimique par lavage au gazole et à l'eau suivi d'extraction prendra fin en décembre 2003.

L'instruction POLMAR se précise de nouveau en 2002, le stockage et le traitement des matériaux pollués et des polluants récupérés devant faire l'objet d'un développement complet dans les plans POLMAR. Elle distingue trois types de sites, primaires, intermédiaires et lourds, les deux derniers relevant de la législation relative aux ICPE (Installation classée pour la protection de l'environnement).

Lors de la pollution du *Prestige*, la quantité de déchets collectés en France permet une gestion en flux tendu des déchets : aucun site de stockage lourd n'est mis en œuvre, des unités de traitement sont réquisitionnées avant la passation de marchés publics zonaux dédiés. Un peu plus de 20 000 tonnes de déchets pâteux à solides récupérés en mer ou à terre seront incinérés en Aquitaine. L'instruction POLMAR post-*Prestige* de 2006 met cette fois l'accent sur

les déchets récupérés en mer et la nécessité d'identifier les potentialités de déchargement/stockage en site portuaire lorsqu'ils ne peuvent être déchargés dans des installations pétrolières. Enfin, en 2010, afin d'éviter tout risque d'oubli de site de stockage et d'assurer qu'un minimum de précautions environnementales soient prises, la rubrique 2719 est intégrée par décret à la nomenclature des installations classées. Désormais, toute installation temporaire de transit de déchets issus de pollutions accidentelles marines ou fluviales ou de déchets issus de catastrophes naturelles, est soumise à déclaration à partir du moment où sa capacité atteint 100 m³. Le régime de la déclaration prend en compte le caractère d'urgence et la réactivité nécessaire lors de pareils événements.

Cet historique montre que depuis les années 70, les techniques de traitement des déchets se sont diversifiées, l'encadrement et la préparation à la gestion de cet aspect de la lutte n'ont cessé de se préciser après chaque cas de pollution majeure. Actuellement, les préoccupations vis-à-vis de la sélectivité de la collecte et du tri devraient permettre une meilleure gestion des filières de traitement. Cependant, l'afflux brutal de déchets, la diversité de leur nature et les coûts représenteront encore un important défi à relever en cas de nouvelle pollution.

Florence Poncet
& Emmanuelle Poupon, Cedre ■

4 0 ans après l'*Amoco Cadiz*, où en sommes-nous en matière de responsabilité et d'indemnisation des dommages causés par les marées noires ? Avec le recul, la catastrophe de l'*Amoco Cadiz* constitua un véritable baptême du feu pour le dispositif international CLC/FIPOL qui s'applique aujourd'hui en matière de responsabilité et d'indemnisation des dommages causés par les marées noires.

À l'époque, seule la première, la convention CLC de 1969 sur la responsabilité civile, des deux conventions de l'OMI fondant ce régime s'appliquait, en attendant que la seconde, la convention FIPOL de 1971, n'entre en vigueur en octobre 1978.

Les victimes de la pollution, à la différence de celles du *Torrey Canyon* 12 ans plus tôt, avaient alors la possibilité d'engager des demandes d'indemnisation dans un cadre dédié, leur permettant d'obtenir des réparations au titre des préjudices qu'elles avaient subis, de surcroît sur une base amiable et sans qu'il n'y ait à démontrer la responsabilité de quiconque dans la pollution. Pourtant, les victimes bretonnes renoncèrent à cette voie et choisirent, comme on le sait, de porter l'affaire devant une cour de justice américaine.

Différents éléments justifiaient cette stratégie audacieuse. Si cette dernière visait en particulier à faire la lumière sur les circonstances de l'accident, afin d'en condamner le cas échéant les acteurs responsables, elle laissait également espérer une indemnisation supérieure aux quelques millions d'euros (moins de 40, exprimés en valeur

actuelle) de réparation prévus au maximum au titre du plafond de la convention CLC 1969, au titre de la responsabilité sans faute du propriétaire du navire qui était inscrit au Libéria...

Les victimes bretonnes préférèrent donc s'attaquer à la maison mère américaine du groupe Amoco, la *Standard Oil Company*, dont la surface financière était nettement supérieure, et espérer qu'un juge américain propose une interprétation plus large des dommages réparables, en particulier en matière de préjudices immatériels, ainsi que des montants d'indemnisation reconus.

On connaît l'épreuve au long cours que constitua cette aventure pour les parties au procès et quand bien même les montants obtenus par les parties civiles étaient bien moindres que les dommages subis par les victimes, force est d'admettre que les réparations obtenues furent nettement supérieures (un peu moins de 200 millions d'euros actuels) à celles qui étaient initialement prévues dans le cadre du régime international.

Les différentes décisions rendues par la cour américaine, en 1984 en ce qui concerne la responsabilité de l'accident et en 1992 en ce qui concerne la réparation des préjudices, ne furent pas sans incidences sur l'évolution du régime international.

Un amendement majeur des conventions CLC et FIPOL fut apporté en 1992, auquel s'est ajoutée l'adoption d'un protocole en 2003, à la suite des catastrophes de l'*Erika* et du *Prestige*. Si l'ensemble de ces modifications augmentent significativement les plafonds d'indemnisation pour les marées noires à venir (un peu moins de 900 millions d'euros actuels par sinistre), ils restreignent fortement la possibilité pour les victimes d'engager un recours contre tout autre acteur que le propriétaire de navire (désigné comme seul responsable civil par les conventions internationales) et rendent très complexe que l'indemnisation des dommages se fasse en dehors du cadre international et soit déplaçonnée. De même, ils renforcent l'affirmation que seuls les préjudices matériels sont couverts par le régime, en ne reconnaissant ni les préjudices écologiques ni les préjudices moraux, individuels

et collectifs que les victimes de l'*Amoco Cadiz* avaient pourtant portés, avec un succès très relatif cependant.

Face à ces limites, les victimes de l'*Erika* et du *Prestige* ont, elles aussi, engagé des actions en justice qui ont conduit à des décisions inédites à plusieurs niveaux. Ainsi, la cour de cassation a adopté en 2012 une lecture originale des textes internationaux et de leur application, en reconnaissant, outre la responsabilité civile du propriétaire du navire, celle pénale du groupe pétrolier Total, propriétaire de la cargaison et affréteur du navire *Erika*. De même, la cour a été au-delà de la notion de dommage par pollution inscrite dans les conventions CLC et FIPOL en reconnaissant à certaines parties civiles des réparations au titre de préjudices moraux et, pour la première fois, des préjudices écologiques subis. Dans le cas du *Prestige*, une décision rendue en novembre 2017 par le tribunal de La Corogne a interdit au propriétaire du navire et à l'assureur de se prévaloir des plafonds d'indemnisation prévus par la convention CLC 1992 et a ainsi accordé aux parties lésées des réparations nettement supérieures aux montants prévus par le régime international.

Si ces décisions vont dans le sens des victimes, elles ont cependant été obtenues au prix d'efforts importants de la part de ces dernières qui n'ont été indemnisées qu'une douzaine d'années après la pollution. Elles méritent surtout d'être rappelées car elles mettent en lumière les verrous qui persistent encore aujourd'hui pour atteindre une indemnisation entière et rapide des préjudices issus des marées noires. On mesure ainsi à travers elles le chemin encore à parcourir en matière de révision du dispositif international CLC/FIPOL pour atteindre une réparation intégrale des dommages consécutifs, objectif légitime et qui était déjà réclamé, il y a quarante ans par les victimes de l'*Amoco Cadiz*.

Julien Hay ¹ & Yann Rabuteau ² ■

¹Enseignant-chercheur en économie à l'université de Brest, UMR 6308 AMURE.

²Juriste maritime au sein du Réseau Allegans, membre associé à l'UMR 6308 AMURE



Marais pollué en baie de Bourgneuf lors de l'accident de l'*Erika*



© Cedre

Communication médiatique

De par son statut associatif, ses compétences techniques reconnues et sa neutralité, le Cedre est une source d'information recherchée par les journalistes et tout particulièrement quand une pollution accidentelle significative survient. Dans ce cas, le Cedre respecte des règles de communications élémentaires : un seul porte-parole identifié, pas d'information sur la conduite des opérations menée par les autorités.

Dans la mesure de ses modestes moyens, le Cedre, conseiller technique, s'efforce de répondre avec rigueur et en temps réel, aux multiples questions techniques qui lui sont posées et souvent en démystifiant les idées préconçues.

En période de crise majeure, les sollicitations sont très nombreuses. Lors de la pollution de l'*Erika*, le nombre d'interviews pour la presse écrite, les radios et les télévisions est monté à 45 par jour. De plus, une marée noire génère beaucoup d'émotions et les menaces suite à nos interventions télévisées étaient fréquentes.

L'accident de l'*Erika* apparaît comme un tournant dans la communication de crise de pollution majeure, principalement du fait de l'apparition d'Internet comme support de communication. Nous avons fourni beaucoup d'informations via notre site web qui venait d'être créé et ce, en 4 langues : français, anglais, espagnol et galicien. Mais, comme les autres acteurs de l'intervention, nous avons vu la communication média-

tique « traditionnelle » peu à peu dépassée par une communication dite directe. Un citoyen ou un groupe de citoyens capture des images en direct sur le site de la pollution littorale, émet un avis, et le transmet via Internet au grand public et aux autorités sans le filtre ou la caisse de résonance que représentent les médias.


Ce phénomène est encore amplifié aujourd'hui par le développement des réseaux sociaux et les sources d'informations disponibles, en ligne, 24h/24.

Christophe Rousseau, Cedre ■

SPÉCIAL

40 ans

Cedre



Bien que les pollutions marines par hydrocarbures soient à l'origine de la création du Cedre, cela n'a pas empêché les équipes d'acquérir expérience et expertise au fil des années sur d'autres problématiques : substances nocives et potentiellement dangereuses, conteneurs, macro-déchets, microplastiques, eaux intérieures, pollutions portuaires, exploitation par grands fonds, intervention en milieu extrême... Cette diversification se traduit par une évolution notable des activités du Cedre depuis 40 ans.



© Cedre

40 ans d'intervention

L'activité d'astreinte et d'intervention est apparue en même temps que le Cedre, même si elle n'était pas mentionnée sur l'organigramme de l'époque. En 1979, en effet, c'est le service « Organisation et emploi des moyens » qui est « le chef d'orchestre des actions du Cedre lorsque celui-ci conseille les autorités responsables de la lutte en cas de sinistre ».

Cela n'empêche pas le Cedre de mener, dès cette année-là, plusieurs interventions sur le terrain, en France (*Sea Valiant*, *Gino*, *Peter Sif...*) mais aussi à l'étranger (éruption du puits *Ixtoc 1* dans le golfe du Mexique...). La jeune équipe est sollicitée à propos de matières dangereuses, à l'occasion de la perte de citernes d'alkyles d'aluminium par un transbordeur à l'entrée du DST des Casquets.

En 1980, l'équipe du Cedre est fortement engagée dans son premier accident majeur, celui du *Tanio*, mais continue d'être également mobilisée à l'étranger.

En 1981, à l'occasion du déménagement vers le site du CNEXO (aujourd'hui Ifremer), une première salle Intervention est mise en place.

En 1985, l'organigramme du Cedre voit l'apparition d'un service « Coordination des interventions et des actions de formation » qui deviendra ensuite le service

« Coordination des interventions et de la préparation des plans et guides ».

Dans les années 80 et 90, l'équipe développe ses compétences sur des cas très divers, impliquant aussi bien des hydrocarbures que des produits chimiques (ou des détonateurs) transportés en conteneurs. Elle doit aussi se pencher sur des déversements atypiques, comme celui du *Fénès*, en 1996, dont la cargaison de blé, en fermentant, produit de l'hydrogène sulfuré présentant un risque pour les intervenants.

En 1993, se produit un changement majeur : reconnaissant que l'activité d'astreinte se complexifie, de par la

nature et l'origine des demandes, la direction du Cedre décide de la confier à une équipe dédiée (auparavant, l'ensemble du personnel technique assurait cette permanence à tour de rôle). Ce service « Intervention » compte 4 ingénieurs en 1993.

Le début des années 2000 rappelle l'importance des missions d'astreinte et d'intervention, avec la succession *Erika* et *Dolly* (1999), *levoli Sun* (2000), *Prestige* (2002), *Adamandas* et *Tricolor* (2003).

Le nombre d'ingénieurs assurant la fonction très spécifique d'astreinte atteint 5 personnes en 2000, 6 en 2002, 7 en 2014, puis 8 en 2015. Ce personnel est issu du



© Cedre

Analyse de cartes marines

service lui-même, mais également d'autres équipes.

Le service « Intervention » sera supprimé et l'astreinte opérationnelle réorganisée en 2014.

Comme depuis les tous premiers jours du Cedre, l'intégralité du personnel technique peut être amené à se rendre sur le terrain. Nous avons ainsi quasiment « vidé la maison » lors des accidents de l'*Erika* et du *Prestige*.

En parallèle de sa mission d'assistance aux autorités françaises (mission de service public), le Cedre est très rapidement mobilisé par d'autres acteurs :

- des autorités étrangères,
- des industriels,
- des organismes internationaux.

Si certaines de ces mobilisations sont ponctuelles, l'idée vient rapidement de signer des conventions d'assistance avec certains industriels du pétrole, des compagnies maritimes... Les premières sont signées en 1991.

Le Cedre est également mobilisé dans le cadre de la force d'intervention européenne (*Task Force*), la première fois en 1988 pour l'accident du chimiquier *Cason* en Espagne, puis ensuite très régulièrement, jusqu'à la

disparition de cette force en 2002, avec la création de l'AESM.

En 2018, neuf ingénieurs assurent l'astreinte de premier niveau, activité de plus en plus spécialisée. Le directeur et ses adjoints exercent une astreinte de deuxième niveau, moins technique.

En plus de sa mission de service public, l'équipe est liée par une quinzaine de conventions d'assistance, signées aussi bien avec des industriels qu'avec des États (la « *Maritime and Port Authority* » de Singapour, par exemple).

Le Cedre est aussi le point focal pour la France du réseau ICE (réseau d'intervention en cas d'accident de produit chimique à terre), et le point focal unique du réseau européen Mar-ICE (intervention en cas d'accident de produit chimique en mer).

Une convention de coopération technique nous lie à la SASEMAR (Espagne) qui la met régulièrement en œuvre.

Nous sommes également mobilisables par le REMPEC dans le cadre de la *Mediterranean Assistance Unit*. Nous avons ainsi, à l'automne 2017, apporté notre soutien technique aux autorités grecques suite au naufrage de l'*Agia Zoni II* dans le port du Pirée.



Remise du *Green Star Award* au Cedre

Cette activité internationale, qui, soulignons-le, ne nous détourne jamais de notre mission première, à savoir l'assistance aux autorités françaises, a été récompensée en 2015 par l'obtention du *Green Star Award*, décerné par le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), le bureau des Nations Unies pour les Affaires Humanitaires (OCHA) et la Croix Verte Internationale. Le Cedre est ainsi honoré pour plusieurs opérations d'assistance à l'échelle internationale.

L'activité de réponse s'appuie évidemment sur toutes les compétences du Cedre, qu'il s'agisse des activités de recherche, de tests d'équipements, de documentation, de veille technologique ou d'analyses et de connaissance des polluants et des produits de lutte. Le personnel d'astreinte échange également beaucoup avec des partenaires techniques tels que le CEPPOL, les LASEM, le Cerema, Météo France et l'INERIS.

L'astreinte traite ainsi de 100 à 150 appels par an, concernant des pollutions en mer ou en eaux intérieures, par hydrocarbures et produits chimiques... en attendant le prochain « gros » accident. Si la règle (totalement subjective) des « 11 ans » s'applique cette fois encore, nous avons quelques années de répit. Après le *Torrey Canyon* en 1967, l'*Amoco Cadiz* en 1978, l'*Exxon Valdez* en 1989, l'*Erika* fin 1999, *Deepwater Horizon* en 2010, en théorie, le prochain accident ayant des conséquences significatives sur la réglementation internationale et les avancées techniques devrait se produire en 2021. D'ici là, ne relâchons pas notre vigilance...

Anne Le Roux, Cedre



La salle d'intervention du Cedre



40 ans de préparation

L'expérience du Cedre en matière d'analyse des risques de pollutions accidentelles, de gestion de crise et de techniques de lutte l'a amené à participer, dès sa création, à la rédaction de plans d'urgence au profit de l'administration et d'industries ainsi qu'à la formation des acteurs, décisionnaires comme opérateurs. Ces activités ont amené le Cedre à rayonner en France, en Europe et dans le monde entier et n'ont de cesse aujourd'hui encore de le projeter vers de nouveaux horizons...

> Les plans d'intervention

En sus de sa mission de soutien aux autorités françaises en matière de préparation, le Cedre a, depuis sa création, toujours travaillé à la préparation de plans d'intervention à destination d'autorités étrangères, de ports ou de l'industrie pétrochimique.

En effet, conscients de l'importance de la préparation dans la limitation des conséquences environnementales, techniques et financières des pollutions accidentelles, les acteurs clés du secteur privé ne se limitent plus à l'élaboration de simples fiches réflexes attachées à leur POI (Plan d'Opération Interne), mais s'appuient sur le Cedre pour développer de véritables outils de gestion de crise selon une méthodologie éprouvée et des standards internationaux. Les plans d'urgence actuels, restitués sous forme papier comme électronique (sites internet consultables hors connexion) comprennent ainsi : des données cartographiques, des résultats

« À la suite des naufrages de l'Amoco Cadiz, puis du Tanio, la France consent un gros effort de formation des personnes chargées de la lutte antipollution. »

de modélisation déterministes ou stochastiques, des schémas stratégiques, des cartes tactiques, des fiches d'intervention et de mission, des inventaires de moyens mobilisables ou encore des résultats d'analyses des polluants potentiels dont les caractéristiques et le vieillissement peuvent être analysés dans notre laboratoire, notre polludrome, ou en mer.

Afin d'entériner de façon concrète ces travaux de planification de l'urgence, le Cedre est régulièrement amené à mettre en œuvre et animer des formations ainsi que des exercices sur table ou sur le terrain ; ces étapes demeurant incontournables dans le processus global de préparation, de test et de mise à jour de ses supports, qui se veulent et se doivent avant tout opérationnels.

> La formation

À la suite des naufrages de l'Amoco Cadiz, puis du Tanio, la France consent un gros effort de formation des personnes chargées de la lutte antipollution. Dès 1979, le Cedre sera ainsi sollicité par le ministère de l'Équipement pour contribuer à cet effort, faisant de la formation l'un des piliers de ses activités.

Initialement conduite en dehors de ses locaux et clairement orientée vers la lutte contre les pollutions du littoral par hydrocarbures, la formation au Cedre n'a eu de cesse d'évoluer avec, tout d'abord, la créa-

tion entre 1985 et 1995 d'un plateau technique unique au monde par sa taille et par l'opportunité qu'il offre aux stagiaires du Cedre d'être formés en situation quasi-réelle grâce à des exercices pratiques menés en présence d'hydrocarbures.

Depuis lors, le Cedre est devenu organisateur de formations, a obtenu plusieurs habilitations (nationales et internationales), a conçu des outils et supports pédagogiques originaux innovants et pour certains traduits en plusieurs langues. Le Cedre a également, depuis une quinzaine d'années, considérablement renforcé son offre de stages en France comme à l'international en se tournant vers : les eaux intérieures, les pollutions par produits chimiques et, logiquement, vers la numérisation et la e-formation.

> Les installations

En 1979, les premières actions de formation sont menées dans des installations extérieures sur sollicitation de centres ou écoles de formation de l'administration. La salle de réunion ne permet d'accueillir que des groupes de taille limitée sans possibilité de traduction simultanée. En 1980, quand le Cedre est sollicité pour apporter son concours à l'organisation du troisième séminaire international INFOPOL, organisé par le ministère en charge de la Mer, les 40 participants sont accueillis dans l'amphithéâtre



Démonstration d'intervention sur fûts de produit chimique dans les installations du Cedre

de l'Ifremer. A partir de 1981, le Cedre dispose, sur la zone portuaire de Brest, d'une fosse de 15 000 m³ dont une face inclinée est recouverte de sable et d'un ouvrage de maçonnerie simulant des rochers. Ces installations permettent l'organisation d'exercices pratiques à partir de 1985. Cette même année, sous l'impulsion d'une demande de formation du groupe Total, le Cedre met en place une structure d'accueil des stagiaires. En 1986, les travaux d'aménagement des installations portuaires se poursuivent avec la mise en place de stockages de produits pétroliers, la réalisation d'une aire de lavage, le réaménagement des abords du plan d'eau et du local sanitaire. En 1993 et 1994, un important programme de développement se traduit par l'acquisition, en seconde main, d'un bâtiment pré-fabriqués destiné à l'accueil des formations pratiques, l'achat de nouveaux équipements de lutte et de manutention, la réfection du plan d'eau et de la plage, le creusement du nouveau bassin profond et la construction d'un hall de stockage d'équipements. Le contrat de plan État-Région signé en 1995, permet de terminer l'aménagement du bassin profond et d'acquérir les équipements de lutte nécessaires à la diversification des exercices pratiques, puis de lancer, en 1998, la construction du bâtiment principal dans lequel le Cedre évolue depuis 1999. Celui-ci abrite une salle de conférences équipée de tous les moyens modernes d'enseignement, ainsi que des salles de cours et de restauration modulables. En 2009, une subvention de la région Bretagne permet d'améliorer la sécurité en bordure des bassins et de procéder au traitement du sable pollué de la plage artificielle. Enfin, courant 2016-2017, afin de se préparer à souffler sa quaran-

tième bougie, le Cedre a fait peau neuve avec de nombreux travaux menés sur fonds propres cette fois :

- la création d'un hall pour engins roulants ;
- la rénovation (remplacements des ouvrants et bardage) des hangars, ateliers et pré-fabriqués dédiés à la formation ;
- la rénovation et l'agrandissement du showroom de matériel qui ont permis d'accueillir de plus nombreuses et plus récentes références d'équipements exposés par les fournisseurs ou fabricants du secteur de la lutte contre les pollutions par hydrocarbures et produits chimiques ;
- la rénovation de la salle de conférence principale et l'acquisition d'un écran tactile très grand format.

> La préparation aujourd'hui c'est :

- une soixantaine de formateurs (dont la moitié issus du Cedre), spécialistes délivrant les conférences ayant trait à leur domaine d'activité ;
- plus de soixantaine-dix actions de formations par an dont plus d'une vingtaine organisée par nos soins dans nos installations ;
- 10 stages catalogues différents, dont un en anglais, organisés de 1 à 4 fois par an ;
- une année record en 2017 avec plus de 1 900 stagiaires formés et quelques 19300 heures.stagiaires, soit environ 900 heures de cours assurées ;
- et quelques autres chiffres : la formation de représentants de 60 pays des 5 continents, 4 langues (français, anglais, espagnol et grec), une plage artificielle de 6000 m² et un bassin de 2 000 m² !

Natalie Monvoisin, Cedre ■



© Cedre

40 ans de recherche et d'expérimentations

Lors de la création du Cedre, il a été décidé de mettre la recherche et les expérimentations au cœur de l'acronyme (Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux) afin d'en souligner l'importance en matière d'amélioration de la réponse antipollution. Les caractéristiques d'un déversement accidentel, jamais identiques d'un cas à l'autre, nécessitent une réponse adaptée à son contexte et à sa spécificité. Concrètement, faire face à une pollution accidentelle nécessite le plus souvent adaptation et imagination, sur la base de



© Cedre

Essais de vieillissement d'hydrocarbures en milieu arctique

« Les caractéristiques d'un déversement accidentel, jamais identiques d'un cas à l'autre, nécessitent une réponse adaptée à son contexte et à sa spécificité »

connaissances aussi étayées que possible. La recherche intervient sur deux axes :

- premièrement en amont de l'accident, avec la production et l'acquisition de connaissances scientifiques pouvant concerner aussi bien le devenir des produits déversés dans le milieu marin y compris leur impact éventuel sur la faune et la flore, que l'efficacité des techniques de lutte pouvant être déployées ;
- deuxièmement lors du traitement de l'événement avec l'apport d'une expertise, qui peut inclure un travail expérimental, et va combiner les connaissances aux spécificités de l'accident.

Pour mémoire, lors de l'intervention faisant suite au naufrage de l'*Amoco Cadiz*, plusieurs innovations techniques ont vu le jour et, actuellement, elles font toujours l'objet de recherches en vue d'en accroître leurs performances.

Dans les années 80, la recherche en matière de pollutions marines accidentelles s'est principalement focalisée sur l'approfondissement des connaissances du comportement et du devenir des produits pétroliers, puis elle a vu son champ de compétences et d'intérêts s'étendre en lien avec la typologie des déversements posant, de fait, de nouvelles problématiques de réponse. Ainsi, suite à l'accident du *Fénès* (1996), elle a intégré la problématique des cargaisons

alimentaires transportées en vrac solide, et notamment, les risques associés à leur devenir en cas de déversement en mer (fermentation et production d'hydrogène sulfuré). Puis, avec l'accident de l'*Allegra* (1997), c'est la problématique des huiles végétales qui est abordée au travers de l'étude de leur devenir (flottabilité *versus* sédimentation dans la colonne d'eau) et des moyens de lutte pouvant être déployés (confinement et récupération *versus* chalutage). Avec les naufrages du *Ievoli Sun* (2000) et de l'*Ece* (2006), c'est toute la thématique des pollutions par substances dangereuses qui prend son essor avec une recherche couvrant aussi bien des sujets comme le devenir de ces cargaisons, les techniques de lutte envisageables (récupération par pompage *versus* libération contrôlée dans la colonne d'eau), et également, leur impact éventuel sur le vivant, à savoir les produits de la mer (poissons, crustacés et bivalves) et, par extension, sur l'Homme via la chaîne alimentaire. Cette thématique est d'autant plus sous les feux de la rampe que, ces dernières années, les États ratifient progressivement le Protocole OPRC-HNS de 2000 portant sur la préparation, la lutte et la coopération contre les événements de pollution par substances nocives et potentiellement dangereuses. Plus récemment et à côté des deux axes majeurs de recherche que sont le pétrole et



■ Évaluation dans le bassin extérieur du Cedre de capteurs radars et optiques pour détecter et caractériser des substances liquides nocives

les produits chimiques, est venue se greffer la problématique de la pollution par micro et macro-déchets sur le littoral. En effet, que ce soit à l'échelle nationale ou internationale, le besoin d'identifier, de caractériser et de traiter cette pollution émergente est présent. La recherche doit y apporter des réponses pragmatiques aussi bien sur leur impact environnemental potentiel que sur les moyens de récupération, voire préventifs, à déployer.

Traiter ces thématiques de recherche passe obligatoirement par le développement de nouveaux protocoles de travail qui, au Cedre, s'est concrétisé par la définition et la construction d'outils expérimentaux originaux. Grâce à ces dispositifs, le Cedre a pu apporter des éléments de réponse lors de crises, mais aussi en termes de prévention via la production de données expérimentales valorisées dans des plans d'intervention et des bases de données spécialisées.

Cela a également permis la rédaction de fiches réflexes décrivant les risques associés au transport de tel ou tel produits et, non des moindres, le maintien à jour des formations délivrées par le Cedre sur la lutte contre les déversements de produits. L'illustration la plus parlante de ces protocoles innovants est la conception du polludrome en 1997 qui permet d'étudier le devenir d'une cargaison (vrac liquide ou solide) suite à son déversement à la surface de l'eau, et ceci pour différentes conditions environnementales (agitation de l'eau, température, ensoleillement). Les études réalisées avec cet outil, au-delà d'apporter des informations très pragmatiques sur la persistance d'un produit à la surface de l'eau et son évolution physico-chimique, permettent de définir la technique de lutte la plus appropriée à déployer, à savoir utiliser des dispersants ou confiner le polluant en vue de sa récupération. Dans les outils originaux, il est également à mentionner :

- la colonne d'expérimentations du Cedre qui permet d'étudier les écoulements diphasiques, c'est-à-dire le devenir d'un produit (pétrole, substance chimique ou gaz), dans une colonne d'eau de mer lors de sa remontée ou de sa sédimentation ;
- le banc de brûlage qui permet de déterminer le rendement d'un feu de nappe ainsi que d'appréhender son impact potentiel sur l'environnement ;
- le banc chimie qui caractérise les compétitions entre cinétique d'évaporation et cinétique de dissolution d'un produit donné.

Quarante ans après sa création, l'activité de recherche du Cedre est toujours aussi soutenue. Son objectif principal : accroître les connaissances sur les polluants et les techniques de lutte et apporter aux autorités en charge de la réponse des éléments de prise de décisions quant aux options stratégiques les plus adaptées à la situation.

Sophie Chataing-Pariaud
& Stéphane Le Floch, Cedre ■

L'Amoco Cadiz la plus grande marée noire

1 Scientifiques et économistes au travail

Les scientifiques et les économistes ont travaillé ensemble pour évaluer l'impact de la marée noire sur les ressources halieutiques et les activités économiques de la région. Des études ont été menées pour évaluer les dommages causés par le pétrole et les produits chimiques déversés dans l'eau. Les scientifiques ont également travaillé sur des modèles de dispersion du pétrole pour prédire son mouvement et son impact sur les écosystèmes marins.

2 L'action organisée

Après le naufrage de l'Amoco Cadiz, une action organisée a été menée pour nettoyer les côtes et protéger les ressources marines. Des bénévoles ont participé à de nombreuses opérations de nettoyage, collectant des tonnes de déchets et de pétrole. Des associations ont également travaillé à la réhabilitation des zones touchées et à la sensibilisation du public.

3 Plus jamais ça!

Après ce drame, des mesures ont été prises pour éviter de telles catastrophes. Des réglementations plus strictes ont été mises en place concernant le transport et le stockage des produits pétroliers. Des exercices de simulation ont été organisés pour améliorer la réponse d'urgence en cas de nouveau accident.

4 Premier bilan

Après dix ans, un premier bilan a été dressé. Les dommages environnementaux sont considérables, avec une perte de biodiversité et une dégradation durable de certains écosystèmes. Cependant, des progrès ont été réalisés dans la gestion des déchets et la protection des zones sensibles.

1 L'accident

Le 16 mars 1978, le pétrolier Amoco Cadiz s'échoue sur les rochers de Portsall, à l'ouest de Brest. Le navire transporte 120 000 tonnes de pétrole brut. Une marée noire s'étend rapidement sur plus de 100 km de côtes bretonnes.

2 La lutte des premiers jours

Les premiers jours de la lutte contre la marée noire ont été marqués par une mobilisation massive. Des équipes de nettoyage ont été déployées sur les côtes, et des opérations de dragage ont été menées pour éviter que le pétrole ne pénètre plus profondément dans les zones sensibles.

3 Plus jamais ça!

Après ce drame, des mesures ont été prises pour éviter de telles catastrophes. Des réglementations plus strictes ont été mises en place concernant le transport et le stockage des produits pétroliers. Des exercices de simulation ont été organisés pour améliorer la réponse d'urgence en cas de nouveau accident.

4 Premier bilan

Après dix ans, un premier bilan a été dressé. Les dommages environnementaux sont considérables, avec une perte de biodiversité et une dégradation durable de certains écosystèmes. Cependant, des progrès ont été réalisés dans la gestion des déchets et la protection des zones sensibles.

5 Vingts ans après

Après vingt ans, l'impact de la marée noire est toujours visible. Des zones restent contaminées, et la biodiversité n'a pas totalement retrouvé son état initial. Cependant, des efforts continuent d'être faits pour restaurer les écosystèmes et protéger les zones vulnérables.

40 ans de ressources documentaires

Dès sa création, le Cedre affiche clairement sa vocation de collecte et de diffusion d'informations de qualité dans le domaine des pollutions accidentelles des eaux. Il faut cependant attendre 2001 pour que soit formellement constituée une équipe dédiée à cette mission. Plusieurs compétences y sont regroupées : documentation, audiovisuel, traitement de l'image, publication assistée par ordinateur (PAO), gestion de sites web, et plus récemment, géomatique, réseaux sociaux, relations presse. Grâce à sa pluridisciplinarité, cette équipe valorise l'expertise et l'expérience du Cedre aux niveaux national et international.

> Collecter et organiser

Le Cedre se dote dès ses débuts d'un fonds documentaire, mais il faut attendre 1981 et l'installation dans des locaux plus vastes pour disposer d'un local d'archives fonctionnel et d'une salle de documentation plus

conviviale. En 1989, l'informatique fait son entrée à la documentation avec l'acquisition d'un micro-ordinateur et d'un premier logiciel de gestion documentaire. Parallèlement à l'enrichissement du fonds documentaire, un nombre croissant de photos est collecté. Afin de les répertorier, une diapotheque centralisant près de 2 500 prises de vue est mise en place en 1992.

En 1999, le Cedre prend possession de locaux flambant neufs sur la zone portuaire de Brest où une large place est accordée à la documentation. En 2001, un logiciel de photothèque est mis en place pour simplifier la gestion des images tant argentiques que numériques, nouveau standard de la photographie. Fin 2010, un nouveau logiciel de gestion documentaire est déployé. Il permet notamment aux personnes extérieures d'avoir accès aux références bibliographiques.

> Synthétiser et diffuser

Dès 1980, la première initiative de communication externe est lancée avec la parution du premier numéro du Bulletin d'information.

Les publications du Cedre prennent leur essor avec un projet de rédaction de guide opérationnel sur l'observation aérienne. En 1987 est lancée la collection de mini-guides d'intervention chimique, composés d'informations de première nécessité en cas de déversement dans l'eau. Trois ans plus tard, cette collection est riche de 61 ouvrages.

Sous l'impulsion du comité stratégique nouvellement constitué, 1995 voit la naissance de la lettre d'information mensuelle et de la première journée d'information qui se tient à Paris.

La révolution de l'informatique permet, en 1998, la mise en ligne de la première version du site internet. Cette amorce d'une communication vers un public plus large se concrétise également avec l'édition d'un dossier pédagogique dédié aux marées noires. La fin de l'année 1999 est marquée par la catastrophe de l'Erika qui amène le Cedre à publier en temps réel, sur son site web, des informations répondant aux sollicitations des médias et aux interrogations du grand public.

Pour conserver la mémoire des documents produits ou collectés lors des pollutions de l'*Erika*, du *Levoli Sun* et du *Prestige*, des CD-Rom multimédias sont produits. En 2004 est lancée une nouvelle collection de guides d'intervention chimique intégrant des données issues de logiciels de modélisation et des informations sur la lutte en cas de déversement.

Proposée dès 2000 en versions électronique ou papier, la lettre d'information devient uniquement numérique en 2007. Dans la même idée, tous les guides sont mis en ligne sur le site du Cedre. À compter de 2006, la majorité des publications est traduite en anglais. Deux sites web pédagogiques dédiés respectivement aux marées noires et aux

pollutions chimiques marines sont déployés en 2006 et 2012.

De 2010 à 2018, bien d'autres guides opérationnels sont édités. Les thèmes sont variés, mais répondent toujours à des préoccupations fortes : conseil aux autorités locales, barrages à façon et manufacturés, gestion des bénévoles, conteneurs et colis perdus en mer, intervention en mangroves, implication des professionnels de la mer, récupérateurs, pollutions chimiques accidentelles, soins à la faune sauvage...

Le web continue de prendre une place prépondérante dans la diffusion de l'information. Après quatre refontes importantes en 2002, 2009 et 2015 et 2017, le site cedre.fr affiche plus de 60 000 visiteurs par

an issus des quatre coins du monde. L'utilisation accrue d'outils de cartographie en ligne permet la représentation de différents types de données sous forme de cartes, rendant ainsi le résultat plus convivial pour l'utilisateur final. La newsletter est envoyée à 2 300 abonnés en France et à l'étranger. La revue de presse en ligne, déployée en 2013, atteint 5 500 vues sur l'année 2017. Les communautés animées par le Cedre sur LinkedIn, Twitter et Facebook comptent respectivement 450, 560 et 445 membres. La chaîne YouTube monte également en puissance grâce à l'augmentation de l'offre de vidéos.

Méline Gaillard, Cedre ■



Approche multicanal de la diffusion d'information : rencontres, publications papier et contenus web

 **BULLETIN**
d'information
du Cedre

Expert international en pollutions
accidentelles des eaux

715, rue Alain Colas - CS 41836
29218 BREST CEDEX 2
FRANCE

Tél.: +33 (0)2 98 33 10 10

Fax : +33 (0)2 98 44 91 38
contact@cedre.fr

www.cedre.fr