

Guide sur les techniques de nettoyage des littoraux souillés

Lignes directrices relatives aux bonnes pratiques en matière de gestion des accidents et du personnel d'intervention d'urgence



IPIECA

Association Internationale de l'industrie pétrolière pour la Protection de l'Environnement

Étage 14, City Tower, 40 Basinghall Street, London EC2V 5DE, Royaume-Uni
Téléphone : +44 (0)20 7633 2388 Télécopieur : +44 (0)20 7633 2389
Courriel : info@ipecica.org Internet : www.ipecica.org



Association internationale des producteurs d'hydrocarbures et de gaz (IOGP)

Siège social

Étage 14, City Tower, 40 Basinghall Street, London EC2V 5DE, Royaume-Uni
Téléphone : +44 (0)20 3763 9700 Télécopieur : +44 (0)20 3763 9701
Courriel : reception@iogp.org Internet : www.iogp.org

Bureau de Bruxelles

Boulevard du Souverain 165, 4e étage, B-1160 Bruxelles, Belgique
Téléphone : +32 (0)2 566 9150 Télécopieur : +32 (0)2 566 9159
E-Courriel : reception@iogp.org

Bureau de Houston

10777 Westheimer Road, Suite 1100, Houston, Texas 77042, États-Unis
Téléphone : +1 (713) 470 0315 Courriel : reception@iogp.org

Rapport 521 de l'Association internationale des producteurs d'hydrocarbures et de gaz (IOGP)

Date de publication : 2015

© IPIECA-IOGP 2015 Tous droits réservés.

Aucune partie de cette publication ne saurait être reproduite, stockée dans un système d'extraction ou transmise sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique, mécanique, photocopie, par enregistrement ou autre, sans le consentement écrit préalable de l'IPIECA.

Exonération de responsabilité

Bien que tous les efforts possibles aient été fournis pour assurer l'exactitude des informations contenues dans cette publication, ni l'IPIECA, ni l'IOGP, ni aucun de leurs membres passés, présents ou futurs ne garantissent leur exactitude ou n'assument la responsabilité d'une quelconque utilisation prévisible ou imprévisible de cette publication, même en cas de négligence de leur part. Par conséquent, ladite utilisation se fait aux risques et périls du destinataire, avec la convention que toute utilisation par le destinataire constitue un accord avec les conditions de cet avertissement. Les informations contenues dans cette publication ne prétendent pas constituer des conseils professionnels de différents contributeurs de contenu, et ni IPIECA, ni l'IOGP ni ses membres n'acceptent quelque responsabilité que ce soit pour les conséquences de l'utilisation ou la mauvaise utilisation de la présente documentation. Ce document peut fournir des indications qui viennent compléter les exigences de la législation locale. Cependant, rien dans les présentes n'est destiné à remplacer, modifier, abroger ou autrement déroger à ces exigences. En cas de conflit ou de contradiction entre les dispositions de ce document et la législation locale, les lois applicables prévaudront.

Guide sur les techniques de nettoyage des littoraux souillés

Lignes directrices relatives aux bonnes pratiques en matière de gestion des accidents et du personnel d'intervention d'urgence

Préface

Cette publication fait partie de la série des Guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, qui résume les opinions actuelles en matière de bonnes pratiques sur des sujets variés relatifs à la préparation et la lutte contre les déversements d'hydrocarbures. Cette série vise à harmoniser les pratiques et les activités du secteur, à informer les parties prenantes et à servir d'outil de communication pour promouvoir la sensibilisation et l'éducation.

Elle met à jour et remplace la célèbre « Oil Spill Report Series » de l'IPIECA, publiée entre 1990 et 2008. Elle couvre des sujets qui sont largement applicables à l'exploration comme à la production, ainsi qu'aux activités d'expédition et de transport.

Les révisions sont entreprises par le projet sectoriel commun d'intervention en cas de déversement d'hydrocarbures de l'IOGP-IPIECA (le JIP, « Oil Spill Response Joint Industry Project »). Le JIP a été créé en 2011 pour valoriser les enseignements en matière de la préparation et la lutte contre les déversements d'hydrocarbures de la marée noire d'avril 2010 dans le golfe du Mexique.

Remarque sur les bonnes pratiques

Dans ce contexte, une « bonne pratique » constitue un énoncé de lignes directrices, de pratiques et de procédures, internationalement reconnues, qui permettra au secteur de l'industrie pétrolière d'atteindre des performances acceptables en termes de santé, de sécurité et d'environnement.

Les bonnes pratiques pour un sujet particulier seront amenées à évoluer au fil du temps à la lumière des innovations technologiques, de l'expérience pratique et de l'amélioration des connaissances scientifiques, ainsi que des changements politiques et sociaux.

Table des matières

Préface	2	<i>Utilisation de bétonnières</i>	41
Introduction	4	<i>Le lavage in-situ</i>	42
Section 1 : Les principes directeurs	5	<i>Le lavage à haute pression</i>	43
Un enjeu local	5	<i>L'utilisation d'agents chimiques de nettoyage</i>	44
Réduire les mouvements de l'hydrocarbure échoué	6	<i>Utilisation d'absorbant particulaire comme agent masquant</i>	45
La planification d'urgence	6	<i>Le criblage</i>	46
Structure organisationnelle	7	<i>Les machines de nettoyage des plages</i>	47
L'évaluation de la pollution du littoral en vue du nettoyage (SCAT)	9	<i>Hersage/labourage</i>	48
Analyse des avantages environnementaux nets (NEBA) et la sélection des techniques de nettoyage	9	<i>Le réapprovisionnement en sable</i>	49
Des critères de validation réalistes et atteignables	10	Section 4 : Type de littoraux et caractéristiques liées de contamination	50
Les conditions météorologiques et les marées	12	Les zones humides	50
Séparation des zones « chaudes » (sales) et « froides » (propres ou traitées)	13	<i>Mangroves</i>	51
Gestion, minimisation et tri des déchets	13	<i>Les marais salants</i>	51
Section 2 : La procédure de gestion du nettoyage du littoral	15	<i>Restauration</i>	52
La surveillance et le suivi	16	Les cailloux et les galets	52
Planification	19	<i>Les hydrocarbures enfouis</i>	52
Opérations	22	<i>Le cycle « échoué – coulé – échoué »</i>	55
Clôture	25	Shingle and cobbles	55
Section 3 : Les techniques de nettoyage du littoral	26	<i>Pénétration de l'hydrocarbure dans les littoraux de cailloux et de galets</i>	55
Les techniques défensive/passives de nettoyage	26	<i>Revêtements d'asphalte</i>	56
<i>Collecte des débris</i>	26	Les falaises et les baies rocheuses	56
<i>Le nettoyage passif — « le nettoyage naturel »</i>	27	Les ports	57
<i>La bioremédiation</i>	29	Les protections côtières	58
<i>Les absorbants utilisés en mode passif</i>	30	Résumé	59
Les techniques actives de nettoyage	31	Références	60
<i>La récupération de l'hydrocarbure flottant</i>	31	Lectures recommandées	61
<i>Creusement de tranchée</i>	33	Annexe 1 : Exemple de formulaire d'inscription de bénévole	63
<i>Récupération manuelle de l'hydrocarbure échoué</i>	34	Annexe 2 : Exemple de fiche de chantier quotidienne	64
<i>Récupération mécanique de l'hydrocarbure échoué</i>	36	Remerciements	65
<i>Surf washing</i>	38		
<i>Jets d'eau basse pression (Flooding/Flushing)</i>	40		

Introduction

Le présent guide de bonnes pratiques est divisé en quatre sections. La première section présente les dix facteurs essentiels qui doivent être pris en compte lors de toute réflexion sur le nettoyage des littoraux souillés. La section 2 propose une analyse de la procédure de gestion des opérations de nettoyage des littoraux. La troisième section décrit certaines des techniques de nettoyage les plus fréquemment utilisées et présente les avantages et les limites de chacune d'entre elles, ainsi que les stades opérationnels auxquels chaque technique est susceptible d'être la plus utile. La quatrième section examine l'interaction entre l'hydrocarbure échoué et les différents types de littoraux et propose des approches afin de relever les défis que cette interaction peut présenter. Un résumé succinct est fourni en page 59, suivi de la section *Bibliographie* et des lectures recommandées. Enfin, les deux annexes fournissent des exemples de formulaire d'inscription des bénévoles et d'une fiche de chantier quotidienne.

Section 1 : Les principes directeurs

Dix principes clés orientent les décisions stratégiques en matière de nettoyage du littoral. Les décisions sur les questions telles que les techniques de nettoyage adaptées aux différents types de littoraux, les équipements pouvant être utilisés, le nombre de personnes qui doivent être déployées et les critères de clôture des opérations relèvent d'un équilibre délicat. Des matrices associant les différents hydrocarbures, niveaux de souillage et types de littoraux avec les techniques de nettoyage optimales, peuvent être établies ; cependant, d'autres facteurs peuvent parfois jouer un rôle déterminant et faire pencher la balance d'une approche recommandée vers une autre plus adaptée aux circonstances, notamment pour des raisons de sécurité. Les principes directeurs présentés ci-dessous visent dès lors à fournir un bref aperçu des facteurs les plus importants influant sur les décisions en matière de nettoyage du littoral, bien que l'importance de chacun d'entre eux dépendra des circonstances d'un accident particulier.

Les principes directeurs applicables aux décisions garantissant une mise en œuvre efficace d'opérations de nettoyage du littoral incluent :

1. admettre que le nettoyage du littoral est un enjeu local nécessitant un soutien local ;
2. minimiser les mouvements de l'hydrocarbure échoué ;
3. définir des plans d'urgence détaillés afin d'anticiper les accidents potentiels ;
4. mettre en place une structure organisationnelle qui assure un soutien effectif et permette une surveillance étroite, afin de garantir la sécurité du personnel travaillant sur le littoral et la mise en œuvre appropriée des techniques de nettoyage ;
5. adopter un protocole normalisé de signalement des littoraux souillés (technique d'évaluation de la pollution du littoral en vue du nettoyage (SCAT)) ;
6. sélectionner les techniques de nettoyage sur la base d'une Analyse des avantages environnementaux nets (NEBA) ;
7. convenir de critères de validation réalistes et atteignable grâce aux techniques de nettoyage disponibles et correspondant à " l'usage " ou aux " services " fournis par le littoral ;
8. prendre en compte les conditions météorologiques et les marées ;
9. réduire la contamination secondaire en maintenant une séparation entre les zones chaudes (sales) et les zones froides (propres ou traitées) ; et
10. gérer et minimiser la quantité de déchets souillés, lorsque c'est possible et approprié, en triant les flux de déchets à la source.

Un enjeu local

Les statistiques sur les déversements, notamment s'agissant des déversements depuis des navires, font état d'une diminution encourageante durant ces dernières années, les statistiques mondiales n'offrent cependant que peu de réconfort pour les communautés locales touchées par un déversement majeur. Il s'agit des communautés touchées de plein fouet par un déversement, soit en raison de l'impact sur l'économie locale comme le tourisme et la pêche, de la perte provisoire des infrastructures côtières utilisées par la population locale et les touristes ou tout simplement la perturbation causée par le déploiement d'un grand nombre de personnes et de machines en vue du nettoyage du littoral. Le nettoyage du littoral constitue l'élément le plus visible de la lutte contre le déversement et attire inévitablement l'attention des médias. Le littoral est généralement accessible aux médias et aux groupes d'intérêts particuliers ; par ailleurs, en raison du grand nombre de canaux de communication disponibles, l'inquiétude est susceptible de se propager rapidement parmi la communauté locale pour atteindre un public plus large et avoir des répercussions imprévisibles.

Cependant, les communautés locales peuvent également constituer une précieuse ressource, leur participation à la lutte étant vitale. Non seulement leurs représentants peuvent formuler des recommandations sur les enjeux locaux et communiquer les inquiétudes et les sensibilités existantes, mais en outre leur expertise locale peut s'avérer indispensable. Ceci inclut, par exemple, des

connaissances sur les ressources disponibles qui peuvent être mobilisées pour appuyer les opérations de nettoyage, sur les points d'accès au littoral, les propriétaires des cultures côtières qui seront traversées afin d'accéder au littoral et les zones présentant des risques particuliers à l'égard du personnel évoluant sur le littoral. De plus, comme les vents et les courants dominant tendent à diriger l'hydrocarbure vers les mêmes zones littorales que les débris flottants, une expertise locale sur les zones d'accumulation des débris le long du littoral peut permettre de prioriser les activités d'évaluation de la pollution du littoral.

Réduire les mouvements de l'hydrocarbure échoué

Il faut trouver un bon équilibre entre attendre que tout l'hydrocarbure atteigne la côte afin d'éviter d'avoir à nettoyer à maintes reprises les mêmes zones à chaque nouvel échouement, et collecter l'hydrocarbure le plus rapidement possible. Dans la majeure partie des cas, la collecte rapide de l'hydrocarbure atteignant la côte sera privilégiée, afin d'éviter qu'il ne s'enfouisse ou qu'il ne se remobilise et flotte vers d'autres zones, y compris des zones non souillées et des zones déjà nettoyées. Les circonstances de l'accident peuvent cependant imposer le contraire, notamment dans le cas d'un déversement unique d'hydrocarbure depuis un navire et en fonction des risques de déplacement et d'enfouissement de l'hydrocarbure, il peut être judicieux d'attendre que la totalité de l'hydrocarbure atteigne les côtes, non seulement pour éviter les opérations répétées de nettoyage mais aussi pour réduire la quantité de déchet généré. D'autre part, une fuite persistante depuis une installation de production ou d'exploration pourrait nécessiter l'élimination régulière de l'hydrocarbure au fur et à mesure qu'il atteint la côte.

Dans certaines situations, la remobilisation de l'hydrocarbure échoué depuis des littoraux sensibles peut néanmoins constituer une technique privilégiée permettant de mettre en œuvre des opérations de récupération près des côtes, ou pour favoriser l'échouement de l'hydrocarbure sur un littoral moins sensible sur lequel son élimination sera plus facile. C'est notamment le cas s'agissant des zones humides ou des littoraux vaseux.

La planification d'urgence

Les plans régionaux ou locaux de lutte contre les déversements d'hydrocarbures considèrent le risque de déversement en termes de fréquence potentielle et de conséquences probables en examinant tout d'abord les sources potentielles de déversement, l'ampleur probable du déversement et, si cela peut être anticipé, les types d'hydrocarbure susceptibles d'être déversés. La modélisation de la trajectoire d'hydrocarbure déversé en fonction des conditions météorologiques et des courants dominants permet d'identifier les ressources les plus vulnérables sur le chemin d'un déversement. Essentiellement, lors de l'élaboration d'un plan de lutte contre un déversement d'hydrocarbure, les techniques et stratégies de lutte les plus appropriées sont définies dans une atmosphère calme, loin de la pression induite par un déversement. Une fois que les scénarios les plus probables ont été identifiés, les options de lutte pour chaque scénario peuvent être examinées et les niveaux appropriés de personnel, d'équipement et de matériels peuvent être envisagés ainsi que la structure de l'organisation de lutte nécessaire à la gestion des événements les plus probables. Bien que les dispositifs d'urgence doivent être adaptés aux circonstances spécifiques d'un accident, un certain nombre de décisions auront déjà été adoptées durant le processus de planification. Par exemple, les organisations ou agences dont le personnel pourra être mobilisé, ainsi que les informations sur les entreprises en mesure de fournir de l'équipement et du personnel pour travailler sur les plages, seront connues. En outre, les questions de déchets souillés auront été examinées, y-compris l'identification des sites appropriés pour le stockage temporaire et les options d'élimination définitive existantes incluant une capacité suffisante de traitement de la quantité attendue de déchets.

L'organisation d'exercices réguliers dans le cadre du plan d'urgence de lutte contre les déversements d'hydrocarbure offre l'opportunité d'identifier et de rectifier les problèmes. Les exercices permettent aussi aux personnes participantes de tisser des relations de travail et de connaître les rôles des autres personnes évoluant au sein de la structure organisationnelle. Pour en savoir plus sur la planification d'urgence et les exercices de lutte contre les déversements d'hydrocarbures, consultez les Guides de bonnes pratiques de l'PIECA-IOPG sur le sujet (PIECA-IOPG 2015a et 2014a).

Structure organisationnelle

Il n'est pas possible de garantir l'efficacité et le succès des opérations de nettoyage sans gestion efficace de tous les volets de la lutte. Aucun équipement spécialisé ne saurait pallier à une organisation défailante. Lutter contre un déversement exige la mise en place d'une structure organisationnelle cohérente couvrant la lutte dans son ensemble, combinant la maîtrise de la source, l'observation aérienne du déversement, les opérations en mer et le nettoyage du littoral. Les opérations sur le littoral dépendent d'une organisation permettant un échange rapide d'informations fiables entre les spécialistes SCAT évoluant sur le littoral, l'équipe de gestion et le personnel évoluant sur les plages. Le système doit être en mesure de s'adapter à une situation en constante évolution, en réagissant aux informations communiquées depuis le littoral et en s'assurant que toutes les ressources logistiques nécessaires à la mobilisation du matériel, l'élimination des déchets collectés, et à la santé et la motivation des effectifs, ont été mises en place tout en suivant les coûts et en mobilisant suffisamment de fonds pour financer la lutte.

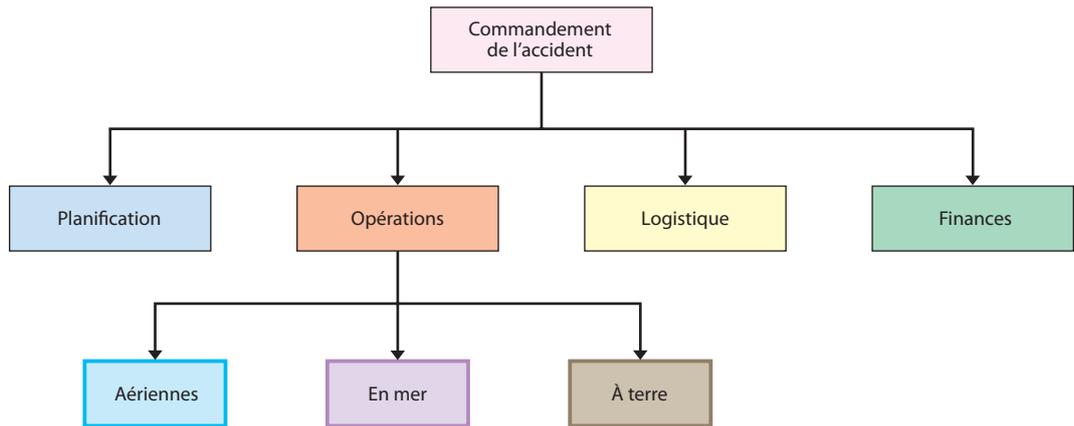
Dans un souci d'efficacité, les capacités de gestion doivent être adaptées au nombre de personnes travaillant sur le littoral. L'augmentation du nombre de personnes travaillant sur le littoral ne saurait suffire pour améliorer les résultats à moins d'être gérées de manière appropriée. Le déploiement initial du personnel et des équipements doit faire l'objet d'un suivi régulier et être intensifié ou diminué afin d'optimiser l'efficacité et l'efficacé. Une évaluation réaliste des progrès et des ajustements nécessaires pour faire face à l'évolution des conditions est essentielle, tout comme les effectifs doivent pouvoir être augmentés si besoin, ou la lutte réduite lorsque les opérations touchent à leur fin. Un suivi étroit est nécessaire afin de garantir la sécurité des équipes travaillant sur le littoral, afin de s'assurer que les techniques de nettoyage recommandées et les pratiques de travail sont bien respectées, mais aussi afin de faire un usage optimal des ressources disponibles.

Dans différents pays du monde, si la gestion de lutte contre les déversements est organisée de façons différentes, une approche, connue sous le nom de Système de commandement des accidents (*Incident Command System (ICS)* en anglais), utilisée par les Gardes côtes des États-Unis (*United States Coast Guard (USCG)* en anglais) et d'autres organisations, a néanmoins été largement appliquée (voir la figure 1 à la page 8). Un des principaux avantages de l'ICS est la mise à disposition de modèles pour un grand nombre d'organisations différentes qui pourront être rapidement assemblées pour constituer une structure cohérente au sein de laquelle la chaîne de commandement, les lignes de communication, une terminologie commune et les rôles spécifiques sont clairement définis.

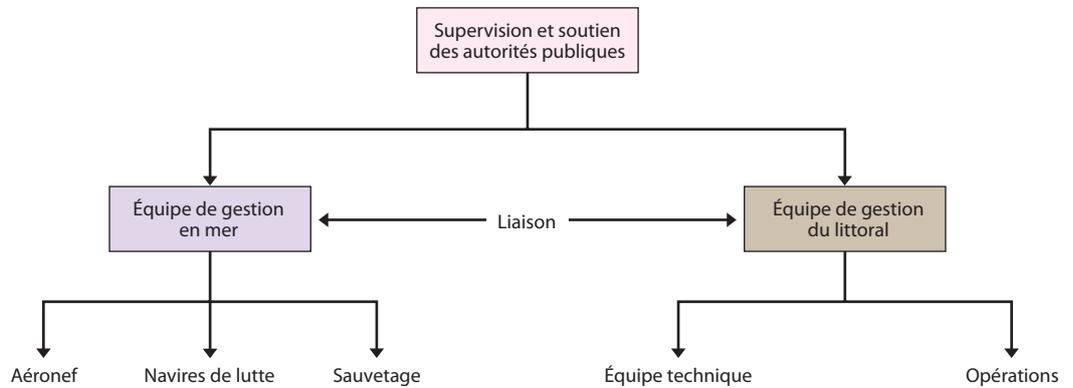
La figure 1b propose un organigramme simplifié d'une structure organisationnelle alternative, dont certaines variantes sont utilisées dans de nombreux pays. C'est notamment le cas lorsque les responsabilités sont réparties entre lutte en mer et lutte sur le littoral. Par exemple, la marine nationale ou les gardes côtes peuvent être chargés de la lutte en mer alors que les opérations de nettoyage du littoral peuvent relever de la compétence d'une agence ou du ministère de l'Environnement, ou encore des autorités régionales ou locales. Lorsque cette division des responsabilités existe, une liaison étroite entre les organisations chargées des opérations en mer et celles gérant le nettoyage du littoral est essentielle.

Figure 1 Comparaison des structures organisationnelles de gestion de la lutte contre les déversements d'hydrocarbures

(a) Système de commandement de l'accident



(b) Une structure organisationnelle alternative



En cas de déversement, la majeure partie du personnel formée sur l'ICS sera en mesure de collaborer avec les autorités dans le cadre d'une structure organisationnelle alternative. C'est l'occasion de réaliser des exercices de lutte contre les déversements d'hydrocarbures avec lesdites autorités, afin de permettre au personnel du secteur et aux autorités publiques de développer des modes de collaboration et de stimuler l'intégration au sein d'une structure unique de collaboration.

Pour en savoir plus sur ce thème, nous vous recommandons de consulter le Guide de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, 2016 sur la gestion des accidents.

L'évaluation de la pollution du littoral en vue du nettoyage (SCAT)

Si les reconnaissances SCAT peuvent être mises en œuvre de nombreuses façons, elles poursuivent substantiellement le même objectif –fournir un protocole de signalement systématique de la pollution du littoral. Sans une telle analyse, il est très difficile d'attribuer un ordre de priorité aux différentes activités de nettoyage, dans la mesure où, en fonction de l'observateur, un même événement pourra être perçu comme une pollution de grande ampleur ou une diffusion légère. En outre, il est important de disposer, tout au long du nettoyage, de références normalisées permettant d'évaluer les progrès. La situation sur le littoral sera en mutation constante, c'est pourquoi il est essentiel que les résultats d'une reconnaissance du littoral soient communiqués le plus rapidement possible et diffusés à ceux qui utiliseront les informations pour diriger les opérations. Un format de signalement normalisé facilite la collecte rapide des informations nécessaires.

Pour en savoir plus, nous vous recommandons de consulter le Guide de bonnes pratiques de l'PIECA sur les techniques d'évaluation de la pollution du littoral en vue du nettoyage (PIECA-IOGP, 2014b) qui traite de ce sujet de manière détaillée. Les termes utilisés dans les sections suivantes pour décrire le niveau et les caractéristiques du littoral sont ceux employés par le Guide de bonnes pratiques SCAT.

Analyse des avantages environnementaux nets (NEBA) et la sélection des techniques de nettoyage

L'évaluation des avantages environnementaux nets d'une technique de nettoyage spécifique prend en considération plusieurs facteurs et notamment : le type de littoral, par exemple, s'agit-il d'un littoral vaseux, sableux ou rocheux ; quel est son niveau d'exposition ; sa sensibilité environnementale et sociale et sa saisonnalité ; ainsi que la quantité, la persistance, la toxicité et le taux d'élimination naturelle de l'hydrocarbure déversé.

Pour en savoir plus sur les méthodologies liées à la NEBA, nous vous recommandons de consulter le Guide de bonnes pratiques de l'PIECA sur l'analyse des avantages environnementaux nets (PIECA-IOGP, 2014c). En substance, le processus permet une évaluation des options de nettoyage disponibles, pour s'assurer que les techniques sélectionnées génère un avantage environnemental et/ou économique appréciable par rapport aux résultats d'une attitude passive consistant à s'en remettre à la régénération naturelle, sans causer plus de nuisance que l'hydrocarbure lui-même. Le processus implique également la comparaison des facteurs conflictuels afin de parvenir au meilleur des compromis. Cela implique souvent de trouver le juste équilibre entre des demandes contradictoires visant à réduire les impacts environnementaux plutôt que les impacts socio-économiques et inversement. Il s'agit notamment des décisions approuvant l'utilisation de techniques de nettoyage agressives comme le lavage à l'eau chaude / à haute-pression, ou l'utilisation de dispersants ou d'autres agents chimiques près des côtes ou sur le littoral lui-même. Selon le compromis réalisé dans une telle situation, le risque d'un dommage environnemental localisé, susceptible d'être généré par le recours à de telles techniques, est compensé par l'avantage découlant de la rapidité et l'efficacité du nettoyage.

L'évaluation elle-même se base généralement sur un jugement qualitatif ou semi-quantitatif formé en prenant en compte tous les facteurs pertinents. Les éléments clés sont les suivants :

- i) un examen impartial de l'importance écologique des ressources naturelles au sein de la zone affectée par le déversement et des modes d'utilisation de ces ressources par l'homme (également appelées services environnementaux et socio-économiques) ;
- ii) une compréhension intégrale de l'évolution et des effets de l'hydrocarbure déversé et une définition précise des limites, des avantages et des inconvénients des techniques de nettoyage proposées ; et

iii) sur la base des expériences antérieures et des connaissances actuelles, une évaluation des résultats qui devraient être générés par la technique de nettoyage proposée comparés aux processus de nettoyage naturels de l'hydrocarbure ; il convient également de se demander si les opérations de nettoyage sont susceptibles de causer plus de mal que de bien.

Bien que l'acronyme NEBA soit largement utilisé, il est susceptible d'induire en erreur à deux titres. Premièrement, l'*analyse* des avantages environnementaux nets suggère la mise en œuvre d'une évaluation quantitative formelle, alors que, le plus souvent, la NEBA implique des jugements qualitatifs dans le cadre desquels les différents facteurs écologiques et économiques à prendre en compte sont mis en balance eu égard à leur importance pour la zone touchée ; une décision pragmatique doit être prise sur le fondement d'une argumentation équilibrée. Dans tous les cas, le processus doit être proportionné à l'ampleur de l'impact ; les discussions en la matière doivent de préférence être menées durant la phase de planification de la lutte contre le déversement d'hydrocarbure, en amont de tout déversement. Deuxièmement, comme indiqué précédemment, le volet *environnemental* de la NEBA couvre l'avantage des opérations de nettoyage à l'égard des services environnementaux et économiques du littoral affecté. Cependant, comme le nettoyage du littoral est généralement dicté par l'usage qu'en font les hommes, en matière commerciale ou de loisirs, les demandes socio-économiques (et politiques) doivent être mises en balance avec l'impact environnemental de la technique de nettoyage sélectionnée.

Même s'il semble logique d'attendre des opérations d'élimination de l'hydrocarbure qu'elles réduisent le dommage environnemental, un examen¹ des vitesses de régénération après déversement pour des types de littoraux incluant les côtes rocheuses et les marais salants a montré que le nettoyage n'avait pas généré d'avantage suffisamment important en termes de régénération des organismes vivants sur les littoraux affectés. L'examen suggère que, dans certains cas, notamment dans les zones humides sensibles, le nettoyage est susceptible de ralentir la vitesse de régénération.

Des critères de validation réalistes et atteignables

Les représentants des communautés touchées par un déversement d'hydrocarbure exigent souvent que les littoraux soient rétablis à leur état antérieur au déversement et qu'aucune trace de l'hydrocarbure ne subsiste à la fin des opérations de nettoyage. Bien qu'il s'agisse à première vue d'une revendication raisonnable, à court terme ceci n'est ni possible ni, dans de nombreux cas, nécessaire. En termes de capacités, chacune des techniques décrites dans la Section 3 permet d'éliminer une quantité déterminée d'hydrocarbure, seules les techniques les plus agressives étant en mesure d'éliminer toutes les traces d'hydrocarbure. L'importance accordée aux considérations esthétiques par rapport aux autres facteurs influera sur la définition du critère de validation requis et déterminera si l'élimination active de telles traces est nécessaire. Enfin, les résidus d'hydrocarbure persistant sur les surfaces exposées s'estomperont et seront progressivement éliminés dans le cadre des processus naturels, généralement à l'issue de trois cycles saisonniers, si bien que seules quelques traces subsisteront. Néanmoins, l'élimination des hydrocarbures incorporés aux sédiments en anaérobiose est susceptible d'être plus lente et nécessiter quelques décennies.

Le nettoyage des littoraux est souvent conçu comme un processus en trois phases, la première phase impliquant la collecte de l'hydrocarbure en vrac, soit flottant le long du littoral ou échoué sur celui-ci, la deuxième phase nécessitant la collecte ou le traitement in-situ des substrats côtiers exposés à une contamination modérée à grave comme le sable ou les galets pollués², alors que la troisième phase

¹ Sell, D. *et al.*, 1995.

² Le terme « galet » est utilisé dans ce document pour désigner les littoraux de gravier ou les littoraux mixtes de sédiments grossiers composés d'une combinaison de sables, de granulés, de galets et de cailloux (voir le tableau 2).

Table 1 Les phases opérationnelles du nettoyage du littoral

Première phase	Collecte de la contamination brute – récupération de l'hydrocarbure flottant le long du littoral et de l'hydrocarbure en vrac et de l'hydrocarbure accumulé sur la côte.
Deuxième phase	Élimination de la contamination modérée à grave – collecte de l'hydrocarbure échoué ou traitement in-situ des substrats souillés.
Troisième phase	Traitement final ou polissage – traitement des sédiments légèrement contaminés et collecte des résidus d'hydrocarbure et des souillures.

consiste à éliminer les résidus persistants de l'hydrocarbure afin de finaliser le nettoyage (polissage final) - voir le tableau 1. La première phase est souvent conçue comme la *phase d'urgence* car il est nécessaire de collecter rapidement l'hydrocarbure avant qu'il n'ait l'opportunité de se déplacer vers une autre zone, alors que la deuxième et la troisième phase sont souvent considérées comme des *phases de projet* dans le cadre desquelles la pression temporelle est généralement moindre et la planification des opérations possibles plus minutieuse.

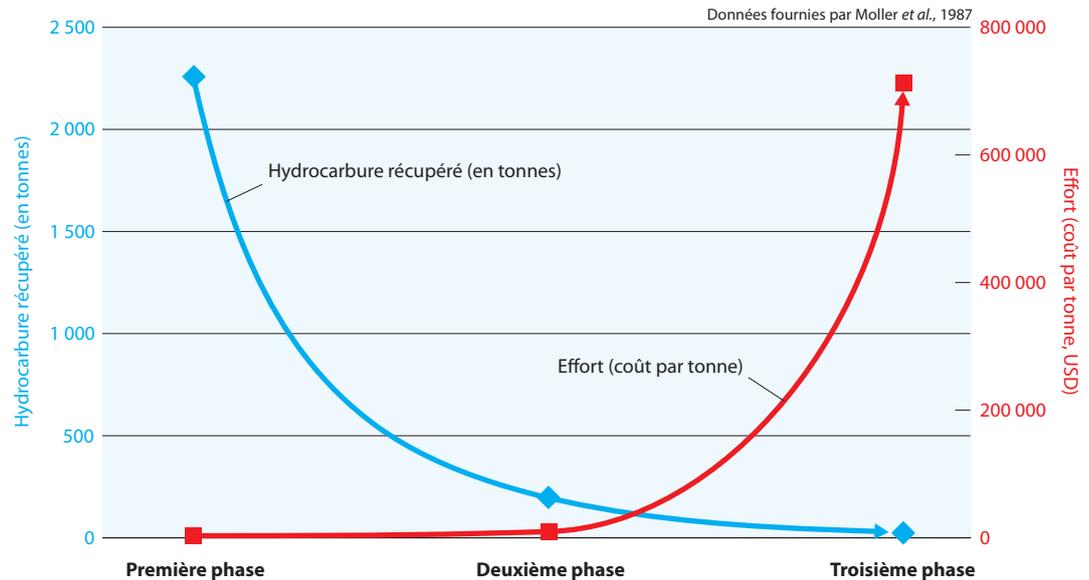
Les différents « usages » publics, commerciaux et environnementaux d'une section spécifique du littoral impliquent la définition de critères de validation différents. Par exemple, un littoral rocheux exposé et isolé, difficilement accessible, nécessite un critère de validation bien différent de celui applicable à une plage de loisirs pendant ou à la veille de la saison touristique.

Eu égard aux processus naturels de nettoyage, et notamment l'exposition à l'agitation de la mer, il est possible que les opérations de nettoyage allant au-delà de la collecte de l'hydrocarbure mobile (première phase) ne soient pas nécessaires et constituent un gaspillage de ressources. De toute évidence, dans le cas d'une plage de loisir, les trois phases du nettoyage doivent être mises en œuvre. Les résultats des NEBA réalisés à chaque phase constituent un facteur clé permettant de déterminer quand il convient de mettre fin aux opérations et de décider si l'ensemble des trois phases doivent être mises en œuvre.

Il peut parfois être judicieux de définir un critère de validation temporaire. Dans les climats tempérés menacés par des tempêtes hivernales, il est possible que les opérations doivent être interrompues afin de laisser la place au nettoyage naturel pendant l'hiver. Un contrôle sera réalisé au printemps afin de vérifier s'il convient de poursuivre les opérations de nettoyage. Sous les climats tropicaux, les saisons propices aux typhons ou aux ouragans peuvent également provoquer une interruption des opérations de nettoyage.

Ce type d'approche est tout particulièrement pertinent lorsqu'il est constaté que la diminution de la quantité d'hydrocarbure restant s'accompagne d'efforts toujours plus intensifs pour éliminer ces résidus (voir la figure 2 à la page 12). De manière générale, seulement 10 à 20 % de l'effort global de nettoyage est déployé pour éliminer 90 % de l'hydrocarbure récupérable alors que les 10 % restants peuvent nécessiter le déploiement de 80 % de l'effort, en fonction du critère de validation choisi. À un point spécifique, l'effort nécessaire dépasse l'avantage généré par la poursuite de toute activité. Le moment auquel on atteint ce point dépend du type de littoral. De manière générale, il est plus facile d'amener les plages de sable à un niveau de propreté plus élevé que des côtes de galets ou de cailloux. De même, le niveau de difficulté est fonction du type d'hydrocarbure en question, les fiouls lourds étant généralement plus difficiles à nettoyer que les déversements d'hydrocarbures bruts ou légers en raison de la persistance plus importante des fiouls lourds.

Figure 2 Rendements dégressifs- exemple des coûts des opérations de nettoyage dans le cas d'un déversement en Extrême-Orient



En résumé, cinq questions générales peuvent être posées pour déterminer si la poursuite des opérations de nettoyage est nécessaire :

1. L'hydrocarbure restant constitue-t-il une source potentielle de nuisance pour les ressources sensibles sur le plan écologique ?
2. La poursuite des opérations de nettoyage générera-t-il plus de mal que de bien ?
3. L'hydrocarbure porte-t-il atteinte au potentiel esthétique ou à l'usage du littoral à des fins récréatives ?
4. Le niveau résiduel de la contamination nuit-il aux ressources économiques ou perturbe-t-il les activités économiques ?
5. L'effort requis par la poursuite des opérations de nettoyage dépasse-t-il les bénéfices écologiques et économiques susceptibles d'être générés ?

Les conditions météorologiques et les marées

L'expression anglaise « *le temps et les marées n'attendent personne* » s'applique tout particulièrement aux opérations mises en œuvre sur le littoral. Des enjeux de sécurité particuliers doivent être intégrés lors des opérations sur les littoraux soumis aux marées, tels que des schémas de travail. Si les heures de travail contractuelles peuvent correspondre à une journée de travail normal, les marées ne suivent pas le même rythme. Dans des conditions spécifiques de marées, certains littoraux seront inaccessibles, si bien qu'il sera nécessaire d'ajuster les heures de travail en fonction des marées. Dans certains cas, l'hydrocarbure échoué peut être submergé entre la mi-marée et la marée haute, le rendant inaccessible aux équipes de nettoyage. En outre, les variations mensuelles ou saisonnières des marées devront être prises en compte lors de l'organisation du stockage temporaire des déchets, généralement dans la partie supérieure de la plage, mais également lors de l'examen de la force des courants en vue du déploiement de barrage. Les tempêtes combinées aux marées hautes peuvent provoquer une montée significative des eaux, notamment lors de l'équinoxe de mars et de septembre. L'hydrocarbure échoué au-delà du niveau de marée haute est souvent remobilisé durant les équinoxes, c'est pourquoi il est recommandé de garder le potentiel de remobilisation de l'hydrocarbure à l'esprit durant ces périodes.

Si la mise en œuvre d'opérations sur le littoral était nécessaire dans des conditions de chaleur ou de froid extrême, ou par forte pluie, les périodes de travail devront également être ajustées afin de garantir la santé des effectifs. Les équipements de protection individuelle (EPI) appropriés et une tenue vestimentaire adaptée aux conditions météorologiques dominantes sont également de rigueur. L'effet des températures élevées sur le comportement de l'hydrocarbure échoué doit également être pris en compte, ce qui pourrait éventuellement nécessiter de travailler durant les heures plus fraîches de la journée. Par exemple, il est possible que les émulsions visqueuses se fragmentent sous l'effet de la chaleur et libèrent un hydrocarbure liquide. Les boulettes de goudron semi-solides peuvent également perdre de leur consistance à des températures élevées, remettant ainsi en cause l'efficacité des machines de nettoyage utilisées sur les plages et articulées autour du tamisage du sable pour éliminer les boulettes de goudron.

Séparation des zones « chaudes » (sales) et « froides » (propres ou traitées)

La définition de zones de contamination « chaudes », « tièdes » et « froides » sur chaque site permet d'éviter la propagation superflue d'une contamination secondaire et notamment la contamination des zones propres dépourvues d'infrastructure de décontamination, qui pourrait résulter du transfert de l'hydrocarbure vers ces zones à la suite de mouvements incontrôlés d'équipements, de véhicules et de personnes. Le nombre de véhicule se déplaçant au sein de la zone contaminée doit être limité afin de réduire l'incorporation de l'hydrocarbure dans le sédiment, et de réduire leurs déplacements aux zones dites « chaudes ». De telles mesures et l'accès restreint des véhicules transportant des déchets souillés aux zones « froides » permettront d'éviter la propagation de l'hydrocarbure sur les routes et de réduire la quantité de déchets générés. Des postes de décontamination peuvent être installés afin de traiter le personnel quittant la section contaminée de la plage, pour contrôler le déplacement des équipements et machines contaminés d'un site de travail vers un autre ou lors de leur démontage à la fin des opérations. La mise en place de dispositifs de contrôle des écoulements depuis ces zones de lavage devra être envisagée afin d'éviter la propagation de la contamination.

L'identification des sites de stockage temporaire des déchets dans le cadre du processus de planification suppose la reconnaissance de sites potentiels, en ayant à l'esprit les mécanismes qui doivent être mis en place pour éviter que ceux-ci deviennent à leur tour une source de contamination secondaire. Outre les contrôles physiques, de tels mécanismes peuvent consister à nommer une équipe opérationnelle chargée tout particulièrement de mettre en place et faire respecter de tels dispositifs.

Gestion, minimisation et tri des déchets

La gestion, le transport et l'élimination des déchets constituent les activités les plus onéreuses de lutte contre un accident d'envergure. L'analyse des quantités de déchets générés constitue également un précieux indicateur du bon déroulement des opérations. À la suite d'un déversement majeur, une quantité significative de déchets, souvent dix fois plus importante que la quantité d'hydrocarbure déversé, est générée dans un délai très bref. Cette quantité dépassera très certainement les capacités des infrastructures existantes, qui sont généralement dimensionnées pour des quantités bien plus faibles, couvrant les besoins des activités industrielles locales et municipales courantes. En pratique, il est probable que le nombre d'options d'élimination viables soit limité et que, dans certaines juridictions, les déchets présentant une teneur en hydrocarbure élevée soient considérés comme des matériaux dangereux nécessitant des traitements spécifiques. En conséquence, l'élimination des déchets peut devenir un goulet d'étranglement dans le cadre des opérations de nettoyage, bloquant parfois les activités sur le littoral jusqu'à la mise en place d'options adaptées de stockage et d'élimination des déchets collectés. L'identification de voies d'évacuations viables ou, au moins, de sites de stockage temporaire constitue un des éléments les plus importants de la planification de la lutte contre les

déversements d'hydrocarbure. Dans certaines situations, une collecte excessive des matériaux composant la plage peut mener à une déstabilisation du littoral et entraîner une augmentation des niveaux d'érosion. Eu égard à de telles difficultés, il convient de prêter une attention toute particulière à la génération et la réduction des déchets comme le recommande le présent Guide de bonnes pratiques.

Comme mentionné ci-dessus, une façon de réduire les déchets consiste à ne pas utiliser d'équipements lourds sur les littoraux et de collecter, autant que possible, les déchets manuellement. Sur les plages de sable, les méthodes mécaniques génèrent en moyenne, pour la même quantité d'hydrocarbure collectée, cinq fois plus de déchets que les méthodes manuelles. En d'autres termes, la teneur en hydrocarbure du sable contaminé s'élève en moyenne entre 5 et 10 % lorsqu'il est collecté manuellement contre une teneur de 1 à 2 % lorsque les déchets sont collectés par voie mécanique. Le nettoyage manuel est néanmoins peu praticable sur de longs segments de plages gravement souillés. La quantité de déchets générés peut également être significativement réduite par la mise en œuvre de techniques évitant la collecte des substrats littoraux, comme le surf washing ou le labourage avec une herse ou une charrue. La génération de déchets constitue un facteur crucial lors du choix des techniques de nettoyage les plus adaptées au moyen d'une NEBA.

Selon une autre recommandation souvent formulée, le personnel de lutte doit s'assurer que les déchets sont triés à la source en différents flux de déchets, permettant l'application d'options de traitement des déchets différentes en fonction de chaque flux. Par exemple, les déchets liquides pourront être traités d'une façon, le sable gravement souillé d'une autre, et les débris souillés, y-compris les EPI, d'une troisième façon. Le tri des déchets a l'avantage de réduire les quantités de matériaux devant être éliminés en tant que déchets dangereux et de faciliter le chargement sur des installations aux capacités limitées. Cependant, le tri des déchets en différents flux n'apporterait aucun bénéfice s'il n'existait qu'un seul parcours et si tous les déchets finissaient au même endroit. Même dans cette dernière situation, il pourrait être utile d'envisager certaines options de traitement, et notamment d'éviter le transport superflu de quantités excessives d'eau en procédant à la décantation sur site ou en compressant les matériaux absorbants avant le transport afin de réduire la majeure partie du volume des matériaux. En fonction de la réglementation locale, il peut être possible de rejeter l'eau libérée vers le site du déversement ; des dispositions permettant le traitement ultérieur peuvent également être requises.

Pour en savoir plus sur ce sujet, consultez le Guide de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP sur la réduction et la gestion des déchets des déversements d'hydrocarbures (IPIECA-IOGP, 2014d).

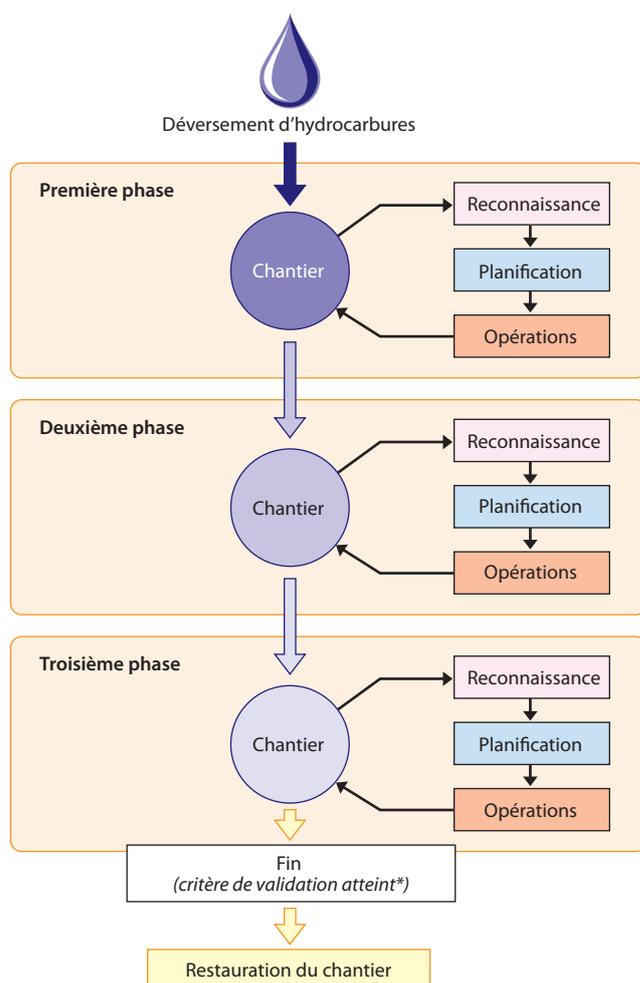
Section 2 : La procédure de gestion du nettoyage du littoral

Même si les opérations de nettoyage peuvent être analysées dans le cadre des trois phases décrites aux pages 10 – 11, les quatre étapes suivantes sont généralement mises en œuvre lors de la gestion des opérations de nettoyage du littoral :

- **la surveillance et le suivi** : évaluation de l'envergure des opérations requises ;
- **la planification** : définition des paramètres des opérations et notamment des critères de validation ;
- **opérations** : mise en œuvre des opérations de nettoyage ; et
- **fin** : fin des opérations une fois les critères de validation satisfaits et transition vers une période de restauration du chantier.

Pour simplifier : la fonction de *surveillance et de suivi* permet d'identifier quelles activités seront mises en œuvre ; les conseils techniques sur la meilleure façon de réaliser de telles activités étayent les décisions prises au stade de *planification* ; la fonction *opérationnelle* applique quant à elle les conseils pour assurer la bonne exécution des activités. Pendant le déroulement des activités, chaque étape est partie intégrante d'un cycle continu : évaluer les progrès réalisés ; adapter les conseils techniques à l'évolution de la situation ; et modifier les procédures opérationnelles en conséquence jusqu'à ce que les critères de validation soient atteints et les opérations clôturées (voir la figure 3).

Figure 3 Le cycle de gestion du nettoyage du littoral



* En fonction du critère de validation convenu, il pourra être mis fin aux opérations à la validation des phases une, deux ou trois

La surveillance et le suivi

Les éléments clés de la surveillance et du suivi incluent : les observations aériennes ; les équipes en charge de l'évaluation de la pollution du littoral en vue du nettoyage (SCAT) ; les protocoles de communication.

À moins que la source et l'ampleur de la pollution soient évidentes, par exemple lorsque le déversement est confiné dans un port, une des premières actions de lutte suivant un déversement consiste à organiser des missions de reconnaissance aérienne. Elles visent à collecter des informations sur la nature de l'accident, l'envergure de la pollution et la probabilité des conséquences immédiates. Les missions de reconnaissance aérienne permettent de procéder rapidement à une évaluation initiale de la portée et l'envergure possibles des opérations de lutte requises.

Une fois que l'hydrocarbure a atteint le littoral, les hélicoptères constituent la plateforme d'observation la plus flexible, offrant une meilleure manœuvrabilité que les aéronefs à voilure fixe et qui, en fonction de la réglementation locale, offrent la possibilité de se poser sur le littoral afin de procéder à des inspections plus poussées. Ces observations initiales fournissent des informations sur la répartition de l'hydrocarbure le long du littoral et permettent d'identifier les zones les plus gravement touchées. Elles permettent en outre d'identifier les ressources environnementales déjà touchées et celles menacées, ainsi que les voies d'accès potentielles aux littoraux touchés. Ces données sont utilisées pour étayer des reconnaissances plus poussées (par ex. les SCAT) qui seront réalisées à pied ou en bateau. Il est essentiel de vérifier au sol toutes les observations faites depuis les airs, c'est-à-dire de vérifier visuellement les résultats de ces reconnaissances en procédant à des observations subséquentes au sol. Certains éléments, comme les dépôts minéraux, les algues et l'affleurement de tourbe, peuvent être facilement confondus avec un hydrocarbure en raison de leur apparence lorsqu'ils sont observés depuis les airs. Surtout, il n'est pas possible d'obtenir une estimation fiable de l'épaisseur de l'hydrocarbure échoué au moyen d'observations aériennes. De plus, sur certaines plages de sable, il est possible que l'hydrocarbure échoué soit recouvert par une couche de sable éolien ou de sable amassé par les marées suivantes. Sur les plages de cailloux et de galets, il est probable que l'hydrocarbure pénètre dans le substrat, si bien que sans reconnaissance au sol, il est impossible de connaître la profondeur d'une telle pénétration. De même, la profondeur de l'hydrocarbure accumulé sur les plages rocheuses peut être déterminée uniquement au moyen d'observations rapprochées.

La nécessité de conserver un ou plusieurs hélicoptères sur le site alors que les reconnaissances au sol sont en cours et que les opérations de nettoyage ont commencé dépend des circonstances de l'accident. Si la couverture géographique de la pollution et la répartition de l'hydrocarbure échoué sont susceptibles d'évoluer au fil du temps, en raison de l'échouement de quantités supplémentaires d'hydrocarbure sur la côte ou de remobilisation d'hydrocarbure le long du littoral, les hélicoptères pourraient rester nécessaires. Le transport aérien des équipes d'évaluation de la pollution du littoral en vue du nettoyage (SCAT) vers des sites isolés qui sont inaccessibles par les véhicules routiers doit également être pris en compte.

La composition des équipes SCAT est très importante. Généralement, de tels groupes sont pilotés par un spécialiste technique rompu aux opérations de nettoyage du littoral, à la géologie côtière et aux protocoles de reconnaissance, et se composent également des représentants des organes juridictionnels et des communautés touchées. Après avoir pris en compte tous les facteurs pertinents, des décisions finales sur les meilleures techniques de lutte seront prises par l'équipe de gestion du déversement ; cependant, l'équipe SCAT doit être en mesure de formuler des recommandations opérationnelles fiables afin que les opérations de nettoyage puissent commencer le plus rapidement possible. Les observations faites par ces équipes déterminent en grande partie le cours de la lutte sur le littoral, l'organisation de lutte dans son ensemble se fiant à leurs recommandations.

Au sein de certaines organisations de lutte, les tâches incombant à l'équipe de reconnaissance se limitent à signaler la répartition de l'hydrocarbure et les niveaux de contamination ; sur le fondement d'un tel rapport, une seconde équipe est déployée afin de proposer les techniques optimales de nettoyage. L'inconvénient d'une telle approche dans une situation en évolution constante est qu'elle implique des retards à chaque étape ; ainsi, au moment où le second groupe a formulé ses recommandations et le personnel et l'équipement requis sont déployés, il est possible que la situation ait considérablement évolué.

Le nombre de membres de l'équipe SCAT doit être limité. Un groupe devenant trop important risque non seulement d'être confronté à des difficultés en termes de transport mais aussi de rendre l'arrivée à un consensus plus compliquée. Cependant, dans le cadre d'un accident couvrant une grande zone géographique, plusieurs équipes SCAT pourront être déployées. On ne soulignera jamais assez l'importance des protocoles normalisés de communication, indispensables pour assurer un niveau de cohérence entre les équipes et entre les reconnaissances successives. Les descriptions normalisées des caractéristiques du littoral s'inscrivent dans le cadre du système de classification largement reconnu, appelé Indice de sensibilité environnementale (ou *Environmental Sensitivity Index (ESI)* en anglais), qui se base sur la vulnérabilité à la pollution par hydrocarbure et établit un classement sur une échelle de 1 à 10, avec 1 désignant un littoral robuste et résistant et 10 le littoral le plus vulnérable (Figure 4).

Figure 4 L'indice de sensibilité environnementale

	1A Côte rocheuse exposée		8A Escarpements abrités sur substrat rocheux, boueux ou argileux et côte rocheuse abritée
	1B Structure artificielle en dur exposée		8B Côte artificielle en dur abritée
	1C Falaise rocheuse exposée avec blocs à la base		8C Enrochements abrités
	2A Plateformes d'abrasion exposées sur substrat rocheux, boueux ou argileux		8D Plages de cailloux et blocs abrités
	2B Escarpements et pentes abruptes exposés sur surface argileuse		8E Estran de tourbe abrité
	3A Plages de sable fin à moyen		9A Vasières abritées
	3B Petite falaise de sable		9B Berges végétalisées
	4 Plages de sable grossier		9C Vasière
	5 Plages de sédiments mixtes : sable et graviers		10A Marais maritimes (schorre) et saumâtre
	6A Plages de graviers et de petits galets		10B Marais d'eau douce
	6B Enrochement et plages de gravier (galets et rochers)		10C Marécage
	7 Estran exposé (vaste terrasse de basse mer de sable fin)		10D Mangroves

Les descriptions normalisées du littoral incluent également les dimensions moyennes des substrats (taille des grains) du littoral affecté (Tableau 2).

Tableau 2 Les descripteurs du littoral

Description	Taille du grain (en mm)
Vase/limon/argile	0,00024-0,625
Sable	0,625-2,0
Petits galets/granules (graviers)	2,0-64
Galets	64-256
Blocs	> 256

Source : adapté de MCA, 2007

Les termes comme « léger », « modéré » et « grave » peuvent être utilisés afin de classer la surface initiale recouverte par l'hydrocarbure (intégrant la répartition de l'hydrocarbure et l'étendue du souillage sur la plage), les mêmes termes pouvant être utilisés pour procéder à cette classification initiale de la surface en fonction de l'épaisseur moyenne de l'hydrocarbure et au classement final de la surface souillée. Il s'agit d'un paramètre très important pour l'équipe de gestion, lors du suivi des circonstances du souillage du littoral et des progrès du traitement segment par segment. L'utilisation de termes et définitions normalisés est décrite dans les différents guides et manuels traitant du SCAT dans les sections *Références* et *Lectures* recommandées du présent guide, et résumée dans le tableau 3, ci-dessous.

Tableau 3 Terminologie normalisée en matière de localisation, répartition, épaisseur et caractéristique de l'hydrocarbure

Position sur le littoral	
Zone intertidale inférieure	Tiers inférieur de l'amplitude de la marée
Zone intertidale intermédiaire	Tiers intermédiaire de l'amplitude de la marée
Zone intertidale supérieure	Tiers supérieur de l'amplitude de la marée
Zone supra-tidale (zone d'éclaboussures).	Au-delà de la ligne des hautes eaux

Distribution	
Trace	<1 %
Clairsemée	1–10 %
Epars	10-50 %
Discontinue	50-90 %
Continue	90-100 %

Épaisseur	
Hydrocarbure épais espeso	>10 mm
Couche	1–10 mm
Couche	0,1–1 mm
Tâche	<0.1 mm
Film	Irisations

Caractéristiques de l'hydrocarbure échoué	
Frais	Hydrocarbure non vieilli
Mousse	Hydrocarbure émulsionné
Boulettes de goudron	Fragments discrets (boulettes), généralement d'hydrocarbure vieilli, dimension <100 mm
Galettes de goudron	Hydrocarbure vieilli, dimension >100 mm
Goudron	« Couche » hautement vieillie
Résidu d'hydrocarbure en surface	Hydrocarbure mobile et mélanges de sédiments à la surface ou à l'intérieur des interstices
Revêtements d'asphalte	Mélange stable d'hydrocarbure et de sédiments (généralement des cailloux)
Aucun hydrocarbure observé	Pas d'hydrocarbure visible

Planification

Les principaux éléments de planification incluent : l'utilisation des données SCAT et des cartes de sensibilité ; la définition des priorités ; l'adaptation des techniques de nettoyage aux types de littoral et au degré de pollution ; la segmentation et la sélection de critères de validation.

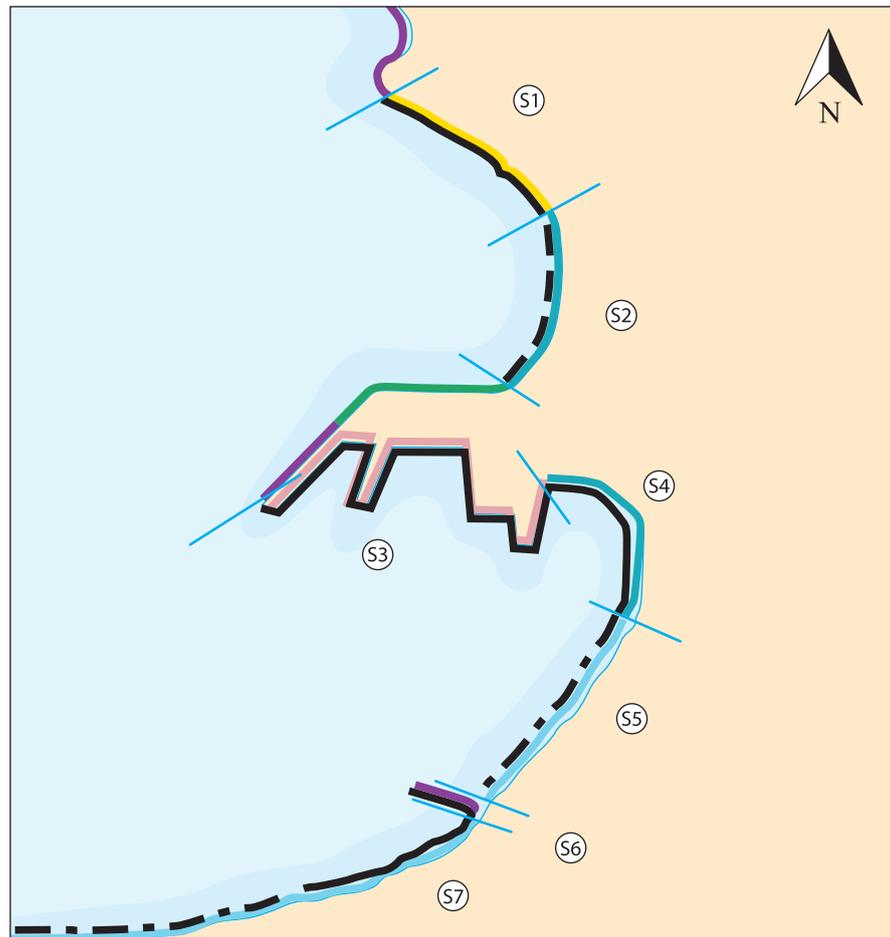
Dans le cadre du processus de planification de la lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans des zones dans lesquelles des dispositifs détaillés de lutte ont été mis en place, il est probable que des cartes de sensibilité soient établies afin de mettre en évidence, entre autres, les zones présentant une vulnérabilité environnementale ou une importance socio-économique particulière. Les informations collectées et présentées sur les cartes de sensibilité, assorties des informations générées dans le cadre de la reconnaissance SCAT initiale sur les niveaux de contamination, la répartition et les caractéristiques de l'hydrocarbure, servent de base pour la définition des priorités du nettoyage du littoral. Les accumulations d'hydrocarbure frais susceptibles de se mobiliser et se déplacer vers des zones non souillées ou des zones très vulnérables constituent généralement la cible prioritaire. Une fois le risque de déplacement de l'hydrocarbure éliminé, le classement des zones permettant de définir la priorité des opérations de nettoyage se base sur un équilibre entre le niveau de pollution des zones les plus touchées et l'importance ou la vulnérabilité de la zone, tel qu'indiqué sur les cartes de sensibilité. La cartographie des zones sensibles dans le cadre des opérations de lutte contre les déversements d'hydrocarbures constitue le thème d'un Guide de bonnes pratiques du même nom (IPIECA-IMO-IOGP, 2012).

Grace au maintien de la même composition de l'équipe SCAT tout au long de la lutte, les mêmes personnes qui ont recommandé le recours à une technique spécifique de nettoyage sont en mesure de suivre sa mise en œuvre et, si nécessaire, d'adapter leurs recommandations en conséquence. Les membres de l'équipe SCAT seront alors bien placés pour déterminer si le critère de validation souhaité a bien été atteint, dans la mesure où ils disposent de bonnes connaissances sur les conditions du littoral au début des opérations et sur le niveau de propreté qui peut être raisonnablement atteint à l'issue de celles-ci.

Les applications courantes des techniques de nettoyage spécifiques, leur pertinence sur des types de littoraux particuliers et l'identification des techniques les plus efficaces lors des opérations de lutte, sont traitées de manière détaillée dans la Section 3, à la page 26. Afin de gérer les opérations de manière efficace, le littoral affecté est divisé en segments de travail au sein desquels le type de littoral ou le niveau de contamination est plus ou moins uniforme et dont les limites sont facilement identifiables. Les limites de segments sont généralement identifiables par un changement de type de littoral, mais peuvent également s'appuyer sur un élément naturel comme une rivière ou un cours d'eau, ou un repère spécifique comme un bâtiment visible ou un point d'accès. Les limites de segments peuvent également être définies par un changement significatif du niveau de contamination (par ex., d'une contamination modérée à une absence de contamination). La division du littoral en segments permet de faciliter la gestion des opérations de nettoyage en appliquant des techniques de nettoyage adaptées aux chantiers en fonction du type de littoral ou de l'état de la contamination, et afin d'attribuer des critères de validation spécifiques à chaque segment (voir la figure 5 à la page 20).

Il est essentiel que les critères de validation des deuxième et troisième phases de nettoyage soient déterminés pour chaque segment de littoral au début des opérations sur le littoral, lors de la planification de la lutte, en prenant en compte les résultats des évaluations NEBA. Comme différentes techniques de nettoyages permettent d'atteindre différents critères de validation, le choix du critère de validation influence grandement la technique de nettoyage qui sera appliquée sur chaque segment du littoral. Non seulement les critères de validation fournissent aux équipes de nettoyage une idée précise du niveau de propreté ciblé, mais ils permettent aussi de modérer les attentes à l'égard des résultats des opérations de nettoyage.

Figure 5 Exemple de segmentation d'un littoral souillé



Segment	ESI (voir la figure 4)	Contamination (voir le tableau 3)
S1	8A Côte rocheuse abritée	Hydrocarbure continu, épais, sans émulsion (mousse)
S2	3A Plage de sable de grain fin à moyen	Hydrocarbure discontinu, épais, mousse
S3	8B Structures artificielles abritées, solides	Couverture continue, mousse
S4	3A Plage de sable de grain fin à moyen	Hydrocarbure continu, épais, mousse
S5	4 Plage de sable grossier	Couverture fragmentée, mousse
S6	1B Côte artificielle en dur exposée	Couverture continue, mousse
S7	4 Plage de sable grossier	La mousse épaisse et continue au nord du segment est plus modérée et fragmentée au sud

Des dénominations cohérentes doivent être utilisées afin de garantir une bonne compréhension des critères de validation. Ces descriptions sont les mêmes que celles utilisées pour exprimer le niveau de contamination durant les premières reconnaissances SCAT, sauf qu'elles se focalisent sur l'utilisation de critères semi-quantitatifs pour la répartition de l'hydrocarbure, tel qu'illustré dans le tableau 4. Des descriptions supplémentaires sont parfois utilisées, notamment s'agissant des critères de validation applicables aux plages de loisirs de sable, comme « *pas d'hydrocarbure enfoui, pas de texture grasseuse, pas d'irisation et pas d'odeur d'hydrocarbure* ». Des films ou des irisations, argentés ou incolores flottant au bord de la mer sont généralement associés aux littoraux souillés ; ils représentent cependant des quantités très limitées d'hydrocarbure en raison de la faible épaisseur du film. S'agissant des souillures ou des films sur des côtes rocheuses de loisirs, « *l'hydrocarbure qui ne déteint pas sur les vêtements* » peut également servir de test en vue d'un critère de validation potentiel.

Tableau 4 Exemples illustrant les critères de validation possibles

Les types de littoral	Exemple de critères de validation proposés
Protections maritimes en béton	Distribution fragmentée d'hydrocarbure à couche continue. Pas d'hydrocarbure mobile libéré durant le rinçage naturel (certaines irisations sont acceptables)
Végétation des berges d'un fleuve	Distribution fragmentée d'hydrocarbure - pas d'hydrocarbure mobile libéré durant le rinçage naturel (les irisations sont acceptables).
Vasières	Résidu d'hydrocarbure clairsemé en surface
Plage de sable récréative	Pas d'hydrocarbure visible, pas d'hydrocarbure enfoui, pas de texture grasse, pas d'irisation et d'odeur d'hydrocarbure.
Les criques rocheuses et les plages de galets accessibles au public	Couche fragmentée de goudron pour les affleurements rocheux (ne déteint pas sur les vêtements) ; résidu clairsemé d'hydrocarbure à la surface pour les galets (hydrocarbure dans les interstices) - des panneaux d'avertissement doivent être mis en place.

Lorsqu'ils sont pris conjointement avec la terminologie définie dans le tableau 3 (page 18), les critères de validation proposés ci-dessus constituent des observations semi-quantitatives qui peuvent être facilement interprétées dans des termes pratiques. Occasionnellement, un critère de validation peut être proposé et impliquer la poursuite du nettoyage jusqu'à ce que les concentrations d'hydrocarbure dans le sédiment de la plage soient réduites à un niveau spécifié, certaines réglementations locales pouvant exiger qu'un tel critère soit préalablement rempli avant l'ouverture de la plage à la baignade et à tout usage récréatif (voir les critères de Pavillon Bleu ci-dessous). Cependant, cette approche donne lieu à des difficultés considérables, notamment dans l'estimation du moment où les niveaux de concentration d'hydrocarbure spécifiés sont atteints dans la pratique durant les opérations de nettoyage nécessaires au traitement des impacts environnementaux ou l'entrave à l'utilisation du littoral à des fins récréatives. En outre, eu égard à l'extrême variation dans la distribution de l'hydrocarbure dans le sédiment, il est particulièrement difficile de prélever des échantillons représentatifs, cette approche pouvant être biaisée par la sélection d'échantillons de sédiments plus contaminés.

S'agissant des plages de baignade, le critère Pavillon bleu est largement accepté au niveau mondial. Le Pavillon bleu est un label volontaire décerné à plus de 3 850 plages et marinas dans 48 pays à travers l'Europe, l'Afrique du Sud, le Maroc, la Tunisie, la Nouvelle-Zélande, le Brésil, le Canada et les Caraïbes. Le niveau requis de propreté est évalué par rapport à un grand nombre de paramètres qui, en termes de pollution, sont les suivants :

1. Aucun film n'est visible à la surface de l'eau et aucune odeur n'est détectée. À terre, l'existence éventuelle d'hydrocarbure sur la plage fera l'objet d'un suivi alors que les plans d'urgence incluront les actions qui seront mises en place dans le cas d'une pollution de ce type.
2. Il n'y a aucun élément flottant comme des résidus de goudron, du bois, des articles en plastiques, des bouteilles, des récipients, du verre ou toute autre substance.

En Europe, les plages de baignade sont également régies par les dispositions de la Directive sur les eaux de baignade de la communauté (2006/7/EC) qui concerne principalement la surveillance systématique des polluants potentiels, y compris des hydrocarbures.

Opérations

Les principaux éléments opérationnels incluent : la délimitation du chantier ; l'évaluation et la gestion des risques ; le programme de travail ; la gestion des bénévoles ; la programmation des rapports et des briefings.

Après la définition des priorités et l'identification des segments, les chantiers peuvent être mis en place au sein de chaque segment. Un chantier peut couvrir un segment entier, ou le segment peut être sous-divisé en fonction de la technique de nettoyage qui sera appliquée, de l'accès requis pour l'équipement et de la nature du groupe travaillant sur le littoral. Chaque chantier sera attribué à une organisation ou une agence unique, une équipe au sein de cette organisation ou de cette agence, ou une entreprise spécifique, ce qui permet de définir précisément la portée des travaux sur le plan géographique et en termes de critères de validation. Par exemple, un segment peut inclure une longueur de littoral comprenant une plage de sable entrecoupée d'épis de roche ; le nettoyage manuel de la plage de sable peut constituer un chantier alors que les épis, qui seront nettoyés par lavage à haute pression, constitueront un autre chantier.

Avant le début des opérations, il convient d'évaluer les risques sur chaque chantier. Il s'agit d'identifier les risques spécifiques associés au lieu (comme les vagues puissantes, les chutes de pierre, les surfaces rocheuses glissantes, les effets de la chaleur ou du froid), les types d'équipement qui seront utilisés ou susceptibles d'être déplacés le long du littoral, ainsi que les types de matériels à utiliser, notamment s'ils comportent des agents chimiques. De tels risques peuvent être gérés via la tenue de briefings de sécurité quotidiens afin de s'assurer que le personnel est conscient des risques associés à l'environnement dans lequel il évolue. La gestion des risques consiste notamment à : s'assurer que le personnel prend des pauses régulières ; délimiter les zones afin de séparer les zones de circulation des véhicules des zones dans lesquelles évoluent les équipes de nettoyage manuel ; s'assurer que les EPI appropriés sont utilisés ; et informer le personnel sur chaque type spécifique d'agent chimique pouvant être utilisé. Il est important de s'assurer que le personnel n'introduit pas d'hydrocarbure dans les zones propres (« froides ») (par ex. : les zones de repos) afin de prévenir tout contact avec l'hydrocarbure ou l'ingestion de l'hydrocarbure via les aliments et les boissons. Des zones de décontamination (« tièdes ») doivent être mise en place au niveau des points d'accès pour permettre aux travailleurs de retirer les EPI contaminés avant de pénétrer dans les zones propres. Pour en savoir plus sur la santé et la sécurité du personnel de lutte contre les déversements d'hydrocarbures, consultez le Guide de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP traitant de ce sujet (IPIECA-IOGP, 2012).

À chaque technique de nettoyage correspond une taille optimale d'équipe, les chantiers pouvant être sous-divisés en conséquence, par exemple pour correspondre à la vitesse de travail prévue de l'équipe. Cette tactique favorise une approche méthodique dans le cadre de laquelle le littoral est nettoyé sur sa longueur à une vitesse exprimée en mètres par jour, permettant ainsi un suivi aisé des progrès et facilitant la planification et l'organisation logistique pour les jours suivants. Ceci permet d'éviter le mouvement aléatoire des intervenants sur le littoral et de réduire le risque de pollution secondaire résultant de l'introduction de l'hydrocarbure dans les zones propres. En outre, elle permet de s'assurer que le nettoyage est cohérent tout au long du littoral et qu'aucune zone n'a été omise.

L'exemple décrit dans l'encadré 1 illustre la mise en œuvre d'estimations simples dans le cadre de la planification initiale. Par exemple, dans le cas où seules des pelleteuses présentant une capacité de 2 m³ seraient utilisées, 150 m³ de déchets d'hydrocarbure représente plus de 75 (environ 80) déplacements de pelleteuses. Avec deux machines travaillant sur deux jours, chaque machine devra

Encadré 1 Exemple de facteurs de planification initiale relatifs à la taille optimale des équipes de nettoyage

Dans le cadre de la planification initiale des effectifs, les règles générales décrites dans la Section 1 peuvent être appliquées. À titre d'illustration, une plage de sable de 2 kilomètres de long a été définie comme site de nettoyage prioritaire et l'équipe SCAT fait état de la présence d'un hydrocarbure frais échoué avec une distribution fragmentée sur une bande d'environ 5 mètres de largeur. Ceci a permis d'estimer la quantité d'hydrocarbure de la façon suivante :

$$2,000 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times \frac{5}{1000} \text{ m (distribution = 1-10 mm d'épaisseur)} \times 30\% \text{ (fragmentation = 10-50\%)}$$

ou $\sim 15 \text{ m}^3$ d'hydrocarbure.

L'expérience a montré que, durant un accident, la récupération manuelle génère une concentration de 5 à 10 % d'hydrocarbure dans les déchets collectés. Cependant, durant les stades précoces de l'opération de nettoyage (comme dans le scénario ci-dessus), la sélectivité de la récupération manuelle devrait générer des concentrations d'hydrocarbure situées dans la tranche supérieure de l'intervalle mentionné, voire supérieures. Ensemble, l'hydrocarbure et le sable pourraient générer environ 150 m^3 de déchets contaminés devant être collectés. À des fins de planification, en sachant que chaque personne devrait collecter environ 1 à 2 m^3 par jour, ceci devrait représenter 75 à 150 jours/hommes. Cinq équipes de dix personnes et de deux pelleteuses (pour transporter les matériaux collectés hors de la plage) devraient être suffisantes pour collecter ces matériaux en deux ou trois jours, en fonction de la répartition de l'hydrocarbure, des caractéristiques de la plage et de la distance jusqu'au site de stockage temporaire.

effectuer 20 déplacements par jour. Durant une journée de huit heures de travail, ceci équivaut à un déplacement toutes les 24 minutes. En fonction de la configuration du chantier, une telle estimation est susceptible d'aider à la prise de décision sur le nombre approprié de machines. Théoriquement, 100 agents de nettoyages déployés au sein de 10 équipes devraient être en mesure de nettoyer la plage plus rapidement, cependant (a) il est plus difficile de coordonner 10 équipes que cinq équipes, (b) un nombre plus important de pelleteuses sera requis et (c) la taille de l'espace de travail devra également être prise en compte – dans ce cas, chacun des 100 agents évoluera sur une bande de la plage de sable de seulement 20 mètres de long. (Cette exigence en matière d'espace de travail constitue un facteur important dans le cadre de la collecte mécanique au moyen de machines lourdes mais aussi dans l'utilisation de dispositif de lavage à haute pression).

Le nombre optimal d'agents composant une équipe de nettoyage manuel s'élève en principe entre 5 et 7 personnes ; chaque équipe est pilotée par un chef d'équipe. La taille sélectionnée peut être appliquée à plusieurs équipes, les chefs d'équipe étant placés sous l'autorité du superviseur du chantier ou du responsable de la plage. Au fil de la progression des opérations sur le littoral et au fur et à mesure que les tâches deviennent plus routinières, le nombre d'agents que chaque chef d'équipe peut gérer de manière efficace peut augmenter selon un ratio supérieur à celui initialement prévu de 10 travailleurs par chef d'équipe. Dans le cadre du lavage à haute pression, des petites équipes composées de deux ou trois personnes sont requises pour assurer le bon fonctionnement des équipements, les activités de chaque équipe étant coordonnées par un superviseur de chantier. Comme pour le nettoyage manuel, il peut être utile de délimiter la zone de travail pour chaque équipe afin de promouvoir une approche méthodique.

De manière générale, il est plus efficace de commencer avec un petit nombre d'équipes, de configurer le chantier de manière appropriée et mettre en place un soutien logistique, puis de suivre les progrès des équipes déployées. Une nouvelle évaluation des travaux supplémentaires nécessaires peut alors être réalisée et une décision prise sur la nécessité de modifier la taille des équipes, en l'augmentant ou en la diminuant.

Que des agents de nettoyage professionnels ou des bénévoles soient déployés, les mêmes considérations sont applicables, bien que le rendement des bénévoles soit susceptible d'être inférieur

en raison de leur manque d'expérience et de l'absence de formation. Les agents professionnels de nettoyage sont généralement plus facilement gérables dans la mesure où ils sont plus disciplinés, ils suivent les instructions et demeurent impliqués tout au long de la lutte ; d'un autre côté, les bénévoles, n'ont pas les mêmes motivations et peuvent être enclins à suivre leurs propres impératifs. Eu égard à ces enjeux et autres questions possibles, comme la nécessité de mettre à disposition des équipements de transport, des hébergements, de la nourriture et des soins médicaux d'urgence supplémentaires, il est possible que les équipes de gestion ne préfèrent pas recourir aux services de bénévoles et de se prémunir contre les actions en responsabilité potentielles en cas de blessure d'un bénévole luttant contre le déversement. Cependant, la forte médiatisation accompagnant tout déversement d'envergure attire souvent un grand nombre de bénévoles sur la zone touchée. En conséquence, les pressions politiques devraient mener à l'intégration de bénévoles aux efforts de lutte. Une gestion diligente de ces enjeux est nécessaire afin que les bonnes intentions des bénévoles puissent être mises à profit et que leur intégration aux opérations de lutte ne perturbe pas les opérations de nettoyage.

Il est dès lors essentiel que la contribution des bénévoles soit contrôlée depuis le début via la gestion de l'arrivée des bénévoles, nécessitant leur inscription auprès de l'organisation de lutte (voir l'exemple de formulaire d'inscription de bénévoles en annexe 1, à la page 63). L'inscription est également l'occasion d'évaluer si les bénévoles montrent des compétences spécifiques pouvant être mises à profit, comme une expertise médicale, vétérinaire ou logistique ou si une formation de base est requise. Les bénévoles non qualifiés devront suivre une formation opérationnelle et une formation en matière de sécurité afin de pouvoir être utilisés de manière efficace et de s'assurer qu'ils sont conscients des enjeux de sécurité soulevés par les activités mises en œuvre sur le littoral. Idéalement, les bénévoles non qualifiés ne participeront pas aux activités avant la deuxième phase des opérations de nettoyage, c'est-à-dire après que l'hydrocarbure en vrac ait été éliminé. Les bénévoles peuvent également être mobilisés à d'autres positions, comme le soutien logistique aux bénévoles, l'organisation des repas et des hébergements, ou, s'ils disposent des qualifications appropriées, l'appui aux tâches administratives au sein de l'organisation de lutte.

La mise en place d'une chaîne précise de commandement revêt une grande importance afin d'assurer une supervision appropriée de l'ensemble du personnel travaillant sur le littoral, notamment dans le cas de bénévoles, afin d'éviter la communication d'instructions divergentes et toute ambiguïté sur qui est en charge de l'attribution des tâches. Les superviseurs du chantier doivent s'assurer que les bénévoles demeurent motivés et concentrés sur les tâches attribuées et doivent garantir leur sécurité, qu'ils évoluent au sein d'un groupe spécifique ou au sein d'une équipe composée d'intervenants professionnels. Des registres quotidiens des chantiers sur lesquels évoluent les intervenants ainsi que sur les activités mises en œuvre seront tenus.

Les intervenants professionnels tout comme les bénévoles devraient être tenus d'assister à des briefings au début et à la fin de chaque journée de travail. Les briefings du matin incluent un briefing en matière de sécurité spécifique au site, des informations sur les procédures à suivre en cas d'accident, un aperçu des activités à mettre en œuvre durant la journée et l'attribution individuelles des tâches au sein du chantier. Lors de la réunion du soir, les progrès réalisés pendant la journée sont passés en revue, les problèmes rencontrés font l'objet de discussions et des suggestions sont faites afin d'améliorer les pratiques de travail. Le superviseur du site peut alors faire état des progrès et de tout problème logistique à l'équipe de gestion, afin d'assurer l'organisation du personnel, de l'équipement, du matériel, de l'évacuation des déchets et du soutien logistique pour les jours suivants (voir l'Annexe 2 à la page 64).

Clôture

Les principaux éléments comprennent : la fermeture des chantiers ; la restauration.

Pour fermer un chantier, il est nécessaire de parvenir à un consensus constatant que les critères de validation convenus ont été atteints et que les opérations de nettoyage peuvent cesser. La phase finale de cessation des opérations de nettoyage du littoral consiste en la restauration des chantiers. Chaque site est inspecté afin de s'assurer que les ordures accumulées pendant le travail, comme les emballages des produits alimentaires, les EPI jetés, les articles en plastique, les sacs etc... sont collectées et éliminées de façon appropriée et que, dans la mesure du possible, les sites de stockage temporaires et les points d'accès sont remis dans leur état antérieur au déversement. Cela peut impliquer la mise en œuvre d'activités de nivellement, de réensemencement, de replantage dans les chantiers dans lesquels la circulation a généré un impact sur la végétation, le rétablissement des habitats endommagés à la suite de la mise en place de routes d'accès ainsi que la réalisation de travaux de réhabilitation sur le réseau routier local afin de réparer les dommages causés par les véhicules lourds.

Section 3 : Les techniques de nettoyage du littoral

Les techniques défensive/passives de nettoyage

Collecte des débris

Une des façons les plus efficaces de réduire les efforts requis pour nettoyer un littoral et la quantité de déchets souillés destinés à être éliminés consiste à collecter les débris du littoral ou de la trajectoire de l'hydrocarbure avant qu'ils ne parviennent sur le littoral afin d'éviter la contamination des débris. Il peut s'agir de débris accumulés au sein de points naturels d'accumulation, d'algues déposées à la suite des tempêtes hivernales, ou même de troncs d'arbres. Dans certaines situations, les débris naturels volumineux stabilisent le littoral si bien que leur élimination à grande échelle pourrait entraîner son érosion. En outre, les algues échouées constituent une source précieuse de substances nutritives pour les écosystèmes du littoral. Afin de prendre ces éléments en compte, une évaluation des bénéfices écologiques nets sera mise en œuvre pour déterminer si, tout bien considéré, l'élimination constitue la meilleure option.

Les zones dans lesquelles l'hydrocarbure s'échouera le plus vraisemblablement correspondent généralement aux points naturels d'accumulation des déchets. Ces zones doivent être identifiées comme prioritaires en vue de la collecte de débris avant l'échouement (également appelée collecte des débris avant impact). Les observations aériennes du déplacement de l'hydrocarbure et la modélisation de sa trajectoire peuvent également fournir une indication sur les lieux où la menace d'échouement de l'hydrocarbure est imminente. En disposant de suffisamment de temps, le nettoyage des débris situés sur la plage avant la contamination peut également permettre d'acheminer les déchets collectés vers des installations de traitement des déchets non dangereux, en fonction de la réglementation locale.

Ci-dessous : le littoral avant et après la collecte des débris avant l'impact



ITOPF



ITOPF

Le nettoyage passif — « le nettoyage naturel »

Bien que le terme « nettoyage passif » soit parfois utilisé pour désigner la mise en place de dispositifs d'absorbants pour collecter les suintements d'hydrocarbure depuis le littoral, la technique de nettoyage passif la plus fréquemment utilisée est le « nettoyage naturel ». Une fois que l'hydrocarbure mobile a été soit récupéré soit remobilisé dans une autre zone, les processus primaires débouchant sur l'élimination naturelle de l'hydrocarbure subsistant sur le littoral sont la biodégradation, la photo-oxydation, l'abrasion, l'agrégation hydrocarbure - minéraux (également appelée floculation argile-hydrocarbure) et la dispersion. La biodégradation et la photo-oxydation agissent généralement relativement lentement en termes d'élimination de l'hydrocarbure du littoral, les processus les plus importants à court terme étant l'abrasion, la formation d'agrégats hydrocarbure/minéraux (OMA pour oil/mineral aggregates en anglais) et leur dispersion à travers la colonne d'eau. L'abrasion désigne le grattage mécanique de la surface par les galets et les particules de sables transportés par les vagues déferlant sur le littoral. Les OMA sont formés par l'interaction des gouttelettes d'hydrocarbure dispersées et les petites particules minérales pour former des agglomérats flottant neutres qui se dispersent sur une large surface pour se loger éventuellement dans le sédiment et/ou se désagréger dans le cadre du processus de biodégradation.

Les principales applications

- Les caps rocheux exposés, ainsi que les littoraux exposés à l'activité des vagues mais dont l'accès est difficile ou dangereux ou dont la plus-value en termes de loisirs, de divertissements ou d'esthétisme n'a pas une importance primordiale.
- Les zones humides dans lesquelles une évaluation des risques menaçant l'habitat à la suite des opérations de nettoyage (par exemple, les dommages aux racines des plantes et la compression des substrats fragiles à la suite du piétinement) ont permis d'identifier un risque moindre de dommages dans le cas où le traitement de l'hydrocarbure s'appuierait sur les processus naturels de nettoyage et la biodégradation.

Présentation de la méthode

- Établir des transects le long du littoral qui sont périodiquement surveillés afin d'évaluer le vitesse de l'élimination naturelle de l'hydrocarbure.
- Dans le cas des littoraux rocheux exposés, surveiller les effets du vent, des vagues et de la météorologie.
- Dans le cas des zones humides, surveiller l'impact de l'hydrocarbure et la régénération subséquente en cas de demande d'intervention, notamment au cas où l'arrivée d'oiseaux ou d'autres animaux migrateurs est prévue.

Chronologie

Le nettoyage passif ou naturel est généralement applicable aux littoraux légèrement souillés ou durant la deuxième et la troisième phase de l'opération de nettoyage (voir le tableau 1 à la page 11).

Sur les côtes rocheuses, une couche résiduelle noire d'hydrocarbure vieillira et se dégradera naturellement, pour s'estomper et, après deux ou trois cycles saisonniers, deviendra de moins en moins visible. Dans les zones humides, l'hydrocarbure, en fonction de ses caractéristiques, est susceptible d'être incorporé au sédiment et de se dégrader très lentement.

Avantages et inconvénients

- ✓ S'appuie sur des processus naturels de nettoyage.
- ✓ Les exigences en termes de travail et d'équipement sont très faibles.
- ✓ Faible impact biologique sur les côtes rocheuses, l'impact pouvant varier sur les zones humides.
- ✗ Nécessite l'élimination des hydrocarbures mobiles en vrac sans quoi il existerait un risque de remobilisation et de déplacement de ces hydrocarbures vers d'autres zones.
- ✗ L'hydrocarbure résiduel est susceptible de générer des impacts biologiques chroniques.

ÉTUDE DE CAS 1 : Exemples de techniques défensives visant à réduire les dommages générés par un déversement d'hydrocarbure

Sergo Zakariadze, San Juan, Puerto Rico, 1999

En novembre 1999, le *Sergo Zakariadze*, un cimentier, s'est échoué au pied d'El Morro, un fort historique, à l'entrée du port de San Juan. Des dispositifs de lutte contre le déversement ont été mis en place parallèlement aux opérations de sauvetage, incluant un exemple de technique défensive impliquant l'enveloppement de la cible dans un film de polythène ou des matériaux en géotextile. Cette approche a été utilisée afin de protéger une autre fort historique, El Cañuelo, figurant sur la liste du patrimoine culturel de l'UNESCO, alors menacé par le déversement du carburant de soute risquant de dériver sous l'action des vents. Si l'hydrocarbure avait été perdu par le navire, balayé par le vent et déposé sous l'action des vagues déferlantes sur le littoral, il aurait pu entraîner la coloration des murs de gré du fort. L'expérience acquise dans le cadre d'un accident antérieur similaire a montré que l'élimination des tâches d'hydrocarbures aurait nécessité le recours à des techniques agressives de nettoyage, impliquant des dommages à la structure du monument historique. Le film de polythène a été posé en bandes verticales autour des sections du bâtiment orientées vers la mer et maintenu en place grâce à des sacs de sable, en haut et en bas.



À gauche : un des forts du Vieux San Juan, un site national historique placé sous l'autorité du service des Parcs nationaux des États-Unis, partie intégrante du ministère de l'Intérieur des États-Unis.

ITOPF

La bioremédiation

Chaque littoral possède des microorganismes naturels dégradant les hydrocarbures qui jouent un rôle significatif dans l'élimination de l'hydrocarbure à long terme. La vitesse de biodégradation naturelle, dans le cadre de laquelle l'hydrocarbure est converti en dioxyde de carbone et en eau, peut varier de quelques jours à plusieurs années, en fonction de nombreux facteurs et notamment :

- du type et de la quantité d'hydrocarbure ;
- du type de littoral ;
- de la disponibilité des éléments nutritifs et de l'oxygène ;
- du niveau de lavage par les eaux sous l'action des marées et des vagues ; et
- du climat et des facteurs météorologique saisonniers.

La bioremédiation n'est pas une technique passive à strictement parler, mais est présentée ainsi dans la présente section car en principe il s'agit du prolongement du nettoyage naturel via le renforcement de la biodégradation naturelle.

Les substances nutritives qui incluent l'azote, le phosphate et le fer sont essentielles dans le cadre de tout processus biologique, et les hydrocarbures bruts présentent une carence naturelle de ces trois substances nutritives majeures. En outre de nombreux écosystèmes marins – mais pas tous – sont naturellement pauvres en substances nutritives. Ainsi, lorsqu'un déversement d'hydrocarbure entraîne une augmentation soudaine des aliments disponibles (hydrocarbures pétroliers), il est possible que la quantité des substances nutritives dans l'eau ne soit pas suffisante pour soutenir la croissance microbienne. L'ajout de substances nutritives (« bio-stimulation ») afin de remédier à cette limitation est susceptible de renforcer la biodégradation, diverses stratégies (comme les produits granulés à libération lente) ont été mises en œuvre sur les littoraux de galets et de blocs afin de fournir des substances nutritives supplémentaires sous une forme appropriée. Bien que la bioremédiation puisse accélérer le processus, il est improbable que le rythme caractérisant les méthodes de nettoyage physique soit égalé.

Les microbes qui peuvent dégrader les composés de l'hydrocarbure sont omniprésents ; en outre, il existe peu d'éléments démontrant que la bioaugmentation (l'ajout de microbes) renforce de manière significative la vitesse ou la portée de la biodégradation de l'hydrocarbure sur les littoraux maritimes.

La communauté indigène de microorganismes sera adaptée à la région littorale en question. Les molécules d'hydrocarbures les plus grandes et les plus complexes sont les plus résistantes aux attaques microbiennes ; elles sont susceptibles de persister pendant des périodes plus longues, principalement sous la forme de résidus inertes sur le plan biologique.

Eu égard à l'ensemble des facteurs présentés ci-dessus, il est évident que la bioremédiation ne constitue que très rarement une technique efficace de nettoyage des contaminations massives ou modérées. Si elle était toutefois adoptée, son application serait vraisemblablement limitée à la phase trois des opérations de nettoyage.

Avantages et inconvénients

- ✓ Dans des conditions contrôlées, elle est susceptible d'accélérer le processus de biodégradation sur les littoraux de galets ou de blocs, lorsque la quantité de substances nutritives est limitée.
- ✓ Un impact environnemental moindre comparé aux autres techniques de nettoyage de la deuxième et troisième phase.
- ✗ Elle requiert un mécanisme de libération lent et génère un risque de dilution sur les côtes tidales.
- ✗ Elle constitue un processus relativement lent d'élimination des hydrocarbures.

Les absorbants utilisés en mode passif

Les absorbants sont des matériaux artificiels ou naturels qui s'emprennent d'hydrocarbure plutôt que d'eau. Pour en savoir plus sur les types d'absorbants, consultez la section sur la récupération des hydrocarbures flottants (pages 31 – 32).

Les principales applications

- Des dispositifs d'absorbants peuvent être utilisés pour récupérer les hydrocarbures s'écoulant des enrochements ou les autres défenses côtières, ou le long des mangroves ou des zones humides tempérées.
- Des filets d'absorbants sont utilisés pour collecter l'hydrocarbure relâché depuis un certain nombre de littoraux, des plages de sable grossier aux littoraux rocheux.

Présentation de la méthode

Des absorbants en filaments (de type pom-poms) sont attachés le long d'une corde qui est ancrée de telle façon qu'ils peuvent bouger librement pendant la marée, et capturent l'hydrocarbure libéré par le cycle des marées ou le mouvement des eaux provoqué par les vents. L'application est plus efficace en présence d'un hydrocarbure visqueux, bien que des barrages absorbants puissent remplacer les pom-poms dans le cas d'hydrocarbures plus légers. Pour demeurer efficaces, les matériaux absorbants doivent être changés dès qu'ils sont saturés en hydrocarbure. Les fixations doivent être vérifiées régulièrement afin de s'assurer qu'elles restent sécurisées et que les franges des filets n'a pas été recouvert pas les matériaux de la plage.

Chronologie

La technique est utilisée pour récupérer des quantités relativement modérées d'hydrocarbure mobile (deuxième et troisième phases de nettoyage) et d'hydrocarbures générés par le lavage ou le surf washing (voir ci-après dans la présente section).

Critère de validation recommandé

Le critère de validation est atteint lorsque le rejet d'hydrocarbure depuis le littoral s'amenuise. Dans le cas où la poursuite des opérations de nettoyage du littoral serait exigée, des techniques actives alternatives devront être considérées.

Avantages et inconvénients

- ✓ S'appuie sur les mouvements naturels de l'eau.
- ✓ Méthode peu fastidieuse – les matériaux absorbants doivent être changés lorsqu'ils sont saturés.
- ✓ Faible impact biologique.
- ✗ Le critère de validation est atteint même si des résidus ou des couches d'hydrocarbures demeurent en surface et, en fonction des lieux, un traitement postérieur pourrait être requis ou l'hydrocarbure sera abandonné au processus de nettoyage naturel.
- ✗ Les absorbants utilisés en mode passif ne retiennent pas très bien les hydrocarbures peu visqueux.
- ✗ Les dispositifs de pom-poms attachés avec des cordes et déployés dans les zones humides peuvent être difficiles à récupérer si laissés en place trop longtemps, dans la mesure où ils peuvent s'emmêler avec la végétation.
- ✗ Les absorbants usés doivent être éliminés selon une procédure spécifique.

Les techniques actives de nettoyage

La récupération de l'hydrocarbure flottant

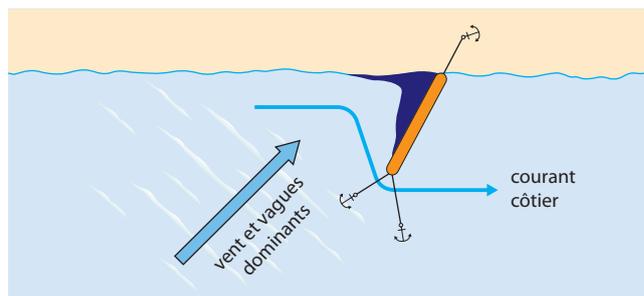
L'hydrocarbure échoué sur le littoral peut être remobilisé sous l'action des marées et des conditions météorologiques. Il convient de prendre en considération les techniques visant à récupérer de tels hydrocarbures mobiles, tout particulièrement présents durant la deuxième et la troisième phase des opérations de nettoyage.

Les principales applications

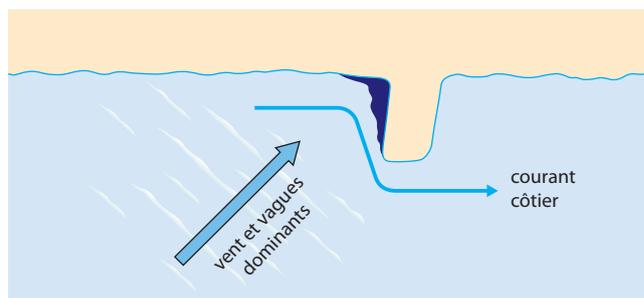
- Un hydrocarbure flottant déposé sur le littoral par le vent ou confiné à l'aide d'un barrage flottant.
- Les points d'accumulation des hydrocarbures, qui offrent l'opportunité de récupérer l'hydrocarbure en mouvement en ayant recours à plusieurs méthodes, et notamment :
 - Points d'accumulation-la dérive côtière : ceci désigne en principe le transport du sédiment le long de la côte à la suite du déferlement oblique des vagues sur le littoral, un transport similaire de sédiment pouvant également survenir sous l'action d'un courant littoral. Les vents dominants du large génèrent des courants de surface en direction de la côte ; comme le vent souffle rarement vers la côte à angle droit, l'eau sera déviée le long du littoral. L'hydrocarbure déversé suit le courant côtier, pour s'échouer dans les points d'accumulation, où les débris flottants s'entassent également. À défaut de points naturels d'accumulation, un point d'accumulation peut être créé en plaçant un barrage flottant se projetant dans la mer, selon un angle aiguë par rapport au courant côtier, ou en prélevant les matériaux de la plage pour construire un promontoire temporaire robuste (figure 6). La technique est applicable seulement en conditions de brise légère et de mer peu agitée (c'est-à-dire à des hauteurs de vagues entre 0,5 et 1,25 m) dans la mesure où, en présence de vents plus puissants et d'une mer agitée, les vagues déferlantes sont susceptibles de perturber la récupération de l'hydrocarbure depuis les points d'accumulation et pourraient endommager les barrages flottants.
 - Points d'accumulation – les barrages de plage : ils peuvent être utilisés sur les plages de sable ou de galets dans les eaux sans marnage, ou lorsque le marnage est faible et que la zone est traversée par des vents dominants soufflant sur les côtes ou des vents diurnes côtiers ou du large. Une tranchée est creusée sur la partie supérieure de la plage, nivelée selon le niveau de la ligne des hautes eaux et, lorsque le niveau de l'eau monte, sous l'effet des vents côtiers, l'hydrocarbure flottant au bord de l'eau se déverse dans la tranchée depuis laquelle elle peut être pompée aux fins de stockage. Dans certaines plages faiblement agitées présentant un marnage faible, il peut être possible d'étendre les tranchées jusqu'à la zone intertidale intermédiaire. Il convient de noter que les altérations artificielles à la géomorphologie de la plage sont susceptibles d'avoir un impact à court terme sur les littoraux actifs, le bénéfice écologique net d'une telle perturbation devant faire l'objet d'une évaluation complète.

Figure 6 Création de points d'accumulation sur le littoral, en fonction de la dérive littorale

(a) Positionnement d'un barrage flottant ancré



(b) Construction d'un promontoire temporaire robuste



Présentation de la méthode

- **Pompes** : dans les eaux calmes permettant l'accès des véhicules au littoral, comme dans un port, l'hydrocarbure peut être pompé directement depuis la zone de confinement vers des réservoirs de stockage temporaire ou dans un camion-citerne, un camion hydrocureurs ou une tonne à lisier. Le type de pompe sélectionnée dépendra de la viscosité de l'hydrocarbure, des pompes volumétriques étant requises pour transférer les hydrocarbures les plus visqueux et émulsionnés. De nombreux camions hydrocureurs ou de tonnes à lisier sont dotés d'une porte arrière à ouverture intégrale afin de permettre le déchargement des hydrocarbures très visqueux ; si l'hydrocarbure était transféré directement avec un camion-citerne n'étant pas équipé d'une porte arrière, il convient de prêter une attention particulière afin de s'assurer que l'hydrocarbure n'est pas trop visqueux pour être déchargé facilement. Certaines tonnes à lisier s'appuient sur des pompes centrifuges afin de remplir le réservoir ; il est important de noter que ces dernières sont peu efficaces avec des hydrocarbures visqueux ou émulsifiés. Les camions hydrocureurs varient en puissance d'aspiration, de ceux utilisés pour vider les fosses septiques aux camions hydrocureurs industriels proposant une puissance d'aspiration bien plus importante.

Les hydrocarbures dont les points d'écoulement sont élevés (c'est-à-dire un point d'écoulement supérieur aux températures ambiantes ou à la température de la mer) et présentant donc un état semi-solide, ou les hydrocarbures qui sont très émulsifiés et ne peuvent être pompés, peuvent parfois être récupérés à l'aide d'un godet d'excavatrice à condition que la zone soit accessible par un tel équipement. Les hydrocarbures émulsifiés sont susceptibles de se coller à l'intérieur du godet, ce qui rend difficile le vidage.

Dans tous les cas, l'hydrocarbure directement transféré depuis la surface de l'eau est susceptible d'être associé à certaines eaux libres qui, après avoir été déversées dans le réservoir de réception, peuvent être décantées. En fonction de la réglementation locale, il peut être possible de déverser l'eau décantée en mer, ou elle peut nécessiter un traitement séparé avant son retour dans l'environnement.

- **Les récupérateurs** : dans les mers légèrement agitées, il peut être difficile de pomper toute la quantité d'hydrocarbure vers un camion-citerne directement à l'aide d'un tuyau, aussi, les arrimages flottants peuvent améliorer la récupération. Dans des eaux suffisamment profondes, des récupérateurs de petite ou moyenne taille, de conceptions différentes peuvent être utilisés au bord de l'eau pour récupérer l'hydrocarbure et le pomper depuis les côtes. (Voir le Guide de bonnes pratiques sur le confinement et la récupération en mer (IPIECA- IOGP, 2015b)). Les récupérateurs attachés avec une corde ne sont pas limités par la profondeur des eaux et peuvent être utilisés même en eaux peu profondes à condition que le dispositif de fixation de la corde et que le système de poulie associé puissent être mis en place.
- **Collecte manuel depuis les bateaux** : en mers calmes à légèrement agitées, des bateaux à faible tirant d'eau peuvent être utilisés pour collecter l'hydrocarbure si l'accès au littoral par la terre est difficile. L'hydrocarbure peut être ramassé manuellement à la surface de l'eau dans des futs de 200 litres ou, s'agissant des hydrocarbures visqueux, dans de « grands sacs » de 1 m³ ou des « big-bags ». Les pelles utilisées pour collecter les hydrocarbures plus visqueux peuvent être fabriquées à base de maille métallique ou d'un métal perforé afin de permettre l'écoulement de l'eau tout en retenant l'hydrocarbure (voir la photographie ci-dessous).

Collecte d'hydrocarbure à la surface de l'eau à l'aide de pelles



ITOPF

- Absorbants : dans le cas où les véhicules n'auraient pas accès au site, il est toujours possible de collecter l'hydrocarbure flottant depuis la côte à l'aide de matériaux absorbants, il peut s'agir de matériaux propriétaires ainsi que des matériaux existants dans la nature comme la bagasse (déchets fibreux provenant de la transformation de la canne à sucre) et la paille. Cependant, il convient de noter que la végétation sèche, comme la paille, ne fournit pas de matériaux absorbants efficaces dans la mesure où ils deviennent rapidement saturés d'eau et doivent dès lors être collectés très rapidement après leur application. Les absorbants recouverts d'hydrocarbure peuvent être mis en sac puis transportés vers un site de stockage temporaire. De manière générale, l'utilisation à grande échelle des absorbants sur le littoral n'est pas recommandée dans la mesure où elle génère des quantités supplémentaires de déchets qui devront être transportés et éliminés. Cependant, à défaut d'autres méthodes viables de collecte des hydrocarbures flottant, il peut s'agir d'une solution à envisager.

Chronologie

La technique est utilisée pour récupérer l'hydrocarbure mobile durant la première phase de la lutte.

Critère de validation recommandé

Le critère de validation est atteint lorsqu'aucune quantité significative d'hydrocarbure flottant ne subsiste, c'est-à-dire lorsqu'aucun hydrocarbure n'est récupérable.

Avantages et inconvénients

- ✓ Élimination de l'hydrocarbure en vrac flottant.
- ✓ Faible impact biologique.
- ✗ Le critère de validation est atteint même si des résidus ou des couches d'hydrocarbures demeurent en surfaces ; en fonction des lieux, un traitement postérieur pourrait être requis ou l'hydrocarbure pourrait être abandonné au processus de nettoyage naturel.
- ✗ L'utilisation des absorbants en vue de la collecte des hydrocarbures en vrac génère des quantités supplémentaires de déchets qui devront être transportés et éliminés.

Creusement de tranchée

Principale application

- Hydrocarbure mobile échoué sur les plages d'eaux peu profondes en pente ou sur les littoraux soumis aux marées.

Présentation de la méthode

- Les tranchées creusées par une excavatrice le long de la pente de la plage, parallèlement au bord de l'eau, peuvent constituer des points d'accumulation en vue de la récupération de l'hydrocarbure sous forme liquide. L'hydrocarbure en surface est poussé dans la tranchée, soit manuellement à l'aide d'un racloir (une lame en caoutchouc lisse et flexible attachée à un manche à balai), soit en lavant l'hydrocarbure de la plage au moyen d'importantes quantités d'eau sous faible pression. Une fois confinés dans la tranchée, l'hydrocarbure (et l'eau) peuvent être pompés dans des tonnes à lisier ou des réservoirs de stockage temporaires ou récupérés par des camions de pompage. Dans la mesure du possible, la quantité d'eau récupérée avec l'hydrocarbure sera réduite, par exemple en utilisant des têtes d'écumage.
- Bien que des tranchées aient été utilisées avec succès sur des plages de sable compact ou de galets soumises aux marées, elles ont tendance à être comblées à chaque marée haute et il peut être nécessaire d'avoir à les rouvrir à la marée basse suivante.

Utilisation de tranchée aux fins de récupération de l'hydrocarbure



ITOPF

Chronologie

Cette technique est utilisée pour la récupération des hydrocarbures échoués sous forme liquide durant la première phase de la lutte.

Critère de validation recommandé

Avec le temps, cette technique mènera à de moins en moins d'hydrocarbure récupérable. Le critère de validation est atteint lorsque les quantités d'hydrocarbure liquide récupéré ne sont plus significatives, c'est à dire et quand il n'y a plus d'hydrocarbure récupérable.

Avantages et inconvénients

- ✓ Élimination de l'hydrocarbure liquide échoué.
- ✓ Faible impact biologique.
- ✗ Le critère de validation est atteint même si des résidus d'hydrocarbures demeurent en surfaces ; en fonction des lieux, un traitement postérieur pourrait être requis ou l'hydrocarbure sera abandonné au processus de nettoyage naturel.
- ✗ Si les tranchées ne sont pas revêtues, l'hydrocarbure risque de pénétrer les parois et un créer un problème de contamination du sous-sol.
- ✗ En l'absence d'un balisage soigneux et d'une bonne consignation de la localisation, les tranchées pourraient être difficile à retrouver après coup. Les tranchées non nettoyées pourraient devenir une source sporadique et imprévisible de contamination par l'hydrocarbure après le déversement.

Récupération manuelle de l'hydrocarbure échoué**Principale application**

- Les hydrocarbures non liquides échoués et les matériaux des plages contaminés (sable et galets) sur tout littoral accessible à pied.

Présentation de la méthode

- L'hydrocarbure échoué et le substrat contaminé peuvent être éliminés à l'aide de plusieurs outils, en fonction du type de littoral et de la texture du matériau à récupérer. Il pourra s'agir de truelles, de grattoirs, de râpeaux, de pelles, de chiffons ou d'absorbants. L'hydrocarbure récupéré est généralement placé dans des sacs en plastique très résistants (par ex. > 400 gauges/100 µm d'épaisseur), de sacs pour débris ou de sacs d'engrais, ou de sacs tissés en polypropylène, tels que ceux utilisés pour l'emballage du sucre et du riz. Les sacs en plastique moins résistants se détériorent rapidement à la lumière du soleil et constituent une source potentielle de pollution secondaire. Les sacs les plus adaptés sont ceux présentant une capacité nominale de 25 kg ; ils ne doivent pas être remplis à plus de $\frac{3}{4}$ de leur capacité, soit un poids d'environ 15 kg, afin de garantir une manipulation simple et éviter les débordements.
- Si des machines évoluent sur le littoral, les déchets collectés peuvent être déversés directement dans le godet de la pelleteuse en vue du transfert vers la zone de stockage de matériel.
- Sur les plages de sable, durant les premières étapes du nettoyage, lorsque la contamination apparente est en train d'être collectée, des pelles seront utilisées ; lorsque la fin des opérations se rapprochera, les râpeaux seront privilégiés aux pelles.
- Au contraire, sur les côtes rocheuses et les côtes de galets, non accessibles aux véhicules et ne pouvant être nettoyées en recourant au lavage à haute pression, le lavage manuel et l'utilisation de truelles pourrait être le seul moyen de nettoyage. La méthode requiert beaucoup de travail et demeure très lente ; cependant, elle peut être appropriée dans certaines circonstances, notamment lorsque la main d'œuvre est abondante.
- Dans le cas où l'hydrocarbure devrait être collecté manuellement dans des zones humides vulnérables, qu'elles soient tempérées ou tropicales, ou bien dans des marais salants ou des mangroves, il convient d'examiner le bien-fondé du recours aux interventions physiques. Si la décision de collecter l'hydrocarbure est prise, une supervision étroite du personnel et des précautions telles que l'utilisation de caillebotis sont requises afin d'éviter la détérioration de la végétation résultant d'un piétinement excessif.

- Les déchets souillés doivent être consolidés au sein d'une zone de stockage de matériel, dans la partie supérieure du littoral et bien au-dessus de la ligne des eaux hautes afin d'éviter que les sacs soient emportés avant d'avoir été collectés. Le matériel collecté peut être en vrac, emballé dans des sacs ou placé dans des sacs en vrac (capacité d'environ 1 m³, également appelé « sacs jumbo » ou « big-bags », entre autres), ou chargés dans des bennes à ordures. Dans tous les cas, la zone de stockage de matériel doit être préparée au moyen d'un film de polythène ou un talus afin que l'hydrocarbure puisse être confiné en cas de déversement des matériaux collectés ou de fuite des sacs et autres récipients. Dans la mesure du possible, le site sélectionné devra être accessible aux véhicules routiers afin de permettre aux déchets d'être enlevés et transportés aux fins d'élimination ou évacués vers le site de stockage temporaire.
- Plusieurs situations peuvent empêcher l'accès des véhicules pour la récupération des déchets sur les zones de stockage de matériel, y compris, par exemple, les hydrocarbures collectés dans les baies rocheuses, au pied de falaises ou le long de littoraux vulnérables comme des dunes de sable où la circulation des véhicules est interdite ; dans ce cas, des moyens alternatifs de transfert des déchets ensachés seront nécessaires. Pour remédier à de telles situations, les solutions suivantes peuvent être appliquées : les chaînes humaines, l'utilisation de véhicules tous-terrains (ATV) afin de transférer les matériaux le long du littoral vers un point d'accès ; les grues ; et les tyroliennes ou câbles aériens. Des hélicoptères ont également été utilisés mais, compte tenu du coût, cette solution devra être évaluée avec soin. Afin de garantir une utilisation optimale de ces ressources, l'opération choisie devra être extrêmement bien coordonnée. Dans certaines circonstances, notamment dans les zones de collecte isolées impliquant de longues distances de transport, le transport direct par hélicoptère vers un site d'élimination ou une zone de stockage temporaire est susceptible de constituer la solution la plus rentable par rapport, par exemple, à l'évacuation des déchets par bateau ; en effet, cette dernière solution nécessitera probablement des manipulations répétées des déchets notamment lors du chargement de l'embarcation le long du littoral, avant de naviguer vers un quai où les déchets seront déchargés puis rechargés sur des camions qui les transporteront ailleurs.

Chronologie

La technique est utilisée pour récupérer des hydrocarbures échoués et des sédiments contaminés à travers les trois phases de lutte et, parfois, pour récupérer des hydrocarbures flottants. Lorsque le critère de validation est proche d'être atteint, un autre traitement devra être mis en œuvre, par tamisage ou hersage, notamment sur les plages récréatives, cependant, dans de nombreux cas, le nettoyage manuel permet d'atteindre un critère de validation satisfaisant.

Critère de validation recommandé

En fonction de la saison, de la probabilité d'un nettoyage naturel et des services fournis par le littoral, les critères de validation sont susceptibles d'aller de l'élimination grossière de la contamination, ou l'élimination des résidus d'hydrocarbure léger ou modéré en surface, à l'absence d'hydrocarbure visible ou enfoui, d'irisation, de texture grasse ou d'odeur d'hydrocarbure.

Avantages et inconvénients

- ✓ La collecte de l'hydrocarbure échoué sur tous les types de littoraux ainsi que les sédiments contaminés des littoraux sableux ou de galets.
- ✓ Très sélective, menant à des teneurs élevées en hydrocarbures dans les déchets souillés avec des quantités relativement faibles de substrats propres, ce qui permet de réduire la quantité de déchets à transporter et éliminer.
- ✓ Elle permet d'atteindre toute une série de critères de validation y compris ceux pour l'utilisation d'agrément.
- ✓ Faible impact biologique.
- ✗ Fastidieux et lent ; comme indiqué, une personne peut en moyenne collecter 1–2 m³ de sable souillé par jour.
- ✗ Une main d'œuvre importante nécessitant une bonne organisation, avec un niveau élevé de supervision pour maintenir la concentration, assurer une récupération sélective de l'hydrocarbure (minimisant ainsi les quantités de déchets générés) et éviter la pollution secondaire.
- ✗ La coordination d'un grand nombre de bénévoles dans un tel rôle nécessite des efforts de gestion significatifs.

Récupération mécanique de l'hydrocarbure échoué

Principale application

- Hydrocarbure non-liquide échoué et sédiments des plages hautement souillés sur des littoraux de sable et de galets accessibles par des engins lourds.
- L'hydrocarbure ou les sédiments contaminés à récupérer doivent être suffisamment consistants pour permettre leur concentration en piles ou tas homogènes conservant leur structure suffisamment longtemps pour permettre une collecte ultérieure par les pelleteuses ou les excavatrices.
- La technique génère des quantités importantes de déchets peu contaminés et demeure applicable uniquement aux littoraux fortement touristiques à la veille ou durant la saison touristique lorsque la nécessité de réagir le plus rapidement possible prévaut sur les considérations environnementales et la réduction des déchets.

Présentation de la méthode

- Les excavatrices, les niveleuses automotrices, les chargeuses chenillées ou sur roues (également appelées chargeurs frontaux ou chariots élévateurs frontaux) sont tous mobilisés dans le cadre de la récupération de l'hydrocarbure et des sédiments souillés sur le littoral.
- Des niveleuses peuvent être utilisées sur des plages de sable fin compact sur lesquelles la pénétration de l'hydrocarbure sera probablement limitée. La lame de la niveleuse peut être placée de façon à écrémer juste au-dessous de la surface de la plage, l'hydrocarbure et le sable peuvent être amassés en rangées pour être récupérés par des chargeurs frontaux (voir l'étude de cas *Alvenus* à la page 37).
- Des bennes chargeuses peuvent être utilisées pour rassembler l'hydrocarbure et les sédiments souillés et les collecter directement. Cependant, la profondeur à laquelle la benne creuse sur la plage ne peut être contrôlée de la même façon qu'avec une niveleuse, une quantité plus importantes de substrats propres étant mélangée avec l'hydrocarbure, entraînant la collecte de quantités considérables de sédiments propres avec les matériaux contaminés.
- La capacité du littoral à accueillir des véhicules lourds dépend du type de substrat et de son état (humide ou sec), mais aussi de l'inclinaison du littoral. Le sable sec et mou, infranchissable par les véhicules sur roues, peut être franchissable par les véhicules chenillés, cependant la quantité d'hydrocarbure mélangé avec le substrat est susceptible d'être plus importante en cas d'utilisation des véhicules chenillés.
- Pour les motifs exposés plus haut, l'utilisation de bulldozers n'est généralement pas recommandée en vue de la collecte mécanique, en raison de la probabilité d'obtenir un excès de mélange de sédiments propres et contaminés.

Chronologie

L'hydrocarbure échoué et des sédiments contaminés sont récupérés durant les premières phases de la lutte, durant la première et la deuxième phase.

Critère de validation recommandé

Contamination légère ou modérée. En cas de pénétration plus importante de l'hydrocarbure, il sera peut-être impossible d'atteindre le critère de validation meilleur qu'une contamination modérée. La mise en œuvre de techniques alternatives peut s'avérer nécessaire pour garantir un nettoyage plus efficace comme le surf washing ou, pour les côtes sableuses, le labourage/le hersage.

Avantages et inconvénients

- ✓ Élimination de l'hydrocarbure échoué et des sédiments contaminés des littoraux de sable et de galets.
- ✓ Élimination rapide de quantités importantes d'hydrocarbure échoué et de sédiments contaminés.
- ✓ Une technique nécessitant peu de main d'œuvre.
- ✓ Un impact biologique faible à modéré ; quelques pertes parmi l'endofaune.
- ✗ Génération potentielle de quantités excessivement importantes de déchets ayant une teneur en hydrocarbure généralement faible quoique variable ;

- X Le déplacement des engins lourds sur les littoraux souillés mélange plus encore l'hydrocarbure au substrat ; certains littoraux, comme ceux composés de sable mou grossier, ne peuvent accueillir d'engins lourds qui risqueraient de s'y enfoncer et de rester bloqués une fois chargés.
- X Le risque potentiel de dommages aux habitats comme les dunes, générés par les engins lourds, associé au risque d'élimination excessive de substrats peut entraîner des modifications géomorphologiques négatives aux profils du littoral et/ou à l'érosion.
- X Il est vivement recommandé de ne pas utiliser des engins lourds sur les littoraux sensibles, comme les marais salants en raison du risque de dommage à long terme causés aux habitats.

ÉTUDE DE CAS 2 : Exemple d'opérations de nettoyage mécanique à l'aide de niveleuses et de camions à bennes sur une plage de sable compacte

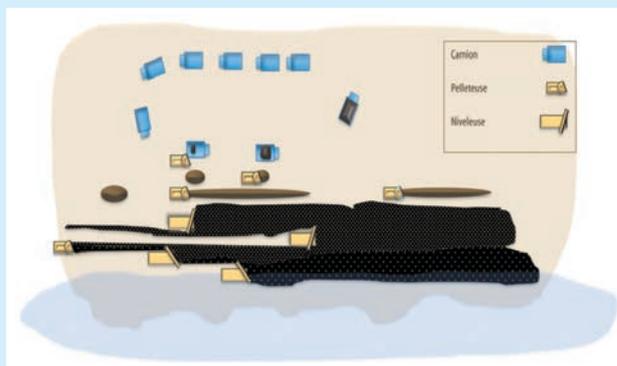
Alvenus, Louisiana, États-Unis, 1984

En juillet 1984, le tanker *Alvenus* s'est échoué sur le fleuve Calcasieu déversant à l'occasion environ 8 500 tonnes³ d'hydrocarbure brut Merex and Pilon. La plus grande partie de l'hydrocarbure s'est échoué sur dix kilomètres le long de la digue de Galveston et sur 21 kilomètres le long de la plage ouest de Galveston, une plage de sable compacte où, en raison de l'envergure de la contamination du littoral et de l'importance touristique du site à ce moment de l'année, une grande opération de nettoyage mécanique a été mise en œuvre. Au plus fort de l'activité, environ 50 niveleuses et 100 camions à bennes, 3 présentant chacun une capacité de 19 m³, ont participé aux opérations et ont permis l'élimination d'environ 76 500 m³ de sable du littoral⁴.

Évoluant depuis la partie supérieure et la partie inférieure de la plage, les niveleuses ont été utilisées pour disposer le sédiment en rangées parallèles à la ligne des eaux. Les rangées de sable souillé ont ensuite été rassemblées en piles par des chargeurs frontaux avant d'être chargées dans des camions.

Malgré la quantité importante de sédiments éliminés, la quantité de déchets générés à l'occasion du nettoyage de la plage de Galveston n'a pas dépassé la quantité moyenne de déchets d'un nettoyage de littoral, qui est souvent égale à dix fois la quantité d'hydrocarbure déversé. En outre, il a été jugé que le réapprovisionnement du sable n'était pas nécessaire dans la mesure où des mouvements importants de sables survenaient chaque année le long de ce littoral.

À droite : schéma du nettoyage mécanique du littoral de Galveston.
Ci-dessous : La plage ouest de Galveston, et une des 50 niveleuses engagées dans les opérations de nettoyage du littoral.



³ Alejandro et Buri, 1987 ⁴ Site internet de NOAA Accident News : <http://incidentnews.noaa.gov/incident/6267>

Surf washing

Principale application

- Littoraux de sable, de galets, de cailloux et de blocs accessibles aux engins lourds et exposés au déferlement des vagues avec des niveaux légers à modérés de contamination et une quantité négligeable d'hydrocarbure échoué.
- Séparation de l'hydrocarbure en vrac et des sédiments dans lesquels il est enfoui ou avec lesquels il s'est intimement mélangé.

Présentation de la méthode

- Les équipements comme les chargeurs frontaux, les excavatrices ou les bulldozers sont utilisés pour déplacer les matériaux contaminés des plages vers les zones de déferlement très agitées.
- En l'absence d'engins, les matériaux peuvent être déplacés manuellement vers la zone de déferlement, en prenant les précautions nécessaires lorsque les activités sont mises en place sur un littoral dynamique.
- Les matériaux sont agités et nettoyés par l'énergie générée par la vague, dans le cadre des processus d'abrasion, d'agrégations hydrocarbure/minéraux et de dispersion. Les produits légers ou moins émulsionnés sont susceptibles de s'évaporer, ce dont témoigne l'odeur d'hydrocarbure durant les opérations.
- Dans des conditions où la probabilité est élevée que des quantités significatives d'hydrocarbure libre soient rejetées, l'utilisation de filets absorbants est recommandée afin de collecter les hydrocarbures visqueux et les tapis ou barrages d'absorbants pour les hydrocarbures plus légers. L'hydrocarbure s'échouant à la surface de la plage peut être récupéré manuellement (voir l'étude de cas *TK Bremen* à la page 39).
- Dans la plupart des cas, le substrat sera remonté sur la plage par les vagues au fil du temps, cependant, les blocs plus volumineux devront être repositionnés afin de maintenir le profil de la plage.

Chronologie

La technique est utilisée durant la seconde et la troisième phase, après l'élimination de l'hydrocarbure en vrac échoué mais avant de lancer les opérations finales de nettoyage des zones à forte valeur récréative, dans la mesure où l'hydrocarbure et les irisations rejetés risquent de re-contaminer ces zones. Alternativement, cette technique pourra être restreinte aux conditions de vent et marée qui charrieront l'hydrocarbure libéré loin des littoraux vulnérables.

Critère de validation recommandé

Pour atteindre un critère de validation acceptable sur les littoraux à forte valeur récréative, il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre un traitement répété ou des opérations labourage/hersage mais aussi de rétablir le profil de la plage. Pour les littoraux sur lesquels le nettoyage naturel survient plus lentement, les matériaux des plages sont laissés dans les zones de déferlement et, au fil du temps, seront redistribués sous l'action des vagues et des marées, en fonction de la taille du grain, pour reformer le profil naturel de la plage. Toute tâche ou film résiduel vieillira et se dégradera naturellement.

Avantages et inconvénients

- ✓ S'appuie sur des processus naturels de nettoyage.
- ✓ Nécessite peu de main d'œuvre.
- ✓ Méthode de traitement des hydrocarbures enfouis.
- ✓ Réduit les quantités de déchets souillés devant être évacués et éliminés.
- ✗ Rejet potentiel d'hydrocarbure et d'irisations.
- ✗ Perturbation temporaire du profil de la plage.
- ✗ Risque de faibles pertes d'endofaune.

ÉTUDE DE CAS 3 : Exemple de surf washing utilisé pour nettoyer plusieurs kilomètres d'une plage de sable souillée

TK Bremen, Brittany, France, 2011

En décembre 2011, pendant une tempête, le cargo *TK Bremen* s'est échoué sur une plage de sable déversant de l'IFO 120, et du gazole sur le littoral. Le site d'échouement se situait à proximité de dunes protégées et d'un estuaire écologiquement vulnérable, abritant une importante pêcherie ostréicole. Le gros de l'hydrocarbure échoué a été éliminé de la plage durant les premiers jours par des méthodes manuelles et mécaniques, cependant des quantités considérables d'hydrocarbure enfoui et de sable souillé demeurèrent à l'embouchure de l'estuaire. Les sensibilités environnementales et socio-économiques de la zone environnante impliquaient que toute nouvelle opération de nettoyage devait prendre en compte l'état de la mer, le vent et les marées de manière très attentive, afin d'éviter une nouvelle contamination de ces littoraux. Le nettoyage naturel a été écarté en raison du risque de remobilisation de l'hydrocarbure avec l'arrivée des marées de vive-eau, particulièrement dans les mers agitées hivernales, mais aussi du risque de pénétration de l'hydrocarbure dans



ITOPF



ITOPF

l'estuaire. La quantité importante de sable à traiter rendait également tout nettoyage ex-situ irréaliste.

Le surf washing a dès lors été choisi pour nettoyer plusieurs kilomètres carrés de sables souillés, en quelques jours seulement. Habituellement mise en œuvre à marée montante, cette technique peut également être utilisée lors des marées descendantes afin de permettre une récupération plus efficace de l'hydrocarbure déversé. Le site choisi pour le surf washing était suffisamment éloigné de la zone souillée originale pour que l'hydrocarbure déversé soit charrié loin de l'estuaire, mais restait assez proche pour que le sable nettoyé reste dans le système sédimentaire de la plage. L'hydrocarbure était récupéré dans l'eau immédiatement, en aval de la zone de surf washing à l'aide de filets à petites mailles, attachés par des cordes, parallèlement à la ligne de côte et orienté en direction de la dérive, ancrés à l'aide de "big-bags" d'1 m³ remplis de sable et enterrés sur la plage. Au fil du retrait de la marée, le point de surf washing a été déplacé vers la partie inférieure de la côte, dans le sens du ressac. Pour s'assurer que l'hydrocarbure/l'irisation remobilisé ne soit pas transporté vers l'embouchure de l'estuaire, l'opération a été mise en œuvre uniquement durant les périodes d'agitation modérée à élevée des vagues et de vents de nord et nord-ouest, et durant les trois ou quatre premières heures de la marée descendante.

En raison de la fluidité de l'hydrocarbure, les filets n'ont pas été en mesure de collecter tous les polluants déversés : certains d'entre eux se sont échappés sous la forme d'irisations qui, au final, ont été dissipés en mer. À la surface de la mer, au-delà de la zone de déferlement, deux petits bateaux équipés de filets à grosse maille et de barrages absorbants ont récupéré les hydrocarbures flottants. Les cycles de marées suivants ont permis de terminer le nettoyage et de redistribuer progressivement le sédiment déplacé.

Jets d'eau basse pression (*Flooding/Flushing*)

Principale application

- Plages de sable ou de galets dans lesquelles un hydrocarbure est enfoui et le surf washing n'est pas praticable.
- Côtes rocheuses et les protections côtières sur lesquelles l'hydrocarbure est piégé au sein de cavités.
- Hydrocarbure capturé sous quais.
- En combinaison avec le lavage à haute pression pour évacuer les écoulements vers les points de collecte.
- Littoraux sensibles comme les marais salants et les mangroves.

Présentation de la méthode

- La technique s'appuie sur des quantités importantes d'eau de mer à des pressions basses ou modérées pour déloger et remobiliser l'hydrocarbure échoué, piégé ou enfoui et l'orienter vers des points de collecte.
- Des pompes centrifuges portables auto-amorçantes (30 à 60 m³/h) peuvent être utilisées pour assurer l'alimentation en eau de mer des lances incendies ou des lances à eau (tuyau rigide portatif) orientés vers la plage afin d'agiter le substrat et libérer l'hydrocarbure piégé. Certaines lances permettent d'introduire de l'air dans le flux d'eau via un dispositif de venturi censé provoquer l'agitation et la flottaison nécessaire pour faire remonter l'hydrocarbure à la surface.
- L'hydrocarbure libéré peut ainsi flotter jusqu'aux points de collecte grâce à la saturation de la section du littoral traitée en eau pompée et déversée à travers des tuyaux perforés installés le long de la partie supérieure de la plage.
- Il est également possible d'utiliser des grandes quantités d'eau à des pressions basses pour rincer l'hydrocarbure liquide échoué sur des littoraux sensibles comme les marais salants et les mangroves, et d'éviter des niveaux d'intervention physique et le risque de dommage lié à une élimination manuelle.

Chronologie

Les opérations de lessivage (« flushing ») sont généralement applicables durant la deuxième phase de la lutte. Elles doivent être mises en œuvre avant la fin des opérations de nettoyage des littoraux adjacents ; si l'hydrocarbure remobilisé n'est pas récupéré, il est susceptible de contaminer les zones environnantes.

Critère de validation recommandé

Le critère de validation est atteint lorsque les opérations de lessivage ne libèrent plus d'hydrocarbure, c'est-à-dire qu'il n'y a plus d'hydrocarbure récupérable. En fonction du type de littoral, le résultat peut aller d'une texture grasse pour les plages de sable à une couche relativement épaisse pour les hydrocarbures visqueux attachés aux roches ou aux protections côtières, sur lesquelles seul de l'hydrocarbure mobile a été collecté à l'aide de cette technique.

Avantages et inconvénients

- ✓ Élimination de l'hydrocarbure enfoui et piégé.
- ✓ Élimination de l'hydrocarbure mobile des littoraux sensibles.
- ✓ Perturbation minimale du profil de la plage (voir également le « surf washing » à la page 38).
- ✓ Faible impact biologique.
- ✗ Besoin en main d'œuvre modéré à élevé.
- ✗ Zone traitée restreinte par l'utilisation d'une seule lance à eau impliquant des progrès lents.
- ✗ Une couche épaisse d'hydrocarbure demeure sur certains types de littoraux, par ex. les côtes rocheuses et les protections côtières.

Utilisation de bétonnières

Principale application

- Plages de galets/ cailloux abritées sur lesquelles des quantités importantes d'hydrocarbure demeurent piégées, sur un littoral peu agité (non adapté au surf washing) ou sans marée.
- Littoraux de galets/cailloux plus agités sur lesquels, en cas de recours au surf washing, il existe un risque significatif de contamination par l'hydrocarbure rejeté des ressources vulnérables adjacentes, comme la mariculture, les prises d'eau de mer et les plages de loisir.

Présentation de la méthode

- La toupie de la bétonnière est partiellement remplie de cailloux / galets contaminés. (afin d'éviter tout dommage à la toupie et aux pièces du malaxeur, le diamètre des roches ne saurait excéder 150 mm). Une bétonnière standard a une capacité de 5-6 m³. Les gros débris, comme le bois flottant, doivent être retirés avant le chargement.
- Un solvant, comme un agent nettoyant du littoral (voir Utilisation des agents chimiques de nettoyage à la page 44) ou de kérosène inodore est ajouté à hauteur de 1 - 2 %, c'est-à-dire selon un ratio absorbant/substrat pollué situé entre 1/50 et 1/100 en fonction du niveau de contamination. L'absorbant et le substrat pollué sont bien mélangés par une rotation rapide de la toupie pendant environ cinq minutes.
- La vitesse de rotation est diminuée afin de remplir entièrement d'eau le malaxeur, le contenu de la toupie étant mélangé pendant une durée supplémentaire de 30 à 60 minutes en fonction de la taille moyenne des galets ; les agrégats plus petits nécessitent plus de temps que les grands.
- L'eau de lavage est décantée dans un réservoir de stockage temporaire pour permettre la séparation avec l'hydrocarbure, et les galets sont déchargés et prêts à être transportés vers le littoral d'origine.
- L'hydrocarbure séparé de l'eau de lavage peut être récupéré à l'aide d'absorbants ou d'un petit récupérateur, des efforts devant être déployés pour recycler la plus grande quantité possible d'eau de lavage. L'eau de lavage utilisée sera traitée via des dispositifs d'élimination distincts, conformément à la réglementation locale.
- Une station de nettoyage équipée de plusieurs bétonneuses exploitées parallèlement peut permettre d'optimiser les tâches logistiques et de tirer parti des économies d'échelle en regroupant les équipements associés comme les chargeurs, les pompes et les réservoirs.
- Les galets restent légèrement contaminés par un film gras à la fin du processus. Ils peuvent être placés au bord de l'eau en vue d'un rinçage final. Par mauvais temps, ces galets seront redistribués et tout film résiduel sera éliminé.

Chronologie

Il s'agit d'une technique finale de nettoyage appliquée durant la troisième phase des opérations de nettoyage et nécessitant l'élimination de l'hydrocarbure en vrac avant son utilisation.

Critère de validation recommandé

Le processus laisse un film gras qui sera éliminé par le nettoyage naturel survenant au bord de l'eau.

Avantages et inconvénients

- ✓ En fonction de la taille de la bétonneuse, elle permet d'atteindre une vitesse de traitement de 5 à 6 tonnes/heure.
- ✓ Elle permet le retour du substrat nettoyé vers les littoraux sources.
- ✓ L'équipement est mobile et le poste de lavage peut être doté de plusieurs machines fonctionnant parallèlement.
- ✗ Faible besoin en main d'œuvre et des besoins importants en équipement.
- ✗ Relativement lente et, par conséquent, onéreuse.
- ✗ Elle requiert une double manipulation et le transport de matériaux depuis le littoral vers le poste de lavage et inversement.

- ✗ De fines particules de sables et de graviers sont accumulés dans le malaxeur, leur traitement pouvant nécessiter des dispositifs d'élimination distincts.
- ✗ Il est possible que les quantités importantes d'eau de lavage nécessite un traitement ultérieur et la mise en place de dispositifs d'élimination distincts, conformément à la réglementation locale.

Le lavage in-situ

Principale application

- Les littoraux composés de petits rochers et de galets accessibles aux engins et sur lesquels des quantités importantes d'hydrocarbure et de débris souillés sont restés piégés.
- Les zones dans lesquelles le déplacement des matériaux contaminés dans la zone de déferlement n'est pas possible ou les littoraux sans marée.
- Les littoraux très agités sur lesquels, en cas de recours aux techniques de surf washing ou de lessivage, il existe un risque important de contamination par l'hydrocarbure rejeté sur les ressources vulnérables adjacentes d'un point de vue économique ou environnemental.
- Cette technique fournit un traitement à des vitesses très limitées en termes de tonnes de substrats contaminés traitées par jour ; elle restera vraisemblablement limitée aux courtes sections du littoral ou aux baies dans lesquelles les préoccupations environnementales ou économiques sont particulièrement importantes.

Présentation de la méthode

- Il existe deux méthodes:
 1. Une excavatrice est nécessaire pour déplacer le matériau vers un réservoir suffisamment robuste et étanche, comme un réservoir sectionnel (réservoir de Braithwaite), une benne positionnée sur une surface plane ou tout autre récipient disponible localement pouvant être adapté aux fins poursuivies. Le godet d'excavatrice est utilisé pour agiter le matériel dans la cuve et le mélanger avec des agents produits de lavage ou du kérosène inodore et de l'eau de mer, de la même façon qu'avec une bétonneuse comme décrit plus haut. L'hydrocarbure libéré peut être collecté à la surface de la cuve de lavage et dans l'eau souillé pompé vers les cuves de stockage temporaire dans lesquelles l'hydrocarbure pourra décanter.
 2. L'excavatrice est utilisée pour charger le matériau sur une grille ultra résistante avec un maillage aux dimensions appropriées afin de retenir le matériau devant être nettoyé au-dessus de la cuve. Le matériel est dès lors lavé au moyen de jets d'eau haute pression et l'eau de lavage est collectée dans le réservoir où elle pourra être pompée vers les cuves de stockage temporaire aux fins de séparation et de récupération de l'hydrocarbure. Cette méthode peut également être utilisée afin de nettoyer des éléments spécifiques des protections côtières, comme les Tétrapodes, Dolos, Xblocs etc., dans le cas où les protections seraient démontées en vue de leur nettoyage.
- Le matériau ainsi nettoyé est placé dans la zone de déferlement en vue du nettoyage final.

Chronologie

Il s'agit d'une technique de nettoyage utilisée durant la deuxième et la troisième phase après que l'hydrocarbure libre mobile a été récupéré, mais qu'il reste du substrat très contaminé.

Critère de validation recommandé

Élimination de la contamination apparente par l'hydrocarbure, et le critère de validation devra être adapté au mode d'utilisation du littoral.

Avantages et inconvénients

- ✓ Elle permet d'éliminer la contamination apparente des blocs, des rochers et des protections côtières, et, combinée avec le lavage à haute pression, peut garantir un niveau élevé de nettoyage.
- ✓ Elle empêche le transfert du matériel souillé depuis le littoral.
- ✗ Vitesse de traitement par lot très limitée et besoin en équipement relativement élevé.
- ✗ Il peut être nécessaire de poursuivre le traitement de l'eau de lavage, des dispositifs d'élimination distincts devant être mis en place conformément à la réglementation locale.

Le lavage à haute pression**Principale application**

- Les rochers et les substrats rocheux sur lesquels subsiste une couche qui n'est pas exposée à une action suffisante des vagues et qui a donc vieilli et durci ou est susceptible de subir de telles modifications.
- Les structures artificielles.
- Les estrans rocheux facilement accessibles au public ; les littoraux à forte valeur récréative.

Présentation de la méthode

- Certains nettoyeurs à pression sont dotés de systèmes d'eau chaude ou d'eau froide à haute pression ; cependant, plus le résidu d'hydrocarbure est résistant, plus la température requise pour le décoller sera élevée. S'agissant des nettoyeurs à eau chaude, il est recommandé de régler la température à 95°C au maximum, dans la mesure où la vapeur d'eau pressurisée n'est pas aussi efficace que l'eau. Les pressions de service peuvent varier de 50 à 150 bars avec des débits d'eau variant de 10 à 20 litres/minutes. Une zone d'essai doit être sélectionnée afin d'optimiser l'efficacité de la technique en utilisant différents niveaux de pressions et de températures.
- Alors que certains systèmes sont conçus pour être utilisés avec de l'eau de mer, la plupart fonctionnent avec une alimentation en eau douce qui doit être portable afin de pouvoir être déplacée et suivre la zone de travail en fonction de la progression des opérations. Les systèmes supportant l'eau de mer peuvent être alimentés par des pompes submersibles dotées de filtres empêchant l'infiltration des coquillages et des algues etc. l'eau de mer étant alors acheminée vers une cuve de décantation avant de pénétrer dans les pompes à haute pression.
- Avec une équipe de deux personnes par nettoyeur (un utilisant la lance, l'autre supervisant les effluents et les problèmes de maintenance) une surface moyenne de 1 à 3 m²/heure peut en principe être nettoyée en fonction des compétences de l'opérateur, de la facilité d'accès et du niveau de contamination.
- Un nettoyage depuis la partie supérieure du littoral permet aux effluents de s'écouler vers des zones qui n'ont pas encore été nettoyées. En fonction du type et de la configuration du littoral, les effluents peuvent être contenus dans des tranchées ou des mares intertidales, ou bien au bord de l'eau à l'aide de barrages absorbants.
- Lorsque les effluents ne peuvent être contenus, comme sur les plateformes rocheuses planes, un flux d'eau supplémentaire, ou technique de rinçage, pourrait s'avérer nécessaire pour diriger les effluents vers un point de collecte. Lors du nettoyage des roches en marge d'une plage de sable ou de galet, des films en géotextiles ou en plastique peuvent être utilisés pour prévenir la pénétration des effluents dans le substrat. Les absorbants positionnés à la base des rochers nettoyés sont utilisés pour récupérer la plus grande quantité possible d'hydrocarbure lorsque les effluents les traversent.
- À des pressions de service élevées, les projections sur les surfaces adjacentes de la zone de travail peuvent constituer un problème. Les zones qui ont déjà été nettoyées ou qui n'ont pas été souillées doivent être protégées.

Chronologie

Il s'agit d'une technique finale (troisième phase) de nettoyage. Afin d'éviter une nouvelle contamination des surfaces nettoyées, elle ne saurait être mise en œuvre avant la récupération de tous les hydrocarbures mobiles. Elle est généralement limitée aux zones à forte valeur récréative ou utilisée lorsqu'il est vraisemblable que le nettoyage naturel sera inefficace ou insuffisant, notamment dans les ports.

Critère de validation recommandé

De fines tâches ou films résiduels sont susceptibles de subsister ; il est judicieux de les laisser vieillir et se dégrader naturellement. Un traitement répété ou l'utilisation conjuguée avec des agents chimiques de nettoyage pourrait s'avérer nécessaire dans le cas où l'élimination des traces d'hydrocarbure serait requise, notamment lors du nettoyage des promenades et des marinas.

Avantages et inconvénients

- ✓ Elle permet d'atteindre un haut niveau de propreté.
- ✓ L'équipement mobile peut être trouvé relativement facilement.
- ✓ Un besoin modéré en main d'œuvre.
- ✗ Destructif sur le plan biologique.
- ✗ Des niveaux élevés de « projection » constituent un risque de contamination des zones adjacentes à la zone de travail.
- ✗ Une détérioration potentielle des surfaces en béton, des rochers tendres (par ex. le grès) et des matériaux de jointoiement des structures en béton.
- ✗ Relativement lente et, par conséquent, onéreuse.

L'utilisation d'agents chimiques de nettoyage**Principale application**

- Généralement utilisée en combinaison avec la technique de lavage de moyenne à haute pression, lorsque son bien-fondé est établi par une NEBA et qu'elle est permise par les lois. La technique est habituellement utilisée pour le nettoyage :
 - des zones rocheuses et des substrats rocheux ;
 - des structures artificielles ; et
 - des estrans rocheux facilement accessible au public ; les littoraux à forte valeur récréative.
- L'utilisation d'agents chimiques sur des littoraux de galets / de blocs n'est pas recommandée dans la mesure où le mélange hydrocarbure / agent chimique tend à pénétrer plus profondément dans les galets, le rinçage sous l'effet des marées devenant alors inefficace.

Présentation de la méthode

- Il existe deux catégories de produits chimiques :
 1. Les agents de nettoyage des surfaces sont appliqués conformément aux consignes du fabricant. L'action combinée solvant-tensioactif des produits de lavage réduit la viscosité de l'hydrocarbure et altère sa tension superficielle pour faciliter le nettoyage de la surface. Fondamentalement, contrairement à l'utilisation de dispersants (voir ci-dessous), l'objectif n'est pas de disperser l'hydrocarbure libéré mais de le collecter, soit directement à l'aide d'absorbants, soit via son lessivage vers une zone de collecte aux fins de récupérations par des absorbants, des pompes ou des récupérateurs.
 2. Lorsque c'est permis, les dispersants sont appliqués sur la surface souillée et mélangés à l'hydrocarbure par un brossage intensif. Le mélange hydrocarbure/dispersant est alors rincé. Aux fins de planification, un ratio hydrocarbure/dispersant de 20/1 est appliqué. Une estimation est faite de la quantité moyenne d'hydrocarbure par unité de surface, basée sur l'épaisseur de l'hydrocarbure, pour déterminer le taux d'application approprié pour la zone à traiter. À titre d'illustration, une couche d'hydrocarbure de 2 mm d'épaisseur représente 2 litres d'hydrocarbure/m², nécessitant $\frac{2}{20}$ litres de dispersant, ou 1 litre de dispersant par 10 m² de surface contaminée.

- L'utilisation de dispersants prime sur les produits de lavage car l'hydrocarbure libéré par ces derniers a besoin d'être récupéré, alors que les dispersants visent à favoriser la dispersion de l'hydrocarbure dans les eaux côtières. Pour cette raison, leur utilisation doit être limitée aux zones dans lesquelles les mouvements des eaux sont suffisants pour permettre la dilution rapide de l'hydrocarbure dispersé.

Chronologie

Il s'agit d'une technique finale de nettoyage, généralement utilisée durant la troisième phase de l'opération de nettoyage et dans les zones à forte valeur récréative.

Critère de validation recommandé

Des traces minimales de tâches ou de film d'hydrocarbure. Une application répétée peut être nécessaire sur les tâches particulièrement persistantes.

Avantages et inconvénients

- ✓ Elle permet d'atteindre un haut niveau de propreté.
- ✗ Dans le cas où l'utilisation d'agents chimiques serait permise, seuls les produits approuvés à cette fin par les dispositions légales peuvent être utilisés et seulement dans les dosages recommandés.
- ✗ Besoin en main d'œuvre modéré à élevé.
- ✗ Nécessite une supervision étroite afin d'assurer une application appropriée des agents chimiques et une utilisation correcte des EPI.
- ✗ Risques d'impacts biologiques localisés.
- ✗ L'hydrocarbure libéré par les agents de nettoyage de surfaces doit être récupéré.
- ✗ Les dispersants nécessitent une agitation suffisante de la mer afin de permettre la dilution rapide de l'hydrocarbure dispersé.
- ✗ N'est pas adaptée au traitement à grande échelle.
- ✗ N'est pas adaptée aux littoraux de cailloux/de galets.
- ✗ Relativement onéreuse.

Utilisation d'absorbant particulaire comme agent masquant

Principale application

- Les côtes rocheuses à l'accès limité.
- Les zones d'échouage des phoques, des pingouins et des otaries.
- La végétation des marais afin de protéger la faune.

Présentation de la méthode

- Un minéral particulaire (vermiculite) ou des absorbants organiques (tourbe, écorce, paille etc.) sont répandus sur le littoral souillé.
- Les absorbants minéraux sont plutôt utilisés sur les côtes rocheuses alors que les absorbants organiques peuvent l'être à la fois sur les rochers et dans les marais.
- Sur les côtes rocheuses et les marais lorsque ceux-ci sont accessibles, l'absorbant pourra être appliqué sur des couches plus épaisses d'hydrocarbure ; le mélange hydrocarbure / absorbant peut être récupéré manuellement.
- Plus souvent, cependant, l'hydrocarbure et les absorbants, sont dégradés naturellement après application. Alors que les absorbants minéraux eux-mêmes ne seront pas dégradés automatiquement, ils migreront naturellement au fil du temps et se répartiront sur une zone étendue.
- Dans le cas où les absorbants seraient emportés prématurément en laissant des surfaces souillées et collantes, des applications répétées pourraient être nécessaires.

Chronologie

Cette technique peut être utilisée durant la deuxième et la troisième phase des opérations de nettoyage. Après récupération de l'hydrocarbure mobile, les absorbants particuliers sont utilisés pour masquer le revêtement d'hydrocarbure sur les roches et la végétation marécageuse afin de protéger la faune.

Critère de validation recommandé

Lorsqu'ils sont utilisés pour protéger la faune, aucun traitement ultérieur n'est prévu et l'hydrocarbure se dégrade généralement naturellement.

Avantages et inconvénients

- ✓ Il s'agit d'une méthode permettant de masquer l'hydrocarbure toujours collant et mobile, jusqu'à son élimination et sa dégradation sous l'effet des processus d'altération et de nettoyage naturel.
- ✓ Elle permet de réduire le contact entre l'hydrocarbure et la faune (oiseaux et mammifères).
- ✗ Risque d'impact biologique localisé pour la faune autre que les groupes cibles.
- ✗ Le mélange absorbant/hydrocarbure n'est généralement pas récupérable, si bien qu'elle ne saurait constituer une technique efficace de nettoyage.

Le criblage**Principale application**

- Le sable sec, les plages de loisirs contaminées par des boulettes d'hydrocarbure altéré, et le sable restant après les opérations de nettoyage manuel.

Présentation de la méthode

- En principe, le sable contaminé est placé sur un tamis à maille fine dont le maillage permet le passage du sable sec intact lorsque le tamis est secoué ou vibre tout en retenant les boulettes souillées.
- Il peut s'agir de tamis allant des tamis portables de jardin, des tamis statiques de 1 à 2 mètres ou bien de tamis vibrants aux dimensions d'un plateau de table, jusqu'aux modèles commerciaux utilisés dans l'industrie de traitement des minéraux. Alors que les tamis statiques et les tamis vibrants de taille moyenne peuvent être alimentés à la main, les modèles industriels plus grands nécessitent le recours à des engins lourds qui déplaceront le sable aux fins de traitement, chargeront le tamis et retourneront le matériau nettoyé.
- À une échelle moindre, l'utilisation de tamis de jardin requiert une main d'œuvre importante et entraînerait probablement une décision de mettre fin aux opérations en fonction de la justification d'un tel niveau d'effort.

Chronologie

Il s'agit d'une technique de nettoyage final (troisième phase) applicable aux plages de loisirs.

Critère de validation recommandé

Le critère de validation cible est l'absence de boulettes agglomérées d'hydrocarbure vieilli et de sable.

Avantages et inconvénients

- ✓ Elle permet d'atteindre un haut niveau de propreté.
- ✓ La plupart des équipements sont relativement mobiles.
- ✓ Elle permet de réduire la quantité de déchets à éliminer.
- ✓ Son impact biologique est minime.
- ✗ Les opérations de tamisage à grande échelle requièrent le transfert des matériaux vers le site de tamisage et le retour des produits propres vers la plage.
- ✗ Les opérations à petite échelle impliquent des besoins élevés en main d'œuvre.

Les machines de nettoyage des plages**Principale application**

- Les plages de sable de loisirs contaminées par des résidus générés par le nettoyage manuel, ou des boulettes agglomérées d'hydrocarbure vieilli et de sable. La technique requiert que les littoraux soient accessibles aux véhicules et notamment aux tracteurs et remorques.

Présentation de la méthode

- Les machines de nettoyage des plages sont principalement utilisées pour la collecte des débris laissés par les usagers des plages de loisirs. Elles sont principalement conçues comme des systèmes rotatifs de ratissage ou des systèmes de criblage ou une combinaison de ces deux dispositifs. S'agissant des systèmes de ratissage, des dents sont montées sur une ceinture rotative. Le matériel collecté est soulevé par les dents et acheminé vers une trémie. Dans le cadre du système de criblage, le sable est retiré de la plage sur une épaisseur prédéterminée et acheminé vers un tamis vibrant. Le sable propre passe à travers le tamis pour être de nouveau déposé sur la plage, alors que les débris souillés sont transférés vers une trémie de récupération. Les machines disponibles incluent des dispositifs contrôlés par un piéton et de la taille d'une tondeuse, des systèmes remorqués derrière un tracteur ainsi que les machines automotrices.
- Une autre approche plus efficace sur les surfaces humides et compactes en sable s'articule autour d'un tambour oléophile qui prélève l'hydrocarbure lorsqu'il est appliqué le long de la plage. L'hydrocarbure sur le tambour est alors raclé et acheminé vers un compartiment de stockage.



Une machine de nettoyage des plages tirée par un tracteur

Chronologie

Il s'agit d'une technique de nettoyage final (troisième phase) applicable aux plages de loisirs de sable.

Critère de validation recommandé

Aucune boulettes agglomérées d'hydrocarbure vieilli et de sable n'est visible.

Avantages et inconvénients

- ✓ Elle permet d'atteindre un haut niveau de propreté.
- ✓ Un équipement mobile.
- ✓ De très faibles besoins en main d'œuvre.
- ✓ Elle minimise la quantité de déchet à éliminer.
- ✓ De grandes zones littorales peuvent être traitées relativement rapidement.
- ✓ Son impact biologique est minime.
- ✗ La disponibilité restreinte des machines de nettoyage des plages en dehors des grands stations balnéaires.
- ✗ Les boulettes de goudron sont susceptibles de se morceler durant leur traitement (notamment par temps chaud) générant ainsi de petites boulettes de goudrons se déposant sur la plage.

Hersage/labourage**Principale application**

- Littoraux de sables ou de petits galets soumis à la marée aptes à accueillir la circulation de tracteurs équipés de charrues ou de herses.

Présentation de la méthode

- Plusieurs techniques de nettoyage permettent d'amener les littoraux de sable et de galets à de faibles niveaux de contamination, tout en laissant une texture grasse résiduelle et une odeur d'hydrocarbure. L'utilisation d'équipements agricoles, par ex. des charrues et des herses, afin de retourner et d'aérer les matériaux de la plage, permet généralement d'éliminer rapidement les niveaux résiduels de nuisance de la contamination.
- L'action des équipements de travail des sols est similaire à celle du surf washing, sans toutefois nécessiter un déplacement massif du substrat vers la zone de déferlement. Cette technique permet de ramener les matériaux contaminés de la plage à la surface, favorisant la biodégradation et la dispersion des agrégats minéraux de l'hydrocarbure.
- Il peut être nécessaire de répéter cette technique de « culture » de la plage sur plusieurs cycles de marées consécutifs pour atteindre le critère de validation requis.

Chronologie

Il s'agit d'une technique de nettoyage final (troisième phase) utilisée pour favoriser le nettoyage naturel.

Critère de validation recommandé

Pas d'hydrocarbure, d'hydrocarbure enfoui, d'irisation, de texture grasse visible et pas d'odeur d'hydrocarbure.

Avantages et inconvénients

- ✓ Elle permet d'atteindre un haut niveau de propreté en renforçant les processus naturels.
- ✓ L'équipement requis est largement disponible.
- ✓ Nécessite peu de main d'œuvre.
- ✗ Risque de pertes parmi la faune et la flore.



Le labourage d'un littoral souillé

ITOPF

Le réapprovisionnement en sable

Principale application

- Les littoraux de sable et de galets accessibles au public au pic ou à la veille de la saison touristique, période à laquelle la perte de services de loisirs risque d'avoir des conséquences économiques significatives. Le matériau de remplacement doit correspondre étroitement à celui éliminé, en termes de composition minérale et de taille du grain. Dans le cas où il serait différent de l'original, il est probable qu'il réagisse différemment aux conditions hydrauliques, et il est possible qu'il soit rapidement emporté. Il convient également de prendre en compte la probabilité de réapprovisionnement naturel. La plupart des plages de sable sont constamment en phase d'accrétion et d'érosion et dans des conditions de vents forts ou en présence d'une combinaison de vents et de marées, les profils de la plage sont susceptibles de changer radicalement sur une période de 24 heures. De tels changements peuvent parfois être exprimés sous la forme d'une augmentation ou d'une diminution de la profondeur de sable.
- La technique peut également être envisagée pour les autres littoraux sur lesquels des quantités importantes de matériaux ont été éliminés à la suite des opérations de nettoyage et lorsque la source du réapprovisionnement naturel a été épuisée si bien qu'il est très peu probable que les matériaux soient remplacés sans intervention. La difficulté dans de telles situations est de retrouver localement des matériaux qui correspondent étroitement au matériau original afin d'éviter leur érosion rapide.
- Pour ces motifs, il est important d'admettre que les circonstances dans lesquelles cette technique pourrait être appropriée ou efficace sont très limitées.

Présentation de la méthode

- Le sable ou les galets sont transportés en camion depuis la source locale des matériaux de substitution appropriés et répartis sur la plage soit manuellement soit au moyen d'engins lourds.

Chronologie

Il s'agit d'une opération de nettoyage final (troisième phase) applicable dans des conditions très limitées.

Critère de validation recommandé

Le chantier est recouvert de sable ou de galet propre, et dès lors aucun hydrocarbure n'est visible ; l'hydrocarbure n'est pas enfoui et il n'y a pas d'irisation, de texture grasse ou d'odeur d'hydrocarbure.

Section 4 : Type de littoraux et caractéristiques liées de contamination

Lorsque l'hydrocarbure s'échoue sur le littoral, l'interaction entre l'hydrocarbure et le littoral dépend des caractéristiques de l'hydrocarbure et du type de littoral. Cette section décrit les caractéristiques de la contamination résultant d'une telle interaction et traite des implications du nettoyage sur un ensemble de littoraux représentatifs.

Les zones humides

En général, l'hydrocarbure déposé sur les vasières ne pénètre pas dans le substrat dans la mesure où la nappe phréatique est suffisamment haute pour fournir une protection contre la migration en profondeur des hydrocarbures, y compris les hydrocarbures légers. Il est plus probable que l'hydrocarbure flottera de nouveau et qu'il migrera vers une autre zone. Cependant, il existe trois exceptions. Par exemple, l'hydrocarbure peut pénétrer dans les sédiments vaseux via la tige des plantes détériorées, les terriers des animaux et les trous de vers etc. Alternativement, si l'hydrocarbure était déversé durant une tempête, la mer agitée pourrait soulever et maintenir en suspension des quantités importantes de sédiment qui se mélangeront ensuite avec l'hydrocarbure dispersé. Lorsque la tempête se calme, le mélange d'éléments solides et d'hydrocarbure en suspension est déposé et l'hydrocarbure est incorporé au sédiment. Sans agitation, l'hydrocarbure peut demeurer dans le sédiment soumis à un processus de dégradation anaérobie lente à moins qu'une autre tempête de la même envergure provoque sa remobilisation. Deux exemples fort bien documentés de ce phénomène, qui sont souvent cités, concernent le sinistre de la barge *Florida* (Massachusetts, États-Unis, 1969) et le sinistre du *Braer* (Shetland, Royaume-Uni, 1993). Lors du sinistre de la barge *Florida*⁵, les traces d'un hydrocarbure incorporé au sédiment d'un marécage ont été observées deux décennies après le sinistre. Dans le cas du *Braer*,⁶ les mélanges hydrocarbure/sédiment représentant environ 30 % de l'hydrocarbure déversé ont été incorporés aux sédiments des îles Shetland, dont une part substantielle a été retrouvée dans les fonds marins près de l'île de Fair, à quelques 120 kilomètres du site du déversement.

Alors qu'une lutte en pleine mer peut réduire la quantité d'hydrocarbure approchant des zones humides, la vaste superficie de tels habitats rend leur protection plus difficile. Cependant, la mise en place de barrières à travers les principales embouchures peut parfois permettre de restreindre la quantité d'hydrocarbure pénétrant dans la zone humide. Dans certains cas, lorsque les digues mises en

place sont confrontées à un flux hydraulique puissant, il est recommandé de laisser passer l'eau à travers la digue tout en retenant l'hydrocarbure. Pour les marais salants, de la paille, des filets et des coquilles d'huîtres ont été utilisés avec un certain succès, il convient cependant de prêter attention aux courants des marées auxquels de telles protections devront résister.

Sur les côtes vaseuses souillées, le défi le plus important est présenté par l'hydrocarbure piégé dans la végétation, par exemple dans les systèmes de racines d'une mangrove située dans une région tropicale, ou dans la végétation d'un marais salant d'une zone tempérée. Dans la plupart des cas, des considérations environnementales plutôt que socio-économiques sont prises en compte, la question se posant ici étant de savoir comment réduire l'impact du déversement tout en prenant soin de ne pas faire plus de mal que de bien

Exemple d'une barrière de coquilles d'huîtres



TOBT

⁵ Teal, J. M. et al., (1992). ⁶ Davies, J. M. and Topping, G. (eds) (1997).

en intervenant au sein de ces habitats vulnérables. D'une part, laisser l'hydrocarbure à sa place pourrait entraîner la mortalité des plantes et des animaux évoluant dans de tels habitats alors que d'autre part, les opérations de nettoyage elles-mêmes pourraient causer des dommages aux habitats, retardant la régénération et conduisant à des dommages à long terme. Pour ces motifs, les zones humides souillées sont souvent abandonnées aux processus de régénération naturelle.

Mangroves

Les mangroves sont connues comme étant très sensibles aux effets des déversements d'hydrocarbure, en fonction du type d'hydrocarbure déversé. L'expérience a montré que, de manière générale, les produits légers raffinés sont plus nocifs que les hydrocarbures bruts qui eux-mêmes sont plus nocifs que les fiouls lourds. Le type de sédiment semble également avoir une incidence sur le niveau de dommage subi, les mangroves situées dans les sédiments fins (boues) étant plus sensibles que celles situées dans les sédiments grossiers. Ces observations nous montrent que si les hydrocarbures épais peuvent être éliminés manuellement en faisant preuve d'attention, les efforts visant à éliminer les produits raffinés plus légers doivent être déployés le plus tôt possible afin de déplacer l'hydrocarbure des mangroves vers le large où il pourra être récupéré.



Nettoyage manuel d'un déversement de fioul lourd dans les mangroves.

Les marais salants

L'expérience acquise à la suite de plusieurs accidents, notamment le sinistre de l'*Amoco Cadiz* (Bretagne, France, 1978) a pendant des années constitué la source principale d'informations des intervenants sur les dommages générés par les opérations de nettoyage excessives mises en œuvre dans les marais salants. L'utilisation d'équipements lourds, la supervision déficiente de la main d'œuvre et l'élimination des sédiments contaminés ont généré des dommages à long terme résultant du piétinement, de la détérioration des systèmes racinaires et de l'érosion consécutive. L'élimination manuelle étroitement supervisée associée à l'utilisation de caillebotis afin d'éviter la compression du substrat, le brûlage contrôlé in-situ et la coupe de la végétation contaminée ont été mis en œuvre avec des issues différentes. La viabilité de la coupe ou du brûlage de la végétation souillée dépend de la période de l'année durant

lequel le déversement est survenu et du type d'hydrocarbure déversé. À la fin de l'année, lorsque la végétation dépérit, la coupe et le brûlage pourrait s'avérer moins dommageable qu'au printemps, lorsque de nouvelles pousses apparaissent. De manière générale, la coupe de la végétation n'a pas permis d'accélérer les taux de régénération sauf pour les cas de déversements de fioul lourd ou d'hydrocarbures bruts épais. Les brûlages contrôlés in-situ s'appliquent uniquement aux hydrocarbures légers et moyens dans la mesure où les hydrocarbures épais tendent à mal brûler. Le brûlage contrôlé est plus efficace lorsqu'il est mis en œuvre immédiatement après que l'hydrocarbure s'est échoué et avant que l'hydrocarbure ne pénètre dans le substrat du marais. Il est probable que l'hydrocarbure situé à l'intérieur du substrat résiste au brûlage. L'avantage du brûlage par rapport à la coupe réside dans le fait qu'il requiert moins d'intervention au sol, bien qu'il représente un risque plus important pour la faune vivant ou trouvant refuge au sein des marais, d'autant plus qu'il peut être difficile de contrôler l'incendie et de le confiner dans la zone souillée ; dans plusieurs cas de brûlage de végétation souillée de marais, des zones importantes de marais non souillées ont également été brûlées.

Restauration

Pour les marais salants et les mangroves, après que la contamination apparente a été éliminée et l'hydrocarbure résiduel a vieilli avec la dissipation des composés toxiques, le replantage a permis une augmentation des taux de régénération. Cependant, les programmes de replantage et notamment ceux concernant les mangroves, doivent être comparés au potentiel de recolonisation naturelle depuis les arbres survivants environnants. Ceci permet d'assurer le maintien de la biodiversité dominante de la mangrove et de la répartition écologique (par opposition au plantage de rangées d'une espèce unique).

Si, à la suite d'une telle évaluation, le replantage s'avérait être une mesure de régénération appropriée, il conviendra de se procurer des semis saines des espèces appropriées, soit depuis les zones intactes ou par culture des semis en pépinière. Les semis sont plantés en prenant soin de les entourer d'une grande quantité de sédiment intact de bonne qualité, afin de garantir une bonne croissance avant que les racines ne se développent jusqu'aux sédiments contaminés.

Les plages de sable

Les hydrocarbures enfouis

Alors que les hydrocarbures tendent à pénétrer plus facilement le sable sec et grossier, le sable fin forme des plages humides et compactes qui ne se prêtent guère à la pénétration de l'hydrocarbure. Cependant, comme mentionné ci-dessus, si de l'hydrocarbure est laissé à la surface de la plage et n'est pas éliminé en temps utile, il est susceptible d'être recouvert par le sable sous l'action du vent ou par l'ensablement naturel. Les profils de plage peuvent changer considérablement en l'espace de quelques heures dans des conditions maritimes spécifiques, avec des couches de sable d'un mètre ou plus pouvant être déplacées d'un site vers un autre. L'existence de quantités significatives d'hydrocarbure enfoui peut être établie en creusant un ensemble de trous d'exploration afin de se faire une idée de l'ampleur du phénomène. Une fois constatée, il convient de se demander dans un premier temps si les processus qui ont conduit à l'enfouissement de l'hydrocarbure sont susceptibles de provoquer son élimination rapide et si le sable sera déplacé plus rapidement dans le cadre des processus naturels que dans le cadre des opérations de nettoyage. Cela dépend des conditions météorologiques et en mer, mais aussi de l'existence d'un cycle prévisible de dépôt et d'accumulation. Si l'hydrocarbure était enfoui lors d'une tempête, il est probable qu'une autre tempête sera nécessaire pour l'éliminer ; c'est également dans de telles conditions que l'hydrocarbure libéré sera dispersé rapidement. Cependant, si la zone dans laquelle l'hydrocarbure est enfoui était vaste ou s'il était vraisemblable qu'il demeure enfoui sur la plage pendant un certain temps, et si des considérations environnementales, ou plus

probablement des considérations liées aux loisirs, justifiaient son élimination, il conviendra de cartographier son étendue et de procéder à son élimination.

La cartographie de l'hydrocarbure enfoui implique des observations méthodiques au moyen de transects établis au travers de la plage, perpendiculairement au bord de l'eau, lors des marées basses. Des trous sont creusés à des intervalles définis le long de chaque transect, ou une tranchée est creusée sur toute la longueur ; la présence d'un hydrocarbure, sa profondeur en-dessous de la surface et l'épaisseur de la couche d'hydrocarbure sont dûment consignés. La séparation entre les transects dépend de l'étendue estimée de la zone ; en outre, des nouveaux transects doivent être ajoutés si des veines d'hydrocarbure s'infiltrent entre les transects. En interpolant entre les transects, une représentation tridimensionnelle de l'hydrocarbure enfoui peut être élaborée (Figures 7 et 8).

Les options d'élimination de l'hydrocarbure enfoui consistent notamment à retirer la couche intacte et la déposer sur le côté afin d'exposer la bande d'hydrocarbure enfoui afin de permettre sa collecte et son évacuation de la plage aux fins d'élimination. Une autre option consiste à transporter la bande d'hydrocarbure enfoui vers le bord de l'eau en vue de son lavage par surf washing. S'il est relativement proche de la surface, l'hydrocarbure peut être remobilisé via le hersage et le labourage, ou en utilisant des lances afin de le libérer et de le pousser vers le bord de l'eau où il pourra être récupéré à l'aide de récupérateurs et d'absorbants.



©Shutterstock.com

Collecte de l'hydrocarbure sur une plage de sable ; l'hydrocarbure laissé à la surface est susceptible d'être enfoui par le sable sous l'action du vent ou suivant un processus d'ensablement naturel.

Figure 7 Diagramme simplifié d'une observation d'hydrocarbure enfoui

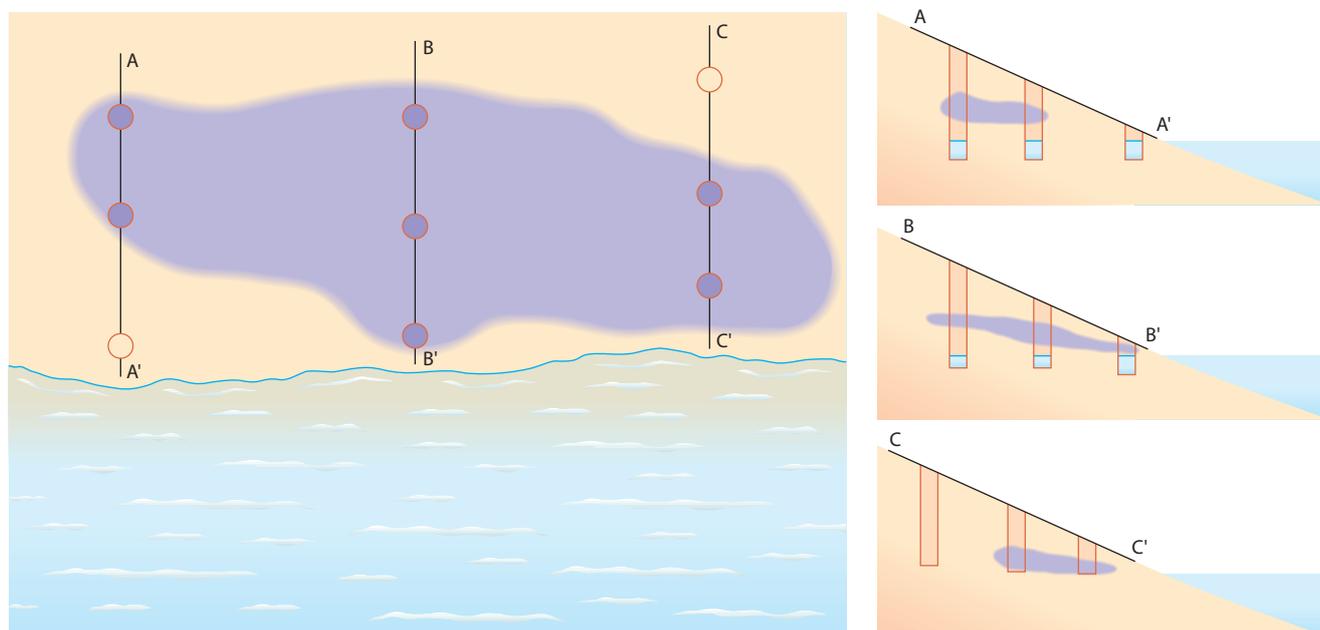


Figure 8 Exemple de diagramme établi lors de l'observation d'un hydrocarbure enfoui

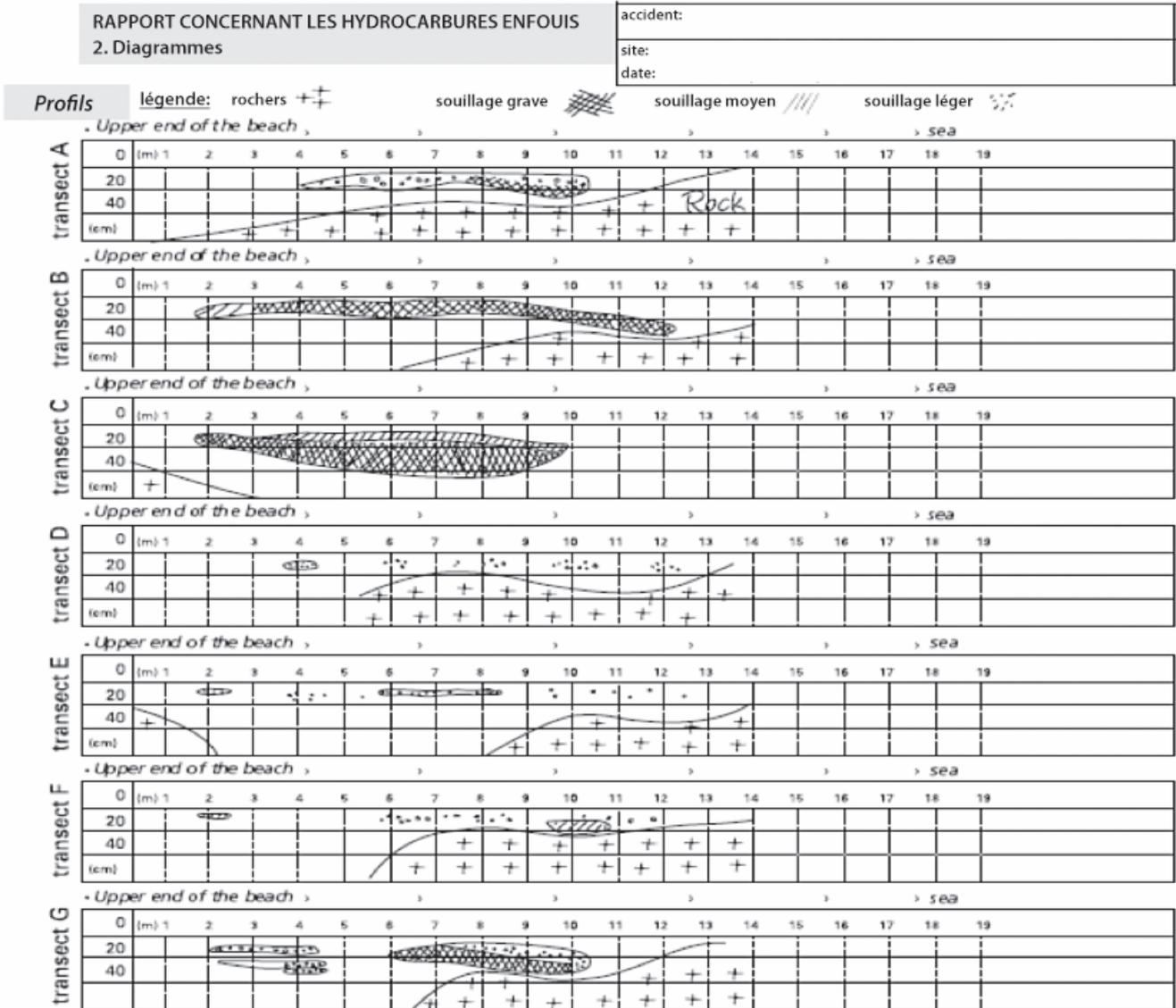
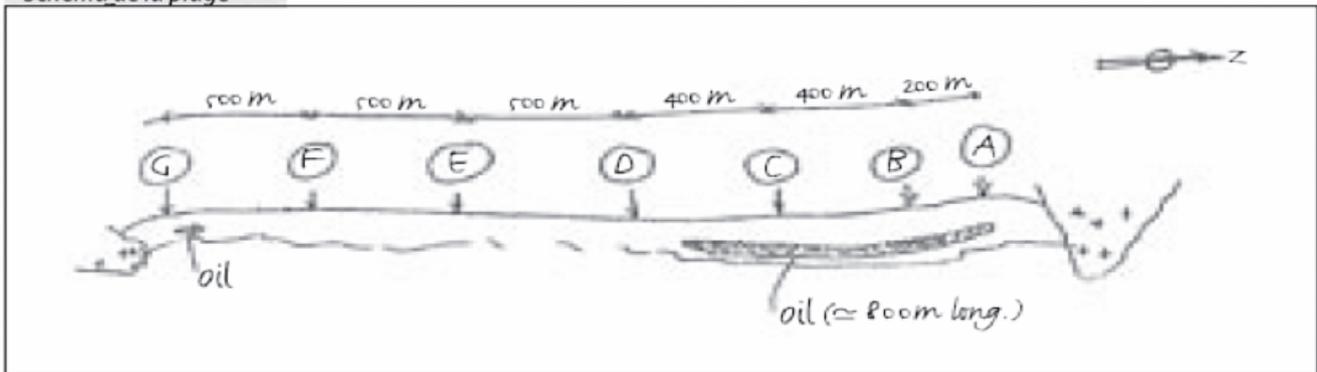


Schéma de la plage



Le cycle « échoué – coulé – échoué »

Une autre caractéristique couramment observée de l'hydrocarbure s'échouant sur des plages de sable grossier, particulièrement dans le cas d'hydrocarbures épais ou vieillis, est qu'ils pénètrent suffisamment pour former un agglomérat fragile d'hydrocarbure et de sable. Une élévation subséquente du niveau de l'eau provoquée par des tempêtes, les marées ou les vents côtiers est susceptible de déplacer des matériaux vers la mer où ils couleront en raison de la densité supplémentaire du sable incorporé. En fonction des conditions dans lesquelles il a été emporté du littoral, le mélange d'hydrocarbure et de sable est susceptible de demeurer dans la partie inférieure des eaux côtières. Par exemple, si l'hydrocarbure était déplacé de la plage pendant une tempête, les mêmes conditions en mer seront nécessaires pour le ramener vers le littoral. S'agissant des agglomérats moins stables, les températures plus élevées en journée et l'agitation consécutive au déferlement des vagues sur le littoral peuvent être suffisantes pour libérer une quantité d'hydrocarbure, lui permettant de flotter vers la surface de l'eau et de s'échouer de nouveau (Figure 9).

Pour rompre le cycle d'échouements, coulages et libérations récurrents de l'hydrocarbure, l'hydrocarbure doit être éliminé du système. Trois options existent en fonction de la profondeur de l'eau dans laquelle le mélange hydrocarbure/sable s'est déposé. L'option la plus simple consiste peut-être à éliminer systématiquement l'hydrocarbure dès qu'il s'échoue afin que, au fil du temps, la quantité d'hydrocarbure susceptible d'aller s'échouer diminue. Une seconde option, qui est plutôt applicable en eaux profondes, consiste à engager des plongeurs pour récupérer l'hydrocarbure manuellement depuis les fonds marins. Lors d'un accident durant lequel cette technique a été mise en œuvre, une nouvelle approche consistait à inciter à la récupération des matériaux les plus contaminés en indemnisant l'entreprise de plongée en fonction de la valeur calorifique du mélange hydrocarbure / sable récupéré. Une troisième solution consiste, si les conditions en mer et les profondeurs de l'eau le permettent, à utiliser des excavatrices semi-amphibies afin de soulever l'hydrocarbure ayant coulé près des côtes.

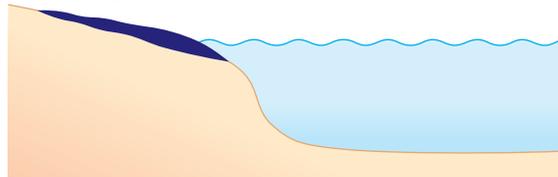
Les cailloux et les galets

Pénétration de l'hydrocarbure dans les littoraux de cailloux et de galets

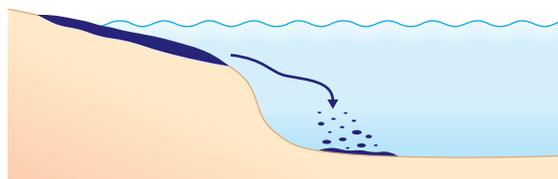
Il s'agit d'un des types de littoraux les plus difficiles à nettoyer car l'hydrocarbure et notamment les hydrocarbures plus légers comme les hydrocarbures bruts, sont en mesure de pénétrer profondément dans ce type de substrat. La structure libre permet à l'eau de se déplacer sans contraintes à travers le substrat et, à la baisse du niveau des eaux, l'hydrocarbure flottant à la surface de l'eau suit ce mouvement à travers les galets. Les littoraux très contaminés peuvent être rincés pour forcer l'écoulement de l'hydrocarbure liquide vers des tranchées ou d'autres points de collecte en vue de la récupération à l'aide de récupérateurs, de pompes et d'absorbants. Sur les côtes tidales exposées, une approche passive du nettoyage articulée autour des serpillières absorbantes composées de filets au maillage fin a été appliquée avec succès pour collecter les hydrocarbures les plus épais.

Figure 9 Le cycle « échoué – coulé – échoué »

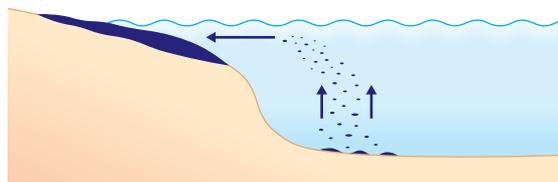
(a) échouement d'hydrocarbure épais sur une plage de sable grossier



(b) le mélange hydrocarbure / sable est emporté du littoral et coule



(c) Sous l'effet de l'agitation des vagues et des températures plus élevées, l'hydrocarbure est libéré et flotte à la surface pour s'échouer de nouveau sur le littoral



La technique la plus efficace de traitement de l'hydrocarbure qui a pénétré dans les galets est le lavage par surf washing, cependant, comme le nom l'implique, l'efficacité de la technique nécessite un littoral agité présentant une puissante action des vagues. L'hydrocarbure libéré est largement dispersé par l'interaction avec les particules minérales (*Oil-Mineral- Aggregate* (OMA) en anglais) cependant, de l'hydrocarbure non-aggloméré est également susceptible d'être libéré et devra être récupéré à l'aide d'absorbants. Comme la répartition des cailloux et des galets est déterminée par l'énergie des vagues à laquelle le littoral est exposé, il peut être nécessaire de répartir les grands cailloux et galets déjà nettoyés plus haut sur le littoral et à une certaine distance du bord de l'eau, afin de maintenir le profil initial du littoral.

Une autre approche qui est plus adaptée aux zones dans lesquelles l'action des vagues est moins vigoureuse consiste à utiliser des lances et à orienter les jets d'eau sur les substrats pour déloger l'hydrocarbure piégé entre les pierres. Cette technique est généralement combinée avec un rinçage à basse pression afin d'acheminer l'hydrocarbure libéré vers le bord de l'eau en vue de sa récupération.

Une technique alternative dans les zones où l'énergie des vagues est insuffisante pour permettre un surf washing consiste à transporter les galets souillés vers un site où les galets seront lavés en groupe dans des bétonnières. Si le matériau doit être retourné sur le même site après son lavage, il est important de s'assurer du suivi de chaque lot. Si le produit nettoyé est alors déposé au bord de l'eau, la texture grasse qui subsiste souvent après le déchargement de la bétonnière sera vite dissipée.

Les tentatives de lavage des cailloux et des galets dans le cadre d'un processus continu, plutôt que dans le cadre d'un traitement par lots, au moyen d'une installation industrielle de traitement des minéraux, ont rencontré un succès mitigé avant tout en raison des difficultés provoquées par l'accumulation de fines particules de sable. En outre, les équipements sont volumineux et donc difficiles à déplacer après avoir été installés. Même si les difficultés pratiques étaient surmontées, le transport entre la source des matériaux à laver et l'installation de traitement déterminera si l'approche est viable.

Revêtements d'asphalte

L'hydrocarbure échoué sur une plage de galets peut, après son vieillissement, se transformer en revêtement d'asphalte ainsi nommé car l'agglomérat d'hydrocarbure altéré et de galets forme une surface persistante rappelant le macadam. Il est résistant à l'action des vagues, si bien que l'hydrocarbure situé en-dessous de cette couche protectrice est piégé à l'intérieur du substrat de la plage où il est susceptible de demeurer dans le même état presque indéfiniment. La dégradation de l'hydrocarbure surviendra lentement dans la mesure où il n'est exposé ni à l'air, ni à la lumière. Une fois la couche de surface brisée, et si nécessaire déplacée en vue de son élimination, l'hydrocarbure situé dans la couche sous-jacente peut-être rincé ou le matériel transporté vers un poste de lavage en vue de son traitement.

Les falaises et les baies rocheuses

Dans de nombreux cas, la base d'un front de falaise n'est que très difficilement accessible et peut représenter un environnement de travail extrêmement dangereux. Généralement, les falaises et les baies rocheuses inaccessibles sont très exposées si bien qu'il est judicieux de les laisser se nettoyer naturellement sauf si des raisons impérieuses s'y opposaient. À moins que l'hydrocarbure ait été projeté à des hauteurs extrêmes dans des conditions météorologiques exceptionnelles et qu'il ne puisse dès lors être atteint par la mer dans des conditions normales, les tâches résiduelles devraient s'estomper significativement après deux ou trois cycles saisonniers. Cependant, si le nettoyage s'avère nécessaire, par exemple en raison d'enjeux environnementaux spécifiques, de l'accessibilité au public ou de la visibilité depuis les sites de loisirs importants sur le plan commercial, il conviendra de faire preuve d'extrêmes précautions en matière de sécurité. De telles précautions sont vitales dans la gestion des

dangers comme la chute de pierres ou le risque d'encerclement par la marée ou des vagues puissantes, ou tout simplement afin de s'assurer que le personnel puisse être secouru en toute sécurité en cas de blessures au travail.

Le ramassage des ordures dans une telle zone constitue une préoccupation supplémentaire. Si un accès à pied est possible, les déchets mis en sac peuvent être passés de main en main dans une chaîne humaine. En fonction de la configuration du front de falaise ou de la baie rocheuse, la mise en place d'une tyrolienne pourrait constituer une alternative possible ; en outre, une grue située au sommet de la falaise peut être utilisée pour faire descendre le personnel sur le chantier et pour extraire les déchets contaminés. Dans le cas où une quantité substantielle de déchets devrait être éliminée, une approche depuis la mer devra être envisagée ; cependant, même dans des conditions météorologiques clémentes, la houle peut représenter un risque important, notamment eu égard aux rochers submergés, fréquents au pied des falaises. Des hélicoptères de transport lourd ont été utilisés en l'absence d'autres options. Cependant, en raison des contraintes inhérentes à la récupération des déchets par les airs ou la mer, et pour garantir une utilisation efficace de ces ressources, la récupération des déchets devra, dans la mesure du possible, s'effectuer en une seule fois. Il convient en outre de sélectionner un site approprié sur lequel les déchets peuvent être rassemblés et stockés en toute sécurité jusqu'à leur collecte ; un tel site doit être accessible depuis la mer ou les airs en fonction de l'option choisie.

Les ports

L'une des principales préoccupations lors des activités dans les ports, est que le nettoyage soit géré de façon à minimiser les perturbations des activités portuaires. Cependant, une fois l'hydrocarbure en vrac flottant dans un port récupéré, le nettoyage des parois des quais sera, en principe, relativement facile. D'autre part, la tâche peut être plus difficile lorsque l'hydrocarbure dérive sous des quais suspendus ou sur pilotis.

L'hydrocarbure mobile migrant en-dessous des quais est susceptible de constituer une source de contamination et d'irisation continue, sous l'action des courants générés par les mouvements des navires. Il est possible de positionner les bateaux d'une façon spécifique et d'utiliser les hélices pour repousser l'hydrocarbure libre situé sous le quai afin de permettre sa récupération depuis la surface de l'eau. Les résidus persistants peuvent nécessiter une intervention physique. Si les équipes de nettoyage sont en mesure d'accéder à la zone située en-dessous du quai, il convient de bien évaluer certaines difficultés comme celles liées à la ventilation et aux marées montantes et descendantes. Dans les zones présentant d'importantes amplitudes de marée, il peut être possible de travailler depuis la surface de l'eau à certaines phases de la marée ou depuis des plateformes hydrauliques (par ex. des nacelles articulées pouvant se déployer au-dessous du niveau de l'unité de base) opérant depuis la partie supérieure du quai.

Dans les ports, le lavage à haute pression d'eau chaude constitue pratiquement l'unique technique utilisée pour nettoyer les hydrocarbures résiduels des quais et des postes d'accostage en combinaison avec des barrages côtiers, des récupérateurs ou des absorbants afin de confiner l'hydrocarbure libéré. Cependant, comme pour l'élimination de l'hydrocarbure sur les structures en béton, l'eau chaude appliquée à haute pression peut également permettre d'éliminer la couche protectrice superficielle, exposant les matériaux moins résistants situés en-dessous. Il est dès lors conseillé d'ajuster les températures et les pressions dans une zone d'essai avant d'entreprendre une opération à grande échelle.

Dans de nombreux ports, des résidus variés comme les mélanges de sédiments, d'algues et d'anciens résidus souillés tendent à s'accumuler le long de la ligne d'eau aux mêmes endroits que l'hydrocarbure déversé. Lorsque l'hydrocarbure est éliminé par recours à la technique de lavage à haute pression d'eau

chaude, ces dépôts tombent dans l'eau, coulent, et peuvent devenir une source d'irisation persistante. Afin d'éviter cela, il est conseillé d'avoir recours à des filets, des barrières d'absorbants ou un dispositif de gouttière afin de capturer ces matériaux ainsi lessivés.

Les débris marins souillés, comme les mollusques et les algues incorporés aux surfaces des structures portuaires ou sous les quais, peuvent également constituer une source d'irisation continue. S'ils sont accessibles, ces encrassements biologiques peuvent en principe être grattés sans trop de difficultés, l'hydrocarbure étant éliminé au passage. Comme mentionné ci-dessus, le matériel éliminé de cette façon doit être capturé avant de tomber dans l'eau, par exemple à l'aide de filets ou en travaillant depuis un ponton flottant sur lequel les débris qui tombent peuvent être collectés et mis en sac.

Les protections côtières

La grande variété de protections côtières, comme les rochers brisés ou les enrochements, les tas de pierre, les gabions, les blocs de béton de différents types (tétrapodes, dolos, xblocs, acropodes, etc.) qui sont utilisés pour construire des revêtements ou des brise-lames sont très difficiles à nettoyer. Elles sont conçues pour absorber l'énergie des vagues en constituant une barrière perméable, permettant à l'eau de passer tout en dissipant son énergie. Malheureusement, cela permet aussi à tous les types de déchets flottant à la surface de se loger à l'intérieur des structures ouvertes et à l'hydrocarbure flottant de se déplacer librement à l'intérieur de la protection. Les débris piégés agissent comme des matériaux absorbants, retenant l'hydrocarbure et constituant une source continue de libération de l'hydrocarbure et d'irisation qui s'estompera lentement avec le temps.

En mettant en œuvre les mesures appropriées de sécurité (par ex. identifier le risque de chute sous l'action des vagues, de glissement sur les surfaces souillées et de chute dans les trous situés entre les blocs), la face extérieure de ces structures peut être nettoyée avec un lavage à haute pression. Cependant, le nettoyage à l'intérieur des structures s'avère bien plus difficile. Lorsqu'il est possible de pénétrer en toute sécurité dans la structure, il peut être possible d'enlever la plupart des débris contaminés, et donc d'éliminer la source d'écoulement de l'hydrocarbure. Même après l'élimination de la plupart des débris, une quantité d'hydrocarbure persistant peut continuer de s'écouler pendant un certain temps. Des lances de rinçage peuvent être utilisées pour chasser l'hydrocarbure hors de la structure ; dans les climats tempérés à l'approche de l'été, une approche passive pourra être envisagée dans la mesure où les températures plus élevées de la mer facilitent le rinçage naturel de l'hydrocarbure persistant. Il peut être judicieux de laisser l'hydrocarbure libéré se dissiper naturellement ou d'utiliser un dispositif d'absorbants pour le récupérer.

La technique de nettoyage sélectionnée dépendra du degré de contamination et du niveau d'irisation produit, mais avant tout des types de services fournis par le littoral adjacent. Le nettoyage passif à l'aide d'absorbants est susceptible de constituer une solution appropriée dans certaines circonstances, cependant, dans les situations dans lesquelles les irisations affectent un prestigieux complexe touristique ou un centre d'aquaculture, il peut être judicieux d'envisager des mesures plus radicales. Dans des circonstances extrêmes, une option consiste à démonter la structure durant l'été, lorsque le besoin en termes de protection côtière est moins impérieux et de transférer les pièces vers un poste de nettoyage ; après le nettoyage, les pièces peuvent être restituées puis de nouveau assemblées. La viabilité économique de cette méthode dépend du risque de conséquences commerciales significatives qui devront être mis en balance avec le coût d'une telle opération. Dans les pays où les protections côtières constituent une partie importante de l'infrastructure côtière et que la manipulation de blocs est effectuée régulièrement, il est probable que les équipements nécessaires seront facilement disponibles si bien que les coûts pourraient ne pas être prohibitifs. Cependant, dans de nombreux pays, l'installation de protections côtières représente une opération exceptionnelle de génie civil d'une importance considérable, le coût de démontage étant dans de telles conditions considéré comme disproportionné.

Résumé

Le nettoyage du littoral constitue l'aspect de la lutte contre les déversements d'hydrocarbures le plus visible, son succès dépendant souvent de la façon dont il perçu par le public. Cela dépend en général de la capacité de l'équipe de gestion de l'accident à interagir et communiquer avec le public et les médias, et à expliquer les mesures mises en œuvre et fournissant des informations actualisées sur les progrès mais aussi sur les revers subis. Dans de nombreuses situations, l'intérêt du public se focalisera sur les effets du déversement sur l'environnement et les efforts déployés en vue de la réhabilitation de la faune souillée. L'équipe de gestion de l'accident devra déployer tout autant d'efforts pour définir les stratégies de lutte appropriées, gérer les bénévoles, et superviser de manière efficace une main d'œuvre importante et les différents types d'équipements nécessaires pour nettoyer le littoral.

Les techniques de nettoyage sélectionnées doivent être étayées par une NEBA qui fournit un processus de mise en regard des préoccupations écologiques face aux sollicitations du littoral pour les activités humaines. Dans le cadre de la NEBA, les techniques susceptibles d'obtenir une note élevée sont celles permettant de réduire les quantités de déchets devant être éliminées ; il s'agit souvent des techniques impliquant une collecte manuelle plutôt que mécanique du sédiment contaminé. Dans les conditions appropriées, les techniques ne prônant pas la collecte de l'ensemble des matériaux de la plage, comme le surf washing, sont susceptibles d'obtenir des notes plus élevées.

Les aptitudes et les capacités de l'équipe de gestion seront pleinement testées pour atteindre les critères de validation convenus et pour parvenir à un consensus sur l'arrêt des opérations de lutte menées sur le littoral. Les autorités et leurs représentants participant à la lutte contre un déversement devront prendre acte de telles pressions. Finalement, une lutte réussie et efficace nécessite l'implication de toutes les parties concernées contribuant de manière active et constructive à la lutte et poursuivant l'objectif commun de réduction de l'impact du déversement d'hydrocarbure, que ce soit sur l'environnement ou sur les communautés touchées.

Références

Alejandro, Cdr. Anthony C. and Buri, Lt. Cdr. Jack L. (1987). M/V Alvenus: Anatomy of a Major Oil Spill. In *International Oil Spill Conference Proceedings*, April 1987, Vol. 1987, No. 1, pp. 27–32.
doi: <http://dx.doi.org/10.7901/2169-3358-1987-1-27>

Cedre (2006). *Reconnaissance de sites pollués par des hydrocarbures : Guide opérationnel sur l'évaluation de la pollution du littoral*. 42p Centre de documentation, de recherche et d'expérimentation sur la pollution accidentelle des eaux. <http://wwz.cedre.fr/en/Our-resources/Documentation/Operational-guides/Surveying-Sites>

Cedre (2013a). *Oiled Shoreline Cleanup Manual*. 62 p. Préparé par le Cedre (Centre de documentation, de recherche et d'expérimentation sur la pollution accidentelle des eaux), en collaboration avec tous les partenaires du projet, pour le projet POSOW (Preparedness for Oil-polluted Shoreline Cleanup and Oiled Wildlife Interventions), un projet coordonné par le Centre régional de la lutte d'urgence contre la pollution marine pour la mer Méditerranée (REMPEC). www.posow.org/documentation/manual

Davies, J. M. and Topping, G. (editors) (1997). *The impact of an oil spill in turbulent waters: The Braer*. Proceedings of a symposium held at the Royal Society of Edinburgh, 7–8 September 1995. Stationery Office, Edinburgh, UK.

IPIECA/IMO/IOGP (2012). *Sensitivity mapping for oil spill response*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport de l'IOGP 477. <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2012). *Oil spill responder health and safety*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport de l'IOGP 480. <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2014a). *Exercices de réponse aux déversements d'hydrocarbures*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport de l'IOGP 515. <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2014b). *A guide to oiled shoreline assessment (SCAT) surveys*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport 504 de l'IOGP. <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2014c). *Élaborer une stratégie de lutte sur le fondement d'une analyse des avantages environnementaux nets (NEBA)*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport de l'IOGP 527. <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2014d). *Réduction et gestion des déchets des hydrocarbures déversés*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport de l'IOGP 507. <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2015a). *Contingency planning for oil spills on water*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport de l'IOGP 519. <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2015b). *At-sea containment and recovery*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport de l'IOGP 522. <http://oilspillresponseproject.org>

IPIECA-IOGP (2016). *Incident management system for the oil and gas industry*. Série de guides de bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Rapport de l'IOGP 517. <http://oilspillresponseproject.org>

ISPRA (2013). *Oil Spill Volunteer Management Manual*. 56 p. Préparé par l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), en collaboration avec tous les partenaires du projet, pour le programme POSOW (Preparedness for Oil-polluted Shoreline Cleanup and Oiled Wildlife Interventions), un projet coordonné par le Centre régional de la lutte d'urgence contre la pollution marine pour la mer Méditerranée (REMPEC). www.posow.org/documentation/manual

MCA (2007). *The UK SCAT Manual—Shoreline Cleanup Assessment Technique: A Field Guide to the Documentation of Oiled Shorelines in the UK*. Adapted and reproduced from Owens, E. H. and Sergy, G. A. (2004), *The Arctic SCAT Manual: A Field Guide to the Documentation of Oiled Shorelines in Arctic Environments*. Environment Canada, Edmonton, AB, Canada, by Jon Moore, Coastal Assessment, Liaison & Monitoring for the UK Maritime & Coastguard Agency. Avril 2007.

Moller, T. H., Parker, H. D. and Nichols, J. A. (1987). Comparative Costs of Oil Spill Cleanup Techniques. In *International Oil Spill Conference Proceedings*, April 1987, Vol. 1987, No. 1, pp. 123-127. doi: <http://dx.doi.org/10.7901/2169-3358-1987-1-123>

NOAA (2015). *M/V Alvenus*. Incident News website, National Oceanic and Atmospheric Administration. <http://incidentnews.noaa.gov/incident/6267>

Sell, D., Conway, L., Clark, T., Picken, G. B., Baker, J. M., Dunnet, G. M., McIntyre, A. D. and Clark, R. B. (1995). Scientific Criteria to Optimize Oil Spill Cleanup. In *International Oil Spill Conference Proceedings*, February–March 1995, Vol. 1995, No. 1, pp. 595-610. doi: <http://dx.doi.org/10.7901/2169-3358-1995-1-595>

Teal, J. M., Farrington, J. W., Burns, K. A., Stegeman, J. J., Tripp, B. W., Woodin, B. and Phinney, C. (1992). The West Falmouth oil spill after 20 years: Fate of fuel oil compounds and effects on animals. In *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 24, Issue 12, pp. 607–614. www.sciencedirect.com/science/article/pii/0025326X9290281A

Lectures recommandées

American Petroleum Institute (2013). *Oil Spills in Marshes. Planning and Response Considerations*. Rapport Technique API 1146. 102 p. www.oilspillprevention.org/~media/oil-spill-prevention/spillprevention/r-and-d/shoreline-protection/1146-oil-spills-in-marshes.pdf.

Cedre (2013). *Oiled Shoreline Assessment Manual*. 48 p. Préparé par le Cedre (Centre de documentation, de recherche et d'expérimentation sur la pollution accidentelle des eaux), en collaboration avec tous les partenaires du projet, pour le programme POSOW (Preparedness for Oil-polluted Shoreline Cleanup and Oiled Wildlife Interventions), un projet coordonné par le Centre régional de la lutte d'urgence contre la pollution marine pour la mer Méditerranée (REMPEC). www.posow.org/documentation/manual

- Dicks, B., Parker, H., Purnell, K. and Santner, R. (2002). *Termination of Shoreline Cleanup – A Technical Perspective*. Document présenté au séminaire du CEDRE, 'Technical Lessons Learnt from the Erika Incident and Other Spills', 13-15 mars 2002, Brest, France. www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/termination-of-shoreline-cleanup-a-technical-perspective-2002
- Environment Canada (2010). *A Field Guide to Oil Spill Response on Marine Shorelines*. Préparé pour Environment Canada par E. H. Owens et G. A. Sergy. 223 p.
- Environment Canada (2007). *Guidelines for Selecting Shoreline Treatment Endpoints for Oil Spill Response*. Préparé pour Environment Canada par G. A. Sergy et E. H. Owens. 27 p. http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/ec/En4-84-2008-eng.pdf
- Communauté européenne (2006). Directive 2006/7/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive 76/160 /CEE.
- Foundation for Environmental Education (FEE) (2014). *Critères du Pavillon Bleu pour les communes et les plages*. www.blueflag.org/menu/criteria/beaches/beach-criteria-and-expl-notes-2014.
- IMO (2009). *Manuel OMI/PNUE sur l'évaluation des dommages causés à l'environnement par les déversements d'hydrocarbures en mer et la restauration du milieu* www.witherbyseamanship.com/imounep-guidance-manual-2009-560.html
- Oil Spill Response Limited (2015). *Inland Operations Field Guide*. www.oilspillresponse.com/technical-library/inland-operations-field-guide
- Oil Spill Response Limited. *Shoreline Operations Field Guide*. www.oilspillresponse.com/technical-library/shoreline-operations-field-guide
- ITOPF Guides d'Informations Techniques 1 à 17. www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/technical-information-papers
- Tucker, A. et O'Brien, M. (2011). Volunteers and Oil Spills – A Technical Perspective. In *International Oil Spill Conference Proceedings*, March 2011, Vol. 2011, No. 1, pp. abs273. doi: <http://dx.doi.org/10.7901/2169-3358-2011-1-273>.

Annexe 2 : Exemple de fiche de chantier quotidienne

UNE FICHE PAR CHANTIER

COMMUNE :

SITE :

DATE :

doit être envoyée chaque soirnuméro de télécopie :courriel :

PERSONNEL		TECHNIQUES ^[2]	ÉQUIPEMENTS UTILISÉS			DÉCHETS POLLUÉS		COMMENTAIRES SUPPLÉMENTAIRES	BESOINS RESENTIS POUR LE LENDEMAIN
NOMBRE	ORIGINE ^[1]		QUANTITÉ	TYPE ^[3]	ORIGINE ^[1]	QUANTITÉ ^[m3]	NATURE ^[4]	INCIDENTS, PANNES, ÉQUIPE CHANGEMENTS	PERSONNEL/ÉQUIPEMENT

ORIGINE ^[1]		TECHNIQUES ^[2]	TYPE D'ÉQUIPEMENT ^[3]			NATURE DES POLLUANTS ^[4]
Équipement*	Personnel*		Matériel lourd	Matériel spécifique	Produits jetables	
Commune Inter communalité, unités de sapeurs-pompiers, réserves situées à proximité... Protection civile. Armée, privé* Autre*	idem origine équipement + • SP départementaux • SP autres départements • Réserves communales • Bénévoles	Ramassage manuel Criblage mécanique du sable Lavage sous pression	Engins de terrassement (par ex. excavatrice) Engins agricoles (e.g. tracteur, remorque...) Moyens d'approvisionnement en eau Tyrolienne, moyens nautiques. Autre*	Barrages, récupérateurs Cribleuses, nettoyeur haute pression, pompe de transfert, lance impact Stockage : bacs, cuves, grands sacs ... pompes d'aspiration...	Géotextile, absorbants produits nettoyants Autre*	Liquide à pâteux Solides fortement pollués Solides faiblement pollués Galets pollués Absorbants/filets pollués Algues polluées Déchets pollués

* Préciser

Remerciements

Le présent document a été rédigé par Hugh Parker (Marine Pollution Technical Advisory Services) sous la supervision du Shoreline Cleanup Cohort. Nous les remercions pour nous avoir fait part de leur expertise, leur contribution et leurs conseils dans la rédaction du présent document.

IPIECA

L'IPIECA est l'association internationale de l'industrie pétrolière pour la sauvegarde de l'environnement et les questions sociales. Elle développe, diffuse et promeut les bonnes pratiques et les connaissances afin de permettre à l'industrie d'améliorer son impact sur l'environnement et la société ; elle constitue le principal canal de communication de l'industrie avec les Nations-Unies. Grâce à ses groupes de travail conduits par les membres et à sa direction, l'IPIECA mobilise l'expertise collective des entreprises et associations pétrolières et gazières. Sa position unique dans l'industrie permet à ses membres de répondre efficacement aux enjeux essentiels environnementaux et sociaux.

www.ipieca.org



L'IOGP représente l'industrie des hydrocarbures en amont des organisations internationales, y compris l'Organisation maritime internationale, le Programme environnemental des Nations Unies (UNEP), les Conventions régionales dans le domaine marin et les autres groupes sous l'égide des Nations-Unies. Au niveau régional, l'IOGP représente l'industrie auprès de la Commission européenne, du Parlement européen et de la Commission OSPAR pour l'Atlantique Nord-Est. L'IOGP intervient de manière tout aussi importante dans la promotion des meilleures pratiques, en particulier dans les domaines de la santé, de la sécurité, de l'environnement et de la responsabilité sociale.

www.iogp.org

