B U L L E T I N

de la
lutte contre les déversements

ISSN 0381-4459

VOLUME 16 (4)
OCTOBRE-DÉCEMBRE 1991

LE BRÛLAGE SUR PLACE DES HYDROCARBURES DÉVERSÉS

Alan A. Allen, Spiltec
Woodinville (Washington) É.-U.

Introduction

Le brûlage sur place est reconnu depuis de nombreuses années comme une façon efficace d'éliminer d'importantes quantités d'hydrocarbures déversés. Avant le début des années 1980 cependant, la plupart des tentatives pour brûler des hydrocarbures déversés ont été faites sans l'aide de barrages résistant au feu. L'efficacité de ces brûlages dépendait donc de la présence d'autres structures ou d'autres forces, comme les bateaux, les quais, le littoral, les vents ou la glace pour que la nappe d'hydrocarbures soit suffisamment épaisse afin d'alimenter la combustion.

Les études en laboratoire et sur place ont maintenant démontré que la combustion efficace et soutenue des hydrocrabures dans l'eau nécessite une nappe d'hydrocarbures d'au moins 2 à 3 mm d'épaisseur (environ 1/10 de pouce). Sans barrage de confinement anti-feu pour maintenir l'épaisseur adéquate, les hydrocarbures non confinés cessent rapidement de brûler lorsque la nappe d'hydrocarbures atteint une épaisseur moyenne d'environ 1 mm. La plupart des brûlages accidentels ou délibérés en mer d'hydrocarbures déversés subissent les effets des vents et des vagues qui étalent rapidement les hydrocarbures non confinés, réduisant ainsi l'épaisseur de la nappe jusqu'à ce que cette dernière soit insuffisante pour alimenter la combustion. Dans ces conditions, le brûlage est généralement limité à la zone immédiate de la source du déversement, au côté sous le vent du navire ou de l'installation, ou de la structure, du littoral ou de la glace contre laquelle les hydrocarbures enflammés sont accumulés par le vent ou le courant.

Maintenant, avec la mise au point de barrages résistant au feu (p. ex. Fire Boom de 3M), il existe de nombreuses situations où le brûlage sur place contrôlé des hydrocarbures déversés peut se faire rapidement et de façon sûre et efficace. Le présent numéro porte sur certaines des plus importantes expériences de brûlage antérieures, sur les principes du brûlage contrôlé et sur plusieurs scénarios de déversements où le brûlage pourrait s'avérer une technique d'intervention utile. Les

Le présent numéro est consacré au brûlage sur place des hydrocarbures déversés. Al Allen de Spiltec, à Seattle, étudie le brûlage sur place en mettant l'accent sur la façon dont cette technologie est appliquée dans les cas de déversements. Il a mis au point un ensemble de nomogrammes qui peuvent servir pour calculer les capacités des barrages et les taux de combustion, ce qui est particulièrement intéressant pour ceux qui désirent appliquer ce type d'intervention sur le terrain.

Canada

Environnement Canada Environment Canada

scénarios comprennent les opérations offshore, les accidents de pipelines marins, les accidents de pétroliers et les déversements dans les rivières et les cours d'eau.

D'importants progrès ont été réalisés au cours des dernières années concernant la mise au point de techniques et d'équipement pour l'allumage et le brûlage contrôlé, sûrs et efficaces, des hydrocarbures déversés. Et bien que de nombreux pays reconnaissent maintenant le brûlage sur place et l'incluent dans leurs mesures d'intervention en cas de déversement, il est important de remarquer que la combustion n'est pas considérée comme une solution de rechange au confinement et à la récupération physique des hydrocarbures déversés. Les opérations classiques de déploiement de barrages flottants et d'écumage doivent toujours être tentées lorsque ce genre d'activité peut être mené de façon sécuritaire et avec un degré raisonnable d'efficacité.

À l'instar de l'utilisation des dispersants chimiques, la possibilité du brûlage sur place doit être étudiée cas par cas pour établir s'il peut être utilisé avec d'autres techniques de nettoyage plus classiques, ou comme technique de remplacement temporaire. Une comparaison approfondie des techniques d'intervention (Allen, 1988) révèle qu'il y a souvent des situations où le brûlage (ou l'utilisation de dispersants chimiques) peut constituer le seul moyen d'éliminer rapidement et sûrement d'importantes quantités d'hydrocarbures. Dans certains cas, la récupération mécanique, le brûlage et l'utilisation de dispersants chimiques peuvent être utilisés simultanément lors d'interventions sur diverses parties d'un même déversement. L'objectif doit être de trouver la combinaison adéquate d'équipement, de personnel et de techniques qui aura dans l'ensemble le moins d'effets dommageables sur l'environnement.

Les effets associés à la décision de brûler ou non les hydrocarbures sont complexes, mais nécessitent une considération attentive des facteurs de risque comme les incendies secondaires accidentels et le transport de la fumée au-dessus des zones peuplées. Ces facteurs doivent ensuite être pondérés par rapport aux effets et aux coûts du non-brûlage (p. ex., contact des hydrocarbures avec le littoral, les oiseaux et les mammifères, nettoyage du littoral, contamination des prises d'eau de mer). Il est donc essentiel que les utilisateurs potentiels et les responsables de la réglementation du brûlage sur place se renseignent au sujet des techniques et de l'équipement de combustion ainsi que des considérations environnementales dont il faut tenir compte au cours d'une évaluation valable de la décision de brûler des hydrocarbures déversés.

Pour que la combustion sur place soit sûre et efficace, il est important de prendre la décision rapidement, c'est-à-dire en moins de quelques minutes à quelques heures tout au plus. À moins qu'il y ait déversement continu d'hydrocarbures durant des semaines ou des mois (comme dans le cas d'une éruption), les périodes très propices au brûlage des hydrocarbures en mer se mesurent en heures ou tout au plus à un ou deux jours. Le type d'hydrocarbures déversés, les conditions des vents et l'état de la mer au moment du déversement, ainsi que le degré d'émulsification des hydrocarbures déversés déterminent la faisabilité de l'allumage et de la combustion. L'expérience a démontré qu'une décision (et une réaction) prise en temps opportun est essentielle et que cette prise de décision peut être facilitée par une planification préalable et l'application de directives visant le brûlage sur place. Ces directives sont utilisées dans certaines parties des États-Unis, et l'auteur se fera un plaisir de vous donner de plus amples informations sur demande écrite.

Expérience antérieure

Un des premiers importants déversements comportant un brûlage fut le naufrage du TORREY CANYON au large des côtes de Cornouailles, en Angleterre, en 1967. Le navire a déversé près de 95 000 tonnes de pétrole brut en environ 12 jours au cours desquels de nombreuses tentatives ont été faites pour brûler le pétrole à l'aide de diverses bombes, roquettes et autres agents d'activation. La perte rapide de fractions volatiles, les conditions des vents et l'état de la mer, les méthodes violentes d'allumage et l'absence de confinement lors du brûlage sont tous des facteurs qui

ont contribué au brûlage relativement infructueux de ce pétrole. Au cours des années qui ont suivi, plusieurs déversements comportaient le brûlage des hydrocarbures déversés, notamment l'incident du pétrolier ARROW dans la baie Chedabucto, en Nouvelle-Écosse (1970), la collision OTHELLO/KATELYSIA dans la baie Tralhavet, en Suède (1970), le naufrage de l'ARGO MERCHANT au large de l'île de Nantucket, au Massachusetts (1976), le naufrage de l'AMOCO CADIZ au large de la France (1978), l'incident du BURMA AGATE au large de Galveston (1979) et la collision de l'ATLANTIC EMPRESS avec l'AEGEAN CAPTAIN dans les Caraïbes (1979). Les succès du brûlage sur place au cours de ces déversements et de bien d'autres déversements qui ont eu lieu au cours des années 1970 se limitaient aux situations où le brûlage se faisait dans d'épaisses nappes isolées (c.-à-d. de concentrations d'hydrocarbures à proximité de la source de déversement, ou dans des poches emprisonnées par la glace ou le littoral).

Au cours des années 1980, on a eu les mêmes résultats au cours d'incendies accidentels en mer; cependant, vers le milieu de cette décennie, il était devenu évident que le brûlage fructueux des hydrocarbures pouvait être assuré grâce à l'utilisation de méthodes d'allumage appropriées et du confinement contrôlé lors de la combustion. De nombreuses expériences aux États-Unis et au Canada ont porté sur de nouveaux dispositifs largables pour l'allumage des nappes d'hydrocarbures (Energetex Engineering, 1978; Dickins, 1979; Twardawa et Couture, 1980; Allen, 1986; 1987), et sur le confinement des hydrocarbures en flammes à l'aide de barrages résistant au feu (Buist et McAllister, 1981; Spiltec, 1986; Allen et Fischer, 1988). Ces expériences comprenaient des essais statiques en bassin au cours desquels un barrage de confinement anti-feu était exposé au brûlage continu d'hydrocarbures pendant les périodes allant jusqu'à 24 heures. En 1988, un essai de brûlage en eau libre a été effectué par les compagnies 3M et SINTEF (Trondheim, Norvège) portant sur l'allumage délibéré de 1 900 L (500 gal.) de pétrole brut Statfjord confiné par une section de 91 m (300 pieds) de Fire Boom de 3M. Le barrage anti-feu a été remorqué en configuration en U alors qu'un dispositif Helitorch (de Simplex, Oregon, É.-U.) était utilisé pour mettre le feu aux hydrocarbures confinés. L'essai sur le terrain a été un réel succès, permettant d'éliminer 95 % des hydrocarbures en environ 30 minutes.

Le 25 mars 1989, le soir du deuxième jour suivant le naufrage de l'EXXON VALDEZ, environ 57 000 à 114 000 L (15 000 à 30 000 gal.) de pétrole brut du versant nord ont été éliminés à l'aide de techniques de combustion sur place (Allen, 1990). Les hydrocarbures ont été rassemblés à l'aide de Fire Boom de 3M remorqué en configuration en U dans des nappes d'hydrocarbures légèrement émulsifiés en aval du déversement. À l'aide de câbles de remorquage de 150 m (500 pieds), un barrage d'une longueur de 140 m (450 pieds) a été remorqué à une vitesse allant de 1/2 à 3/4 de noeud (0,3 à 0,4 m/s) jusqu'à ce que la partie aval du «U» soit remplie. Un petit dispositif d'allumage portatif de carburant gélifié a été relâché à partir d'un des deux remorqueurs de façon à ce qu'il dérive dans les hydrocarbures confinés. Peu de temps après l'allumage, toute la superficie à l'intérieur du barrage couverte par les hydrocarbures a pris feu et a brûlé pendant environ 75 minutes. La partie la plus intense de la combustion a duré environ 45 minutes au cours desquelles les remorqueurs ont pu contrôler la force de l'incendie en modifiant leur vitesse. Après la combustion, on a évalué qu'il y avait environ 1 150 L (300 gal.) d'un épais résidu de brûlage facile à récupérer à l'intérieur du barrage. Grâce à trois méthodes de calcul différentes du volume d'hydrocarbures brûlés, on a estimé qu'entre 57 000 et 114 000 L (15 000 et 30 000 gal.) d'hydrocarbures ont été éliminés, soit une efficacité de brûlage d'au moins 98 %.

Depuis ces brûlages en mer, de nombreux autres brûlages expérimentaux ont été effectués aux États-Unis, en Norvège et au Canada afin d'améliorer la conception et la performance des barrages anti-feu, d'étudier la possibilité de brûler des hydrocarbures très altérés et très émulsifiés, et d'échantillonner et d'évaluer les divers produits de combustion. Les résultats de ces essais et de bien d'autres brûlages se trouvent dans le compte rendu de l'International

Oil Spill Conference (parrainé par la Garde côtière des États-Unis, l'American Petroleum Institute et l'Environmental Protection Agency) aux États-Unis, et dans le compte rendu du Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique (parrainé par Environnement Canada).

Principales considérations en matière de combustion

Épaisseur de la nappe d'hydrocarbures : Une grande majorité des pétroles bruts et des hydrocarbures raffinés brûlent dans l'eau à condition que l'épaisseur de la nappe soit au moins de plusieurs millimètres et que la superficie et la température de l'allumage soient suffisantes pour vaporiser la matière en vue d'une combustion continue. L'expérience a démontré qu'il faut une épaisseur d'au moins 2 à 3 mm (1/10 de pouce) pour prévenir les pertes de chaleur excessives de la couche d'hydrocarbures en contact avec l'eau sous-jacente. Presque tous les essais de brûlage sur place faits avec des hydrocarbures à la surface de l'eau ont révélé que la combustion cesse rapidement lorsque l'épaisseur moyenne de la pellicule est réduite à environ 1 à 2 mm.

Accès aux hydrocarbures : Des barrages anti-feu d'une longueur de 150 à 300 m (500 à 1 000 pieds) remorqués en configuration en U (figure 1) sont adéquats pour intercepter les nappes d'hydrocarbures d'une largeur de plusieurs centaines de mètres ou plus. D'autres barrages plus grands en configuration en U et des systèmes de dérivation indépendants (en utilisant un barrage classique devant le barrage anti-feu) peuvent être utilisés pour obtenir des largeurs exceptionnelles.

Capacité de confinement du barrage : À mesure que les hydrocarbures s'accumulent dans le fond de la configuration en U

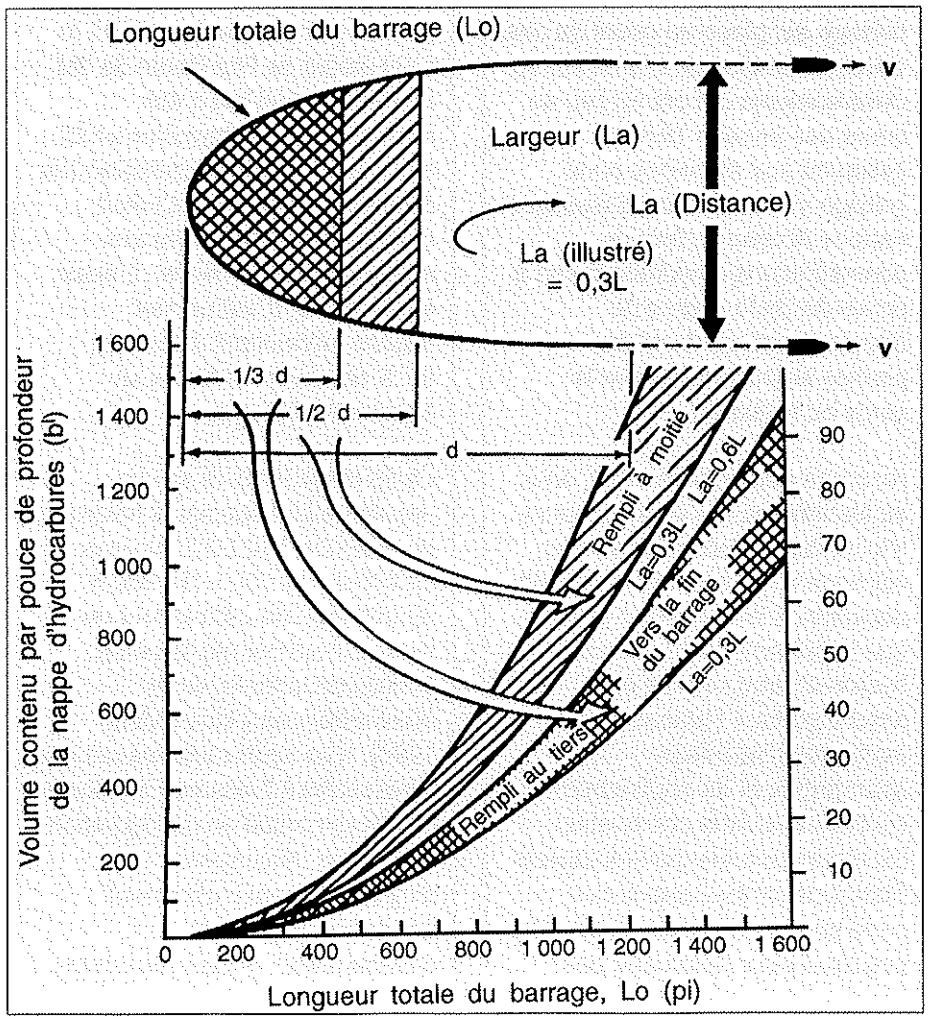


Figure 1
Capacité de confinement du barrage

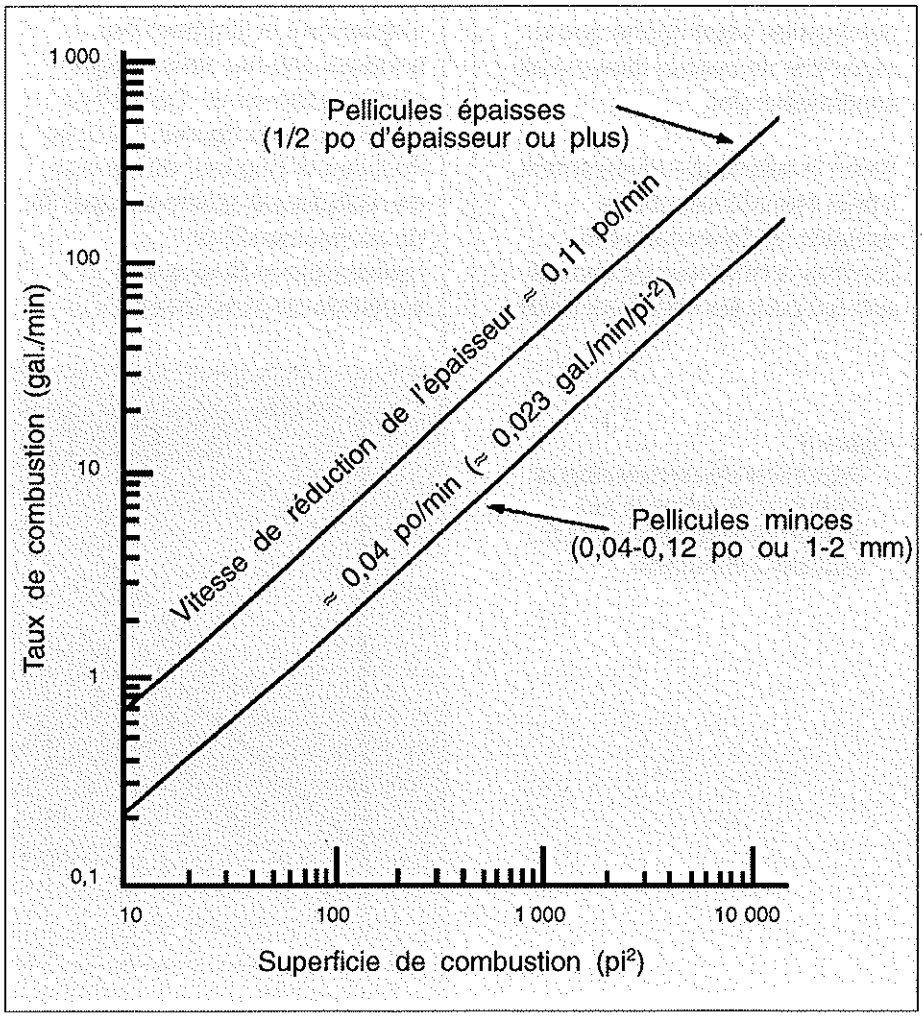
d'un barrage remorqué, la capacité de confinement des hydrocarbures approche les plusieurs centaines de barils d'hydrocarbures par pouce de profondeur de la nappe d'hydrocarbures dans une partie relativement faible de la zone de confinement (figure 1). Une épaisseur moyenne d'hydrocarbures de seulement 15 cm (6 po) représente une capacité de confinement de plus de 600 barils (plus de 95 m^3) dans le tiers aval d'un barrage anti-feu d'une longueur de 150 m (500 pi).

Taux de combustion : Plusieurs essais de brûlage contrôlé ont révélé que les nappes flottantes d'hydrocarbures brûlent normalement à une vitesse de réduction de l'épaisseur d'environ 2 à 3 mm par minute (figure 2). L'expérience a démontré que ce taux de combustion ne varie pas sensiblement en fonction du type d'hydrocarbures, du degré d'altération et de la teneur en eau. Ce taux est cependant plus faible lors de la phase finale du brûlage (lorsque les hydrocarbures ne forment qu'une mince pellicule). La vitesse de réduction de l'épaisseur pour la plupart des déversements d'hydrocarbures peut donc s'exprimer à peu près comme suit : 4 100 $L/d \cdot m^{-2}$ (0,07 $gal./min \cdot pi^{-2}$ ou environ 100 $gal./d \cdot pi^{-2}$).

Efficacité : Au cours de nombreux brûlages expérimentaux et accidentels de produits pétroliers à la surface de l'eau à l'aide d'un barrage anti-feu, l'efficacité a toujours été bien supérieure à 90 %. Les brûlages contrôlés déjà mentionnés (Spitsbergen et EXXON VALDEZ) ont donné des taux d'efficacité réelle de 95 à 98 %. Les 2 à 5 % non brûlés du volume original des hydrocarbures sont constitués d'un matériau visqueux qui flotte à la surface de l'eau où il peut être facilement récupéré à la main.

Vitesse de contrôle du volume : En combinant l'information des figures 1 et 2, on

Figure 2
Taux de combustion sur place



peut illustrer (figure 3) la vitesse possible de contrôle du volume associée aux diverses longueurs de barrage et, donc, les superficies couvertes par les hydrocarbures confinés. Un seul barrage anti-feu d'une longueur de 150 m (500 pi) peut donner une superficie de 560 à 650 m^2 (6 000 à 7 000 pi^2) en vue du brûlage dans le tiers aval du barrage. À raison de 4 100 L/d• m^{-2}, on peut obtenir un taux de combustion d'environ 1 900 L/min. Si le barrage permet de confiner une épaisseur d'hydrocarbures d'environ 15 cm, ou 600 à 700 barils, il faudrait environ une heure pour brûler les hydrocarbures confinés. Il serait impossible de maintenir le taux de combustion à 1 900 L/min durant la phase finale de la combustion étant donné que la superficie de celle-ci diminuerait continuellement.

Selon la nature du déversement, il peut être nécessaire de recueillir les hydrocarbures confinés à l'intérieur du barrage anti-feu pour les transférer dans un endroit sûr pour les brûler loin de la source d'autres nappes de pétrole lourd (potentiellement inflammable). En se servant de deux ou trois configurations en U de 150 m (une seule brûlant à la fois), il serait possible de terminer un brûlage presque toutes les heures. Sur une période de 12 heures, il est ainsi possible d'éliminer environ 8 000 barils (1 300 m^3) d'hydrocarbures.

Le taux d'élimination global au cours d'un brûlage donné pourrait être accru considérablement en ralentissant la vitesse de remorquage, augmentant ainsi la superficie des hydrocarbures enflammés à l'intérieur du barrage. On pourrait également accroître considérablement le taux de combustion en augmentant la longueur des barrages anti-feu dans chaque configuration en U. Comme on peut le voir aux figures 1 et 3, en doublant la longueur du barrage, on multiplie par quatre la capacité de confinement des hydrocarbures ainsi que la superficie de combustion.

Besoins de stockage : Un des principaux avantages du brûlage sur place des hydrocarbures déversés est qu'il n'est pas nécessaire de prévoir d'importants conteneurs ou bateaux de stockage. Lors de la récupération physique des hydrocarbures déversés, il arrive souvent qu'il faut un volume de stockage deux à cinq fois supérieur au volume réel des hydrocarbures récupérés. Lors d'une opération massive de brûlage en mer, il ne serait probablement pas pratique ni important du point de vue de l'environnement d'essayer de récupérer les résidus de combustion. Cependant, s'il est possible de récupérer ces résidus (sans danger pour le personnel et l'équipement de soutien), cela ne représenterait qu'une fraction des hydrocarbures brûlés (2 à 5 %).

Contraintes environnementales

Comme dans le cas des autres méthodes qui dépendent de l'utilisation d'un barrage pour la

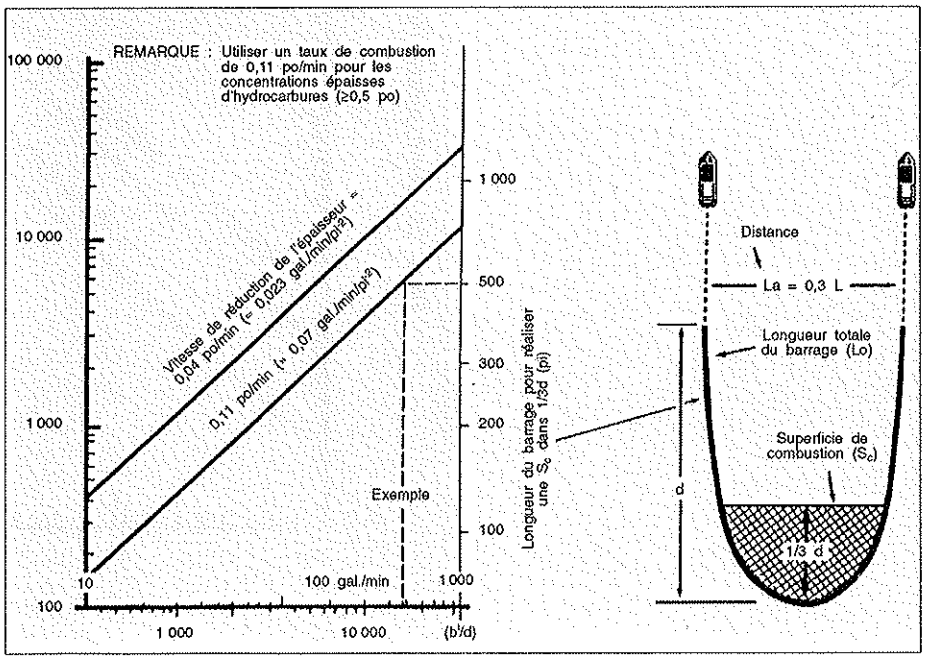


Figure 3
Superficie de combustion et longueur du barrage par rapport aux hydrocarbures/ taux de combustion

lutte contre les déversements, des conditions excessives de vent, de mer, de courant et de débris (notamment des blocs de glace fragmentés) peuvent rendre le confinement des hydrocarbures difficile, voire impossible. Ces mêmes conditions peuvent rendre l'allumage et la combustion extrêmement difficiles, particulièrement lorsqu'il s'agit d'hydrocarbures altérés et émulsifiés. La piètre visibilité, notamment lors des opérations de nuit, peut constituer un important problème; cependant, une fois les hydrocarbures enflammés, la surveillance peut être relativement facile lorsque le brûlage se fait à la source ou à proximité de celle-ci. Bien que les glaces constituent un important problème pour les barrages, elles peuvent être utilisées pour améliorer les conditions de combustion sans nécessiter de barrages lorsqu'il y en a suffisamment pour limiter l'étalement de la nappe et atténuer l'action des vagues.

La période très propice pour le brûlage sur place efficace est généralement celle où les vagues éoliennes sont d'environ 1 m (3 à 4 pi) ou moins et les vents d'environ 15 à 20 noeuds (8 à 10 m/s) ou moins. On peut tolérer des conditions de vent et des états de mer supérieurs, particulièrement une houle de longue période, lorsque le barrage anti-feu utilisé a de bonnes caractéristiques en ce qui a trait à son comportement dans les vagues et à sa capacité à réduire l'entraînement des hydrocarbures en dessous ou par-dessus jusqu'à un niveau acceptable. Conjointement à l'effet d'atténuation des vagues des hydrocarbures épais, le fait de remorquer un barrage et ses hydrocarbures confinés dans la direction du vent permet normalement d'élargir sensiblement la période très propice. Des vents beaucoup plus forts peuvent également être tolérés lorsque les hydrocarbures sont relativement frais (c.-à-d. relativement volatils et de faible teneur en eau). Une fois que les hydrocarbures sont enflammés et que la combustion s'est répandue sur une vaste superficie, les vents ne constituent pas une préoccupation importante.

La période très propice peut être en réalité très large, variant de quelques heures à plusieurs jours. Lorsque le vent et le courant étalent rapidement les hydrocarbures déversés sur une grande superficie, la minceur de la nappe de pétrole, les pertes par évaporation et la superficie excessive peuvent empêcher en très peu de temps l'utilisation du brûlage. Même s'il est possible de dériver et de concentrer une partie des hydrocarbures déversés, ces derniers peuvent être trop émulsifiés pour s'enflammer. Un essai contrôlé de diverses émulsions a indiqué que certains hydrocarbures peuvent s'enflammer même lorsqu'ils contiennent 50 à 70 % d'eau. D'autres essais ont indiqué que certains hydrocarbures sont extrêmement difficiles à enflammer lorsqu'ils contiennent à peine 10 à 20 % d'eau. Il est raisonnable de supposer que lorsque la teneur en eau d'hydrocarbures émulsifiés a atteint 30 à 50 %, il faut d'importantes superficies d'allumage initial (à l'aide d'un dispositif Helitorch), l'utilisation d'agents d'activation spéciaux et l'utilisation de produits chimiques pour désémulsionner les hydrocarbures si nous voulons y mettre le feu.

Les émissions atmosphériques de la combustion des produits pétroliers représentent la plus importante préoccupation environnementale en ce qui a trait au brûlage sur place comme mesure d'intervention en cas de déversement. De nombreuses études ont été faites à ce sujet et de nombreuses autres sont en cours (Benner *et al.*, 1990; Day *et al.*, 1979; Evans *et al.*, 1989; Fingas et Laroche, 1991; Mitchell, 1990) portant sur la mesure et l'évaluation des produits de la combustion des hydrocarbures déversés. Une équipe constituée de spécialistes des déversements et de la combustion des hydrocarbures a également été mise sur pied avec du personnel provenant de plusieurs groupes du gouvernement, des universités et de l'industrie pétrolière des États-Unis et du Canada. Toutes les données pertinentes portant sur les effets du brûlage sur place des hydrocarbures sur l'atmosphère sont rassemblées ainsi que les données provenant d'études sur les récents incendies au Koweit et d'autres études de panaches de fumée provenant de brûlages contrôlés aux États-Unis et au Canada.

Jusqu'à présent, ces efforts révèlent que les émissions atmosphériques des brûlages contrôlés des hydrocarbures déversés ne sont pas une grande source d'inquiétude, particulièrement lorsque ces brûlages sont éloignés des

centres de population et autres installations ou ressources. À l'instar de l'application de dispersants chimiques, le brûlage sur place n'est pas considéré comme étant une vraie technique de nettoyage; cette technique constitue cependant un moyen d'intervention fiable qui peut éliminer rapidement et efficacement d'importantes quantités d'hydrocarbures déversés. Étant donné que le brûlage peut se faire de façon simple et sûre avec très peu de soutien logistique, il est important que les planificateurs et le personnel d'intervention à tous les niveaux se familiarisent avec les avantages et les inconvénients possibles du brûlage.

Pour que le brûlage sur place soit fructueux, il doit être envisagé et préparé avant un déversement. Les responsables de l'achat de l'équipement nécessaire, de la formation du personnel, de la préparation des plans d'intervention et de l'application ou de l'autorisation des permis de brûlage doivent agir s'ils veulent être prêts bien avant qu'advienne un déversement. Au besoin, des lignes directrices doivent être établies pour l'évaluation des compromis portant sur les effets environnementaux, la sécurité, etc., lorsqu'il est question de choisir entre le brûlage sur place et d'autres mesures d'intervention. Il est important de ne pas rater la période très propice pour le brûlage sur place à cause de l'ignorance, d'un manque de préparation ou encore d'examens gouvernementaux qui n'en finissent plus.

Scénarios représentatifs

Les scénarios de déversements d'hydrocarbures présentés aux figures 4 à 10 sont des exemples de situations dans lesquelles le brûlage sur place peut être envisagé comme technique d'intervention viable pour lutter contre les hydrocarbures déversés. Il est reconnu que le déploiement des barrages de confinement anti-feu et des systèmes d'allumage dépend de l'autorisation gouvernementale (au besoin), de la nature et de la condition de la source de déversement (p. ex. déjà enflammée, potentiellement explosive, sauvetage ou évacuation en cours, etc.) et des conditions environnementales au moment du déversement.

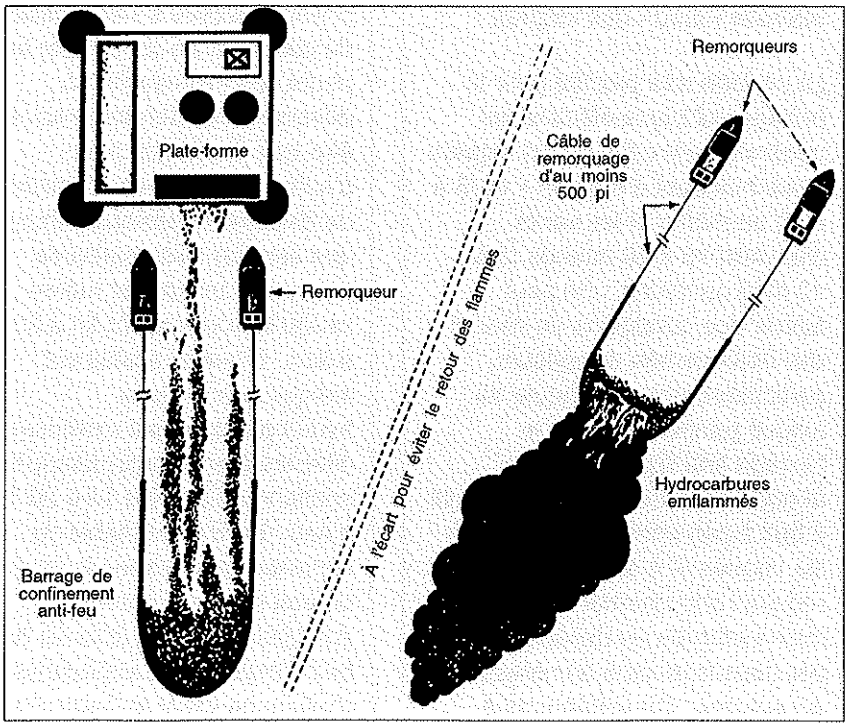


Figure 4
Déplacement et brûlage d'hydrocarbures à la source du déversement

Figure 5
Confinement et brûlage d'hydrocarbures en aval de la source d'hydrocarbures enflammés

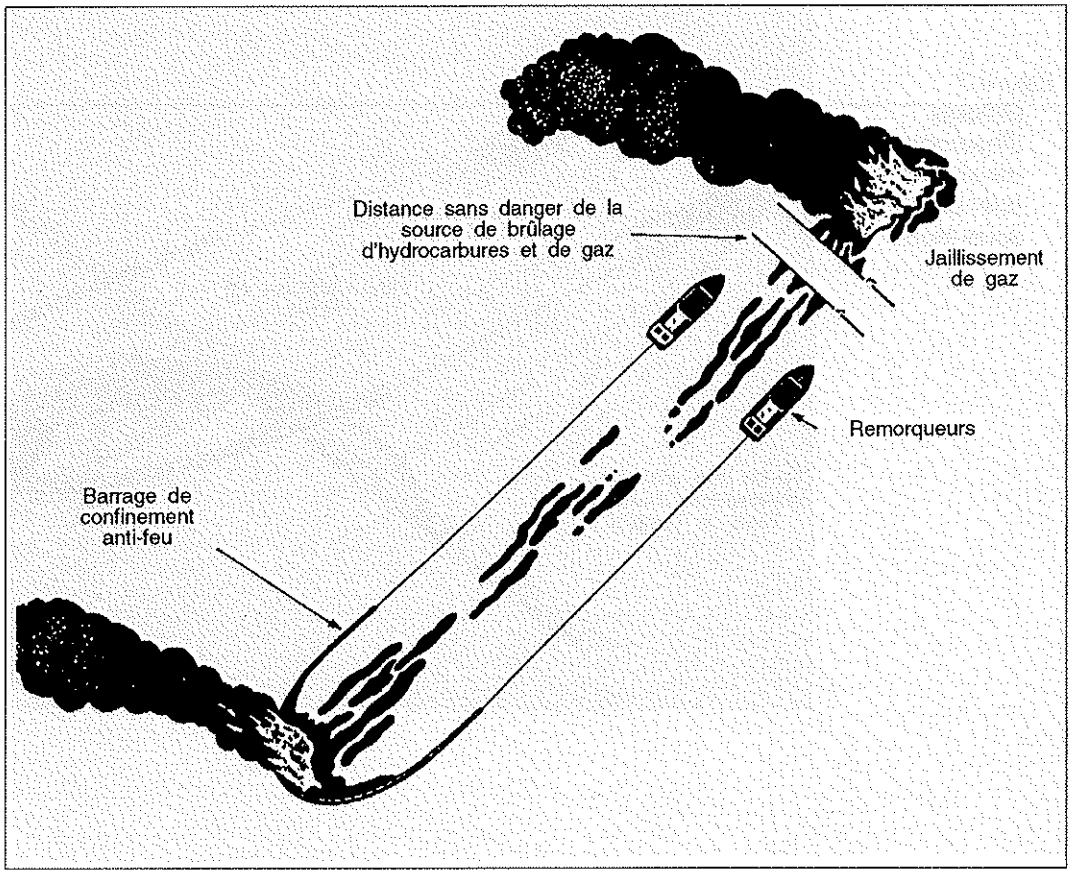


Figure 6
Confinement immédiat et brûlage d'hydrocarbures lors d'une éruption de gaz sous-marins

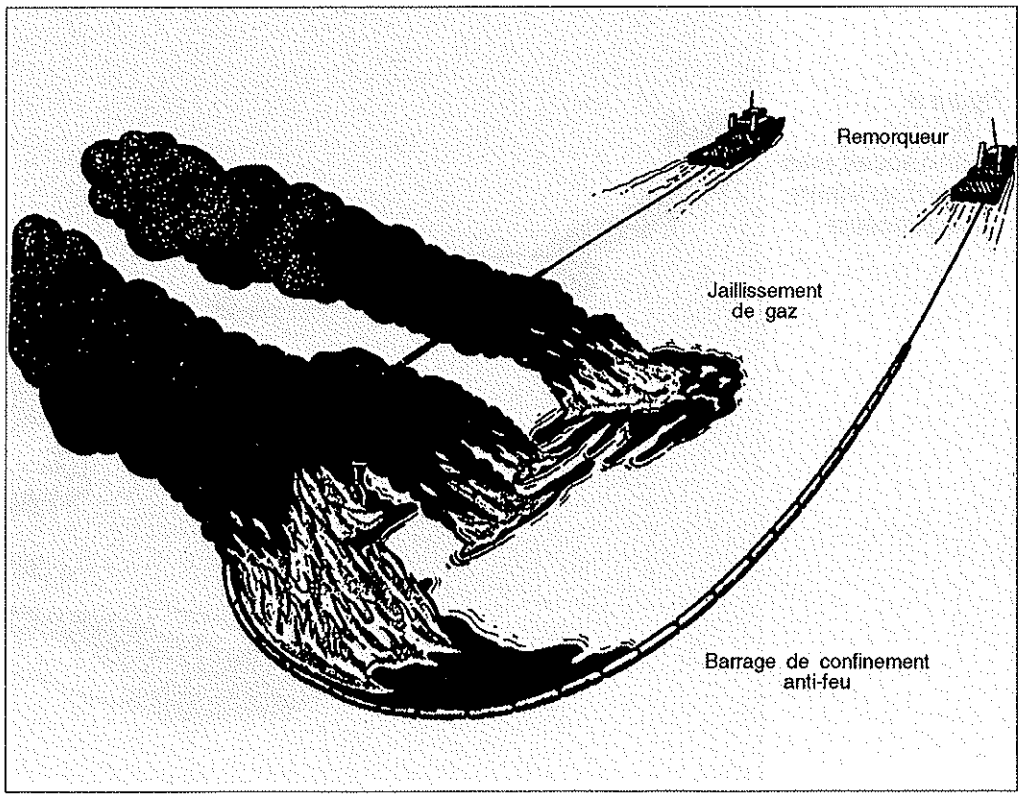


Figure 7
Brûlage d'hydrocarbures résultant d'une fuite de pipeline sous-marin

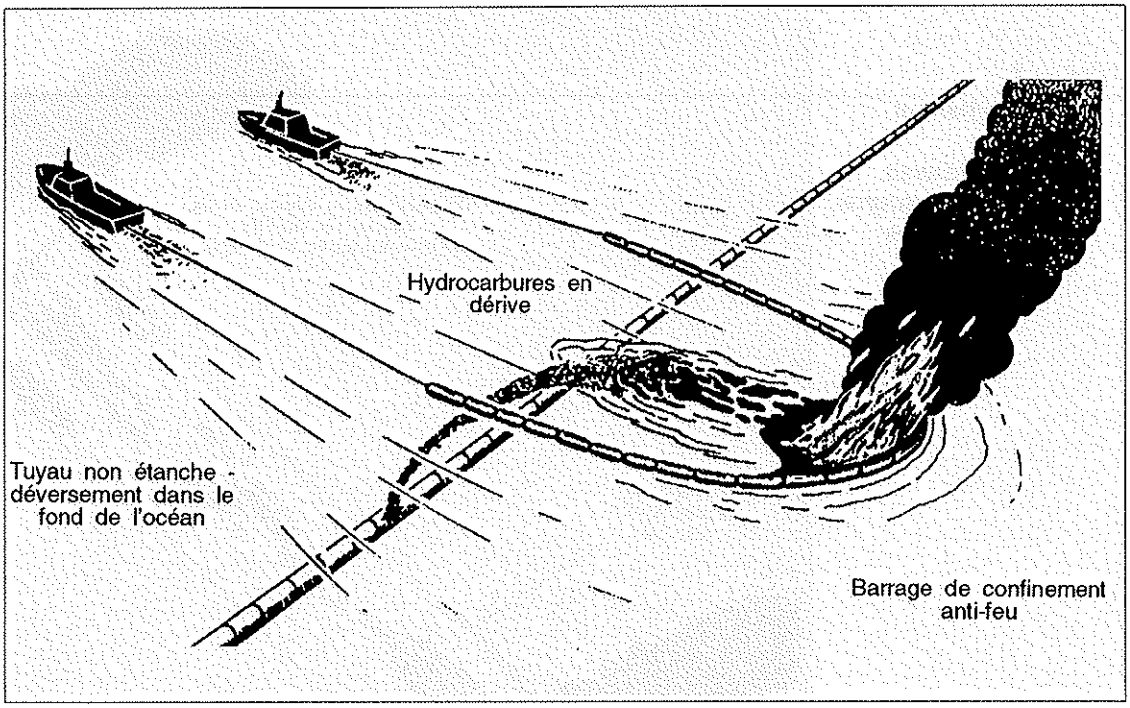


Figure 8
Brûlage d'hydrocarbures lors d'accidents de pétroliers

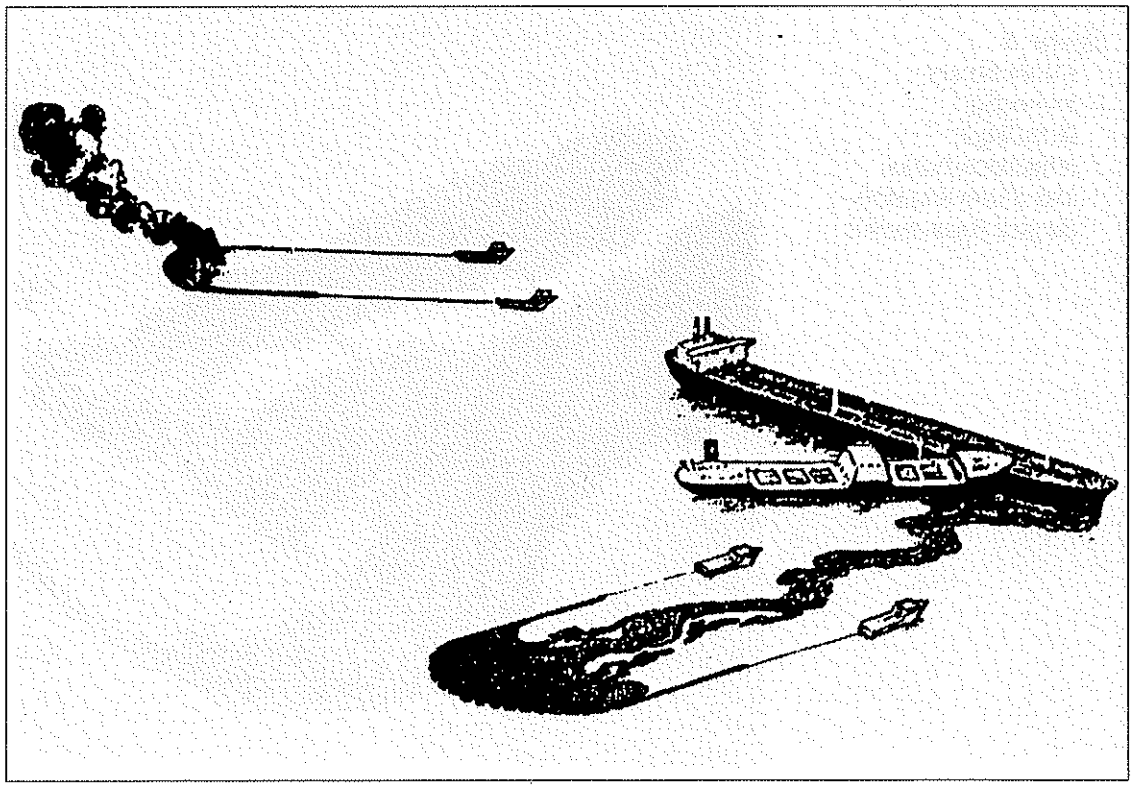


Figure 9
Brûlage d'hydrocarbures dans les rivières et les cours d'eau

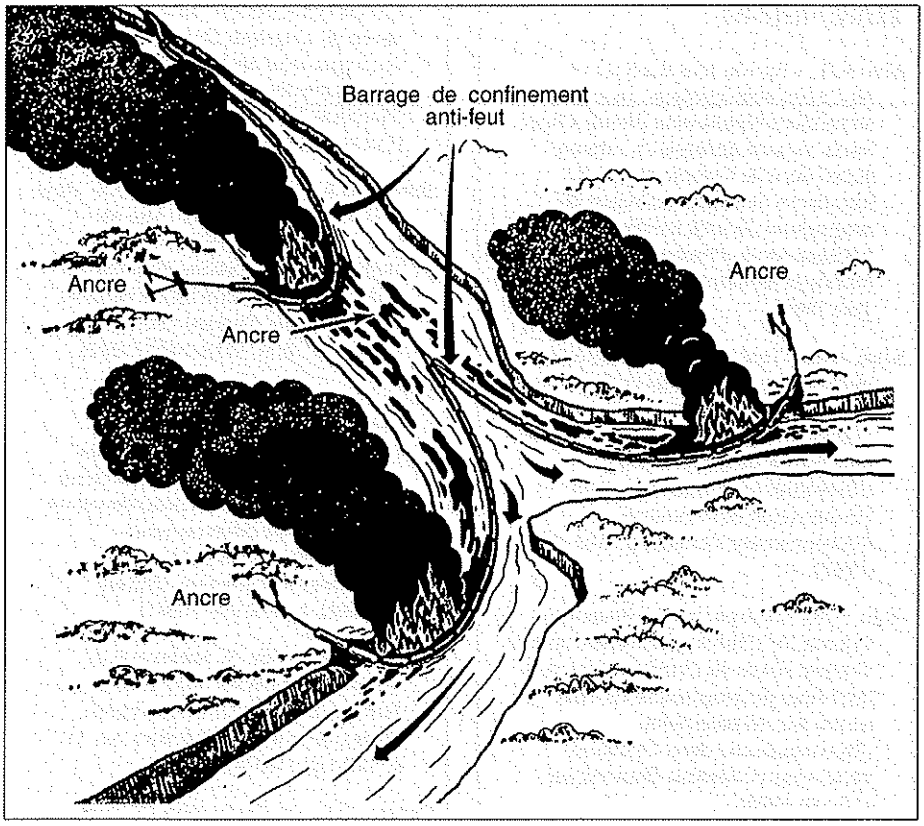
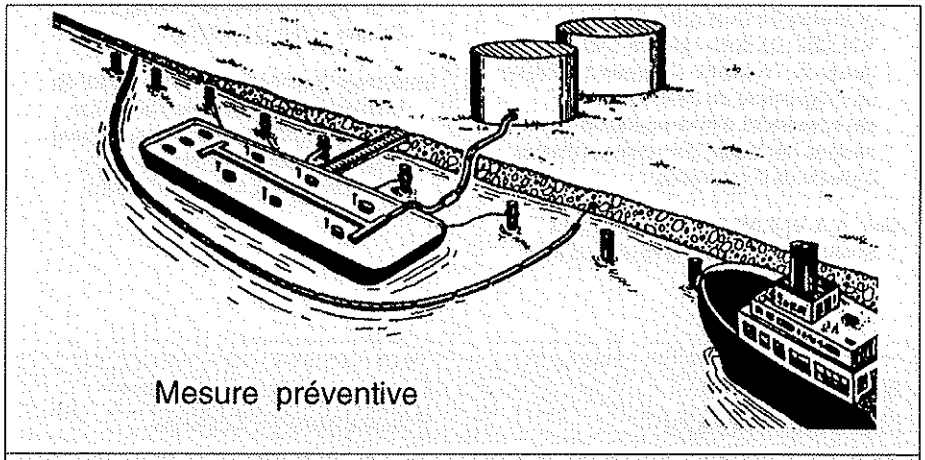
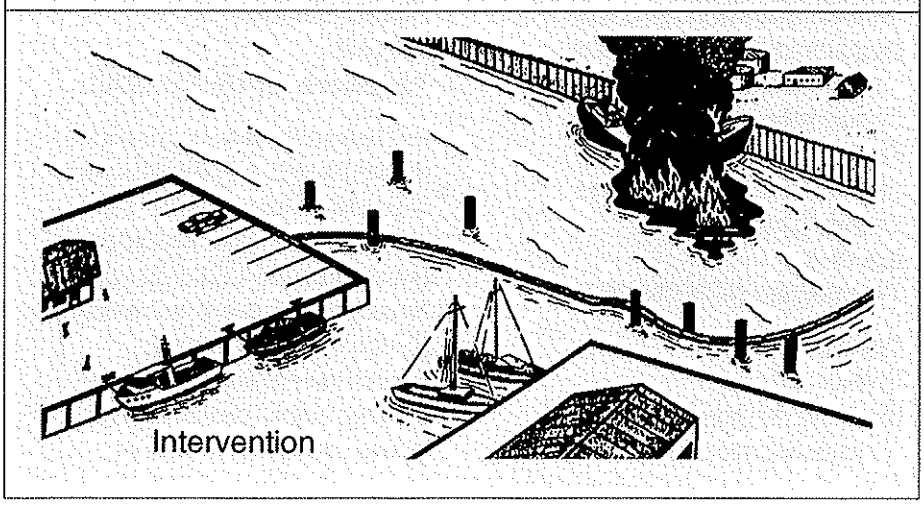


Figure 10
Isolement d'incendies accidentels en mer





Références

Allen A.A., «Survey and Analysis of Air-Deployable Igniters», rapport technique préparé pour Alaska Clean Seas, version abrégée du rapport publié dans le *Compte rendu du Neuvième Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique*, Edmonton (Alberta) Canada (juin 1986).

Allen, A.A., «Test and Evaluation of the Helitorch for the Ignition of Oil Slicks» dans le *Compte rendu du Dixième Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique*, Conservation et Protection, Environnement Canada, p. 243-265 (1987).

Allen, A.A., «Comparison of Response Options for Offshore Oil Spills» dans le *Compte rendu du Onzième Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique*, Vancouver (Colombie-Britannique) (7-9 juin 1988).

Allen, A.A., «Contained Controlled Burning of Spilled Oil During the EXXON VALDEZ Oil Spill» dans le *Compte rendu du Treizième Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en mer et dans l'Arctique*, Edmonton (Alberta) Canada (6-8 juin 1990).

Allen, A.A. et E.M. Fischer, «Test and Evaluation of a New and Unique Fire Containment Boom» dans le *Compte rendu du Onzième Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique*, Vancouver (Colombie-Britannique) (juin 1988).

Benner, B.A. (Fils), N.P. Bryner, S.A. Wise et G.W. Mulholland, R.C. Lao et M.F. Fingas, «Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions from the Combustion of Crude Oil on Water», *Environmental Science Technology*, vol. 24, N° 9, p. 1419-1427 (1990).

Buist, I.A. et L.R. McAllister, «Dome Petroleum's Fireproof Boom - Development and Testing to Date» dans le *Compte rendu du Quatrième Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique*, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), p. 479-497 (1981).

Day, T., D. MacKay, S. Nadeau et R. Thurier, «Emissions from *In-Situ* Burning of Crude Oil in the Arctic», *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 11. p. 139-152 (1979).

Dickins, D.F., *Air-Deployable Oil Spill Igniter Tests — Yellowknife*, préparé pour Canadian Marine Drilling Ltd., Calgary (Alberta) (1979).

Energetex Engineering, *Mise à l'essai de dispositifs largables pour l'allumage des nappes d'hydrocarbures*, préparé pour le Service de la protection de l'environnement, Ottawa (Ontario) (1978).

Evans, D.D., H. Baum, G. Mulholland, N. Bryner et G. Forney, «Smoke Plumes from Crude Oil Burns» dans le *Compte rendu du Douzième Colloque technique du Programme de lutte contre les déversements dans l'Arctique*, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), p. 1-22 (1989).

Fingas, M.F. et N. Laroche, «Introduction à la combustion *in situ* du pétrole dans les cas de déversements» dans le *Bulletin de la lutte contre les déversements*, vol. 15, N° 4, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) (1991).

Mitchell, J.B.A., «The Effectiveness of Ferrocene in Reducing Smoke Emission From Burning Crude Oil» dans le *Compte rendu du Treizième Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en mer et dans l'Arctique*, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), p. 75-85 (1990).

Spiltec (Allen, A.A.), *Survey and Analysis of Air-Deployable Igniters*, préparé sous contrat à Shell Western E&P Inc. pour Alaska Clean Seas, Anchorage (Alaska) (1986).

Twardawa, P. et G. Couture, «Incendiary Devices for the *In-Situ* Burning of Oil Spills» dans le *Compte rendu du Troisième Colloque technique du programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique*, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) p. 281-289 (1980).

M. M.F. Fingas
Rédacteur technique
Division des sciences d'urgence
Direction du développement technologique
Conservation et Protection
Environnement Canada
Laboratoires de River Road
Ottawa (Ontario)
KIA 0H3
Téléphone : (6I3) 998-9622

Danièle Tittley
Éditeur
Direction du développement technologique
Conservation et Protection
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
KIA 0H3
Téléphone : (819) 953-9367

Le Bulletin de la lutte contre les déversements a été publié pour la première fois en I976. De caractère modeste, il avait pour but de permettre un échange de renseignements sur les mesures d'intervention en cas de déversements ainsi que sur d'autres sujets connexes. Le bulletin compte maintenant au-delà de 2 000 abonnés et il est diffusé dans plus de 40 pays.

Pour que le bulletin élargisse la portée de son contenu et qu'il renseigne davantage sur ce qui se fait dans l'industrie et à l'étranger dans le domaine de la lutte contre les déversements et de leur prévention, nous invitons les lecteurs à soumettre des articles sur leurs travaux et leurs opinions dans ce domaine.