IPIECA

IMO INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

IOGP International Association of Oil & Gas Producers

Observation aérienne des déversements d'hydrocarbures en mer

Guide de bonnes pratiques en matière de gestion des incidents et de personnel d'intervention d'urgence

Cedre

Rédigé et conçu par le Cedre au nom de l'IPIECA, l'IMO et l'IOGP

IPIECA

L'association internationale de l'industrie pétrolière pour la sauvegarde de l'environnement et les questions sociales

Level 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@ipieca.org Internet : www.ipieca.org

IMO INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

Organisation maritime internationale

4 Albert Embankment, London SE1 7SR, Royaume-Uni
Téléphone : +44 (0)20 7735 7611 Télécopieur : +44 (0)20 7587 3210
Courriel : info@imo.org Internet : www.imo.org

IOGP International Association of Oil & Gas Producers

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

Bureau de Londres
Level 14, City Tower, 40 Basinghall Street, London EC2V 5DE, Royaume-Uni
Téléphone : +44 (0)20 7633 0272 Télécopieur : +44 (0)20 7633 2350
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
Courriel : reception@iogp.org Internet : www.iogp.org

Rapport de l'IOGP numéro 518

Date de publication : Février 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.

Observation aérienne des déversements d'hydrocarbures en mer

Guide de bonnes pratiques en matière de gestion des incidents et de personnel d'intervention d'urgence

Les photographies de couverture ont été reproduites avec l'autorisation du (à gauche et au centre) Cedre et (à droite) de l'ITOPF.

Préface

Cette publication fait partie de la série de Guides des bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP et résume les opinions actuelles en matière de bonnes pratiques sur des sujets variés relatifs à la préparation et à l'intervention en cas de déversement d'hydrocarbures. Cette série vise à permettre l'harmonisation des pratiques et des 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 mettre en œuvre des occasions d'apprentissage en matière de préparation et d'intervention contre les déversements d'hydrocarbures, suite à l'incident de contrôle de puits d'avril 2010 dans le golfe du Mexique.

Les rapports IPIECA de la série d'origine seront progressivement retirés à mesure de la publication des différents titres de cette nouvelle série du Guide des bonnes pratiques au cours des années 2014–2015.

Remarque sur les bonnes pratiques

Les « Bonnes pratiques » dans le contexte du JIP sont l'énoncé de directives, de pratiques et de procédures internationalement reconnues qui permettront à l'industrie du pétrole et du gaz d'assurer des performances acceptables en matière de santé, de sécurité et d'environnement.

Les bonnes pratiques pour un sujet particulier changeront au fil du temps à la lumière des progrès de la technologie, de l'expérience pratique et des connaissances scientifiques, ainsi que des changements dans l'environnement politique et social.

Table des matières

Préface 2

Objectif du guide 4

La mission 5

L'objectif stratégique des observations réalisées durant les surveillances des déversements d'hydrocarbures 5

L'observation aérienne — objet et mission 6

Préparer la mission 7

Le profil de vol 8

Les différents types d'hydrocarbures 10

Le pétrole et les produits pétroliers 10

Caractéristiques physiques essentielles 11

Vieillissement et comportement des hydrocarbures en mer 13

Les premiers jours 13

Aspect des nappes d'hydrocarbure 15

Cas générale 15

Cas particuliers 16

La formation des nappes d'hydrocarbures en mer 17

Arrivée des hydrocarbures à la côte 18

La dérive des nappes d'hydrocarbures 19

Calcul de la dérive 19

Modélisation de la dérive 20

L'utilisation des bouées dérivantes 21

Transmission de l'information et des données 23

Observation d'un déversement d'hydrocarbure 24

Les critères d'observation 24

Le Code d'apparence de l'Accord de Bonn 25

Apparence en mer 27

Observation à partir d'un navire, d'une falaise côtière ou d'une plate-forme 29

Documents photographiques et vidéo 30

Autres types d'imagerie 31

Utiliser l'imagerie comme preuve des rejets illicites 33

Guidage des opérations d'intervention 35

Guider un navire opérant sur une pollution 35

Le rapport de mission 37

Rapport de pollution normalisé POLREP 37

Cartographier la pollution 38

Evaluer les quantités de polluant 41

Taux de couverture 43

Autres produits et phénomènes naturels 44

Autres produits 44

Phénomènes naturels 45

Glossaire 48

Bibliographie 51

Sites internet utiles 52

Objectif du guide

En 2008, un groupe de travail attaché au Comité de protection de l'environnement marin (MEPC) de l'Organisation maritime internationale (OMI) a été chargé de mettre en place des outils et des principes directeurs afin d'aider les États à appliquer la Convention internationale sur la préparation, la lutte et la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures (OPRC 1990). Le groupe a convenu qu'un guide révisé sur « l'observation aérienne des pollutions en mer par les hydrocarbures » serait établi conjointement par le Cedre, l'OMI et l'IPIECA-IOGP afin de fournir des orientations en matière d'identification et d'observation des hydrocarbures déversés en mer à l'intention de l'industrie et des gouvernements du monde entier.

Le guide opérationnel qui en résulte a été établi à partir du guide d'observation aérienne des pollutions pétrolières en mer du Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (Cedre) et constitue un consensus entre les différentes positions des représentants de l'industrie et des gouvernements, évalué à travers un processus d'examen mis en œuvre par le groupe de travail OPRC-HNS du MEPC de l'OMI, du Cedre et du groupe de travail sur les pollutions par hydrocarbures de l'IPIECA. Le guide s'adresse à tous ceux participant à l'observation aérienne des pollutions en mer par hydrocarbures et à ceux travaillant dans les centres d'intervention contre la pollution ; il pourra également servir de support technique aux chargés de communication.

Le Cedre, l'OMI et l'IPIECA-IOGP ont publié séparément d'autres manuels et rapports sur des aspects variés de la préparation et de la lutte contre les déversements d'hydrocarbures, le lecteur étant encouragé à analyser le manuel sur les observations aériennes des pollutions en mer par hydrocarbures en conjonction avec ces publications.

La mission

L'objectif stratégique des observations réalisées durant les surveillances des déversements d'hydrocarbures

De manière générale, l'objectif de la « surveillance » est d'identifier, de caractériser mais surtout de quantifier les hydrocarbures déversés pouvant être présents dans différents milieux (sur l'eau, dans l'eau et à terre). Ceci est essentiel pour permettre au centre de commandement de déterminer de manière efficace la portée et la nature du déversement d'hydrocarbures, de prendre les décisions sur le lieu et le mode d'intervention, de contrôler les diverses opérations d'intervention et, à terme, de confirmer le niveau d'efficacité de l'intervention.

Une telle approche s'applique à tous les volets de l'intervention et pourra être mise en œuvre dans des zones vastes, au-delà même des frontières internationales ; elle permet de traiter différentes zones maritimes et côtières potentiellement affectées et de guider des interventions tactiques localisées.

Plusieurs méthodes et « outils » individuels de surveillance pourront être utilisés pour produire l'information requise – depuis les airs ou les fonds marins– et pour soutenir l'intervention en cours. Ces méthodes pourront mobiliser :

- les satellites (mobilisation des techniques optiques, infrarouges et radar) ;
- des plateformes aériennes comme les avions et les hélicoptères (mobilisation notamment des techniques optiques, infrarouges, radar, photographiques et vidéos et d'observateurs humains) ;
- des drones (mobilisation des techniques optiques, infrarouges et radar) ;
- des navires (mobilisation notamment des techniques optiques, infrarouges et radar, de la photographie et la vidéo ainsi que d'observateurs humains) ;
- des aérostats captifs ;
- des bouées, des balises et des systèmes fixes (par ex. sur des dispositifs de forage) ;
- des observateurs à terre ; et
- des véhicules sous-marins autonomes ainsi que des véhicules télécommandés (ROV).

L'observation aérienne mobilisant des observateurs qualifiés constitue une méthode de surveillance courante et décisive pour mettre en œuvre une intervention se voulant efficace. Cependant, en fonction du contexte du déversement d'hydrocarbures, des méthodes et des outils de surveillance additionnels pourront être mis en œuvre afin de compléter ou renforcer la technique principale au service d'une stratégie globale de surveillance. Par exemple, lorsque la zone devant être couverte est très vaste, les survols en avion peuvent s'avérer difficiles voire impossibles eu égard aux ressources disponibles. Les outils comme les satellites pourront permettre une couverture rapide sur une zone vaste afin de pallier une telle insuffisance. En outre, l'utilisation de drone pourra constituer une solution dans certaines zones dans lesquelles des restrictions de vol sont en vigueur.

En fonction des circonstances de la pollution, il conviendra d'intégrer toute une série de facteurs. La stratégie d'observation doit être définie afin de fournir les données adaptées aux circonstances et amener une partie des éléments nécessaires à l'intervention grâce au choix d'outils et de techniques d'observation adaptés à la situation.

Les satellites, les drones (UAV – unmanned aerial vehicles en anglais) et les autres outils proposent une fonction de télédétection qui sera appliquée dans le cadre de l'intervention. La télédétection est une moyen de repérage et de collecte des informations relatives à un objet ou un événement (par ex. un déversement d'hydrocarbures) ne nécessitant pas l'établissement d'un contact physique avec l'objet en question. Il pourra être recouru à la télédétection conjointement avec d'autres techniques de surveillance, comme les balises de repérage, afin de générer des données sur le déversement d'hydrocarbure, y compris l'emplacement, les dimensions, la direction et la vitesse de déplacement.

L'observation aérienne — objet et mission

Qu'est-ce qu'une mission d'observation aérienne ?

L'observation aérienne est l'observation visuelle et la description d'un déversement d'hydrocarbures, réalisée depuis un aéronef par un observateur humain. Un observateur qualifié sera en mesure de reconnaître et d'identifier de nombreuses caractéristiques et détails concernant un hydrocarbure flottant à la surface ou échoué sur le littoral. L'observateur pourra réaliser des prises de vue photographiques et vidéos afin d'enregistrer des données relatives à la localisation, la nature et l'apparence de l'hydrocarbure.

Pourquoi mettre en œuvre une mission d'observation aérienne ?

On a recours à l'observation aérienne pour deux objectifs distincts.

En routine, pour la recherche et la collecte de preuves à des fins de répression des rejets illicites des navires et plateformes offshores. Dans ce cas l'observation visera à :

- repérer la pollution ;
- la localiser et la décrire précisément ;
- si possible, identifier le pollueur ;
- permettre l'évaluation (quantité et qualité) de la pollution ;
- poursuivre le pollueur sur le fondement d'un rapport d'observation de la pollution.

En cas d'accident, elle servira à soutenir et optimiser l'efficacité des opérations de récupération de lutte en mer. Les missions d'observation ont alors pour buts de :

- localiser l'ensemble des nappes ;
- les décrire précisément ;
- cartographier la pollution; afin de :
- permettre le suivi de la pollution ;
- recaler les modèles de dérive ;
- guider les opérations de lutte du jour ;
- préparer les opérations de lutte des jours suivants.

En cas d'accident, l'observation aérienne est le seul moyen d'avoir une idée claire de la réalité. Elle constitue le premier maillon d'une chaîne de décisions essentielles.

Préparer la mission

Toute mission doit être préparée. Il faut essayer de prévoir ce que l'on risque de rencontrer: aspect, étendue et localisation de la pollution.

Dans tous les cas :

- Préparer des fonds de carte de la zone sur les- quels la pollution pourra être cartographiée et annotée pendant le vol.
- Bien indiquer sur ces fonds de carte : l'orientation du lieu, le trait de côte, les coordonnées géographiques, l'échelle, la nature de la côte (plages, zones rocheuses, marais, zones urbaines, industrielles et portuaires) et ses usages.
- Maitriser les exigences locales liées au type de prise de notes qui accompagneront les photographies ou les vidéographies afin de garantir leur recevabilité devant les organes judiciaires. Dans certains cas, des modèles seront disponibles, par ex. le Rapport normalisé d'observation/de détection des polluants fourni par l'Accord de Bonn (voir l'Accord de Bonn, 2004).

En situation de déversement d'hydrocarbure :

- Réunir un maximum d'informations sur la pollution
  - nature du polluant : hydrocarbure, brut ou raffiné, léger ou lourd (densité, viscosité et point d'écoulement...). Dans le cas d'un brut ou d'un raffiné léger, attention aux risques d'explosion (voir *Profil de vol*, au verso) et se munir d'un explosimètre ;
  - type de sinistre (naufrage, échouement, explosion pendant la phase d'exploitation...) ;
  - type de déversement du polluant (ponctuel ou continu, en surface ou en profondeur) ;
  - dernière observation de la pollution (date, aspect, localisation).
- Recueillir les éléments d'information sur les conditions locales (météo depuis la dernière observation, courants, état de la mer...).
- En l'absence de consignes d'un centre de coordination, estimer la localisation la plus vraisemblable de la pollution en calculant sa dérive probable (voir *calcul de la dérive* page 19) à partir soit du lieu de déversement soit de la dernière position observée.
- Examiner la possibilité que d'autres secteurs non prospectés soient pollués, en tenant compte des circonstances locales : route du navire avant l'accident, autres apports de polluant tels que décrochement et dérive de nappes précédemment déposées sur la côte, nouvelle fuite de l'épave... (voir l'exemple de la marée noire de l'*Erika* dans l'encadré 1, ci-dessous).
- En déduire la zone de recherche à couvrir par la mission et définir le profil de vol (voir *Profil de vol*, au verso).

Encadré 1 *Le naufrage de l'Erika, 1999*

Avant de se casser en deux, l'*Erika* a perdu du fioul qui est arrivé à la côte sans avoir été observé en mer, faute de recherches spécifiquement orientées vers le repérage de ces pertes, etant donne qu'elles n'ont pas été signalées par le capitaine du navire.

- Prévoir l'aspect du polluant en fonction de ses caractéristiques (recherche de sa viscosité à température ambiante, évaluation de sa propension à former une émulsion) ou des dernières observations et anticiper sur les éventuelles difficultés de repérage (polluant peu flottant, nappes morcelées...).
- Préparez et munissez-vous de bouées dérivantes à larguer dans les nappes, et suivies ensuite par satellite.

Le profil de vol

- Les hydrocarbures ayant tendance à s'étaler en bandes parallèles au vent, il faut prospecter la zone à couvrir en volant travers au vent selon la technique de recherche en échelle pour augmenter les possibilités de détection des nappes (voir figure 1)
  - la brume et l'éblouissement créés par la surface de la mer ont souvent une incidence néfaste sur la visibilité. La position du soleil dicte, dans certains cas, la meilleure direction de vol ;
  - l'altitude de recherche est fonction de la taille des nappes à repérer, de la visibilité et de l'état de la mer. Il faut optimiser la zone de balayage sans pour autant perdre le moindre détail important.
- Rechercher en priorité les zones les plus polluées (plaques ou nappes épaisses, zones d'accumulation). En mer, suivre les plaques ou bandes de faible épaisseur (aspect reflet, arc-en-ciel ou métallique) dans la direction du vent pour rechercher d'éventuelles nappes épaisses sous le vent de la zone polluée.
- Dans le cas d'une bande polluée ou d'un sillage frais, les suivre pour rechercher l'origine de la pollution. Cette origine sera le plus souvent située au vent, notamment si le point de déversement est fixe, mais aussi en amont du courant.

Voir également le chapitre sur la *topographie des nappes d'hydrocarbures en mer* page, 17.

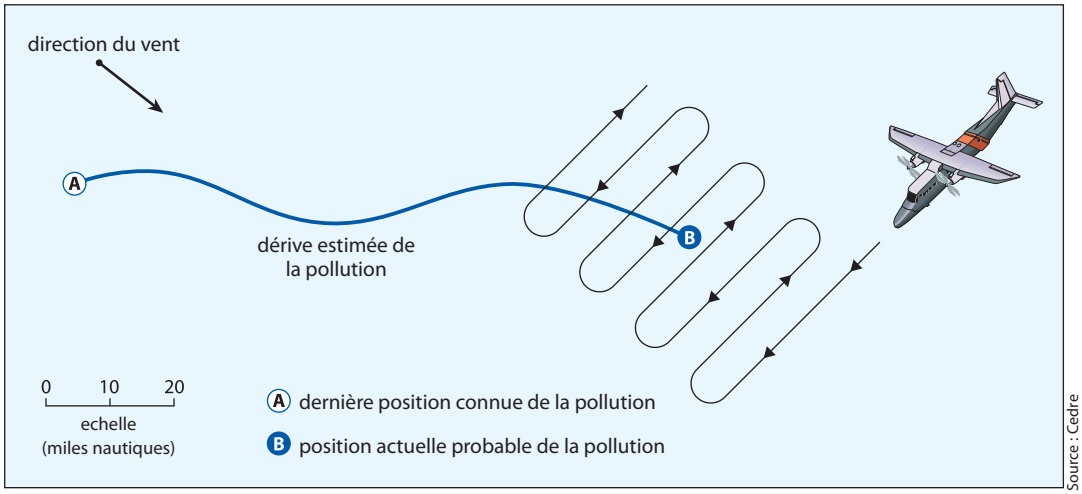
Remarques :

L'utilisation de lunettes de soleil à verres polarisants facilite l'observation.

•

Dans la mesure du possible, les observations réalisées à partir d'un avion non spécialisé (ex : patrouille maritime) seront confirmées grâce à une reconnaissance par hélicoptère (observation plus précise), ou en faisant appel à un avion équipé d'un système de télédétection (IR, SLAR, FLIR, UV, éventuellement micro-ondes).

Figure 1 *Recherche en échelle*



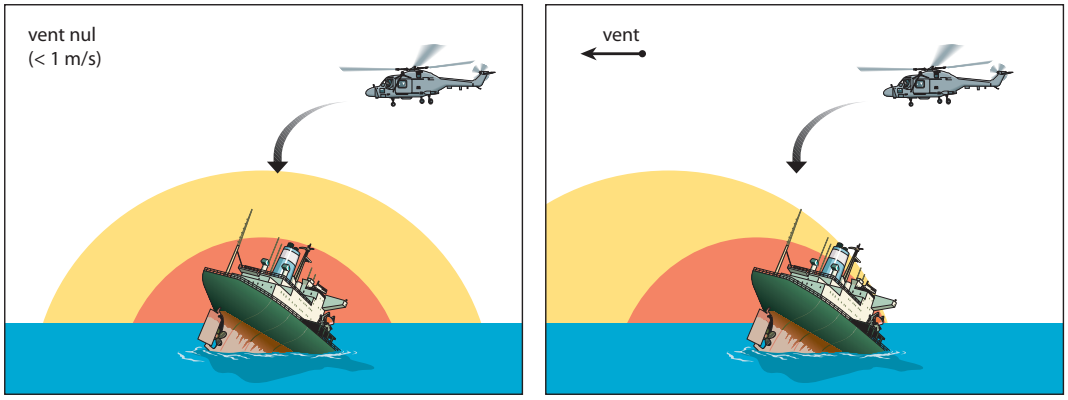
Source : Cedre

- Dans le cas d'un déversement important de brut léger ou de produit raffiné léger, il est possible qu'un nuage gazeux (toxique ou explosif) se forme. Dans ce cas, il sera nécessaire de préparer soigneusement l'approche et le survol du site, pour éviter tout risque pour l'équipage. Dans le cas d'une reconnaissance en hélicoptère, plusieurs préconisations devront être respectées (voir figure 2). L'approche du lieu de déversement doit se faire perpendiculaire- ment au vent ou vent arrière, à une altitude qui ne soit pas inférieure à 50 mètres, l'hélicoptère n'évoluant pas en zones dangereuses. Le personnel de l'hélicoptère devra être muni de masques respiratoires, d'un explosimètre et accessoirement d'un toximètre pour détecter la présence de vapeurs toxiques dans l'air. (Voir IPIECA, 2012, pour plus d'informations sur les mesures de sécurité et les mesures sanitaires lors des interventions anti-pollution). L'hélicoptère en vol stationnaire au-dessus de la nappe inflammable ne descendra pas à une altitude inférieure à 20 mètres dans tous les cas, 30 mètres dans le cas d'un déversement important de produit très inflammable (hydrocarbure très léger).

Attention !

Si l'action du courant est plus forte que celle du vent, la nappe peut remonter au vent.

Figure 2 *Approche par hélicoptère d'un pétrolier en difficultés*



En dehors de toute évaluation plus approfondie, protéger le personnel d'intervention (vêtements de protection, masques) dans un rayon de 200 m au moins.

Les valeurs ne sont données qu'à titre indicatif, chaque cas nécessite une évaluation particulière.

Les différents types d'hydrocarbures

Le pétrole et les produits pétroliers

Remarque :
Les émulsions formées par ces produits varient d'une couleur brun sombre à orange.

Les hydrocarbures sont des mélanges complexes de composés chimiques ; leur aspect, leurs caractéristiques physiques ainsi que leur comportement dépendent de leur composition.
Les déversements de produits pétroliers en mer impliquent principalement trois types de produits qui ont des comportements très différents :

- Les produits raffinés légers sont des produits peu colorés, voire incolores, et très fluides, composés des fractions les plus légères des pétroles (ex : essence, white spirit, kérosène, gazole, fioul domestique...).
- Les produits raffinés lourds sont des pro- duits de couleur noire, souvent très visqueux, ne comportant que peu ou pas de fractions légères (ex : fioul lourd - HFO ou intermédiaire - IFO, fioul de propulsion des navires, rejets de cale...).
- Les pétroles bruts sont des produits de couleur brune à noire dont les caractéristiquesvarient énormément selon leur composition, en particulier la part relative de leurs fractions légères et lourdes qui les rapprochent soit des raffinés légers soit des raffinés lourds. Toutefois, après quelque temps passé en mer, les pétroles bruts ayant perdu leurs fractions légères par vieillissement (voir le chapitre *Vieillissement et comportement des hydrocarbures* à la page 13) rejoignent par leurs caractéristiques et leur comporte- ment les produits raffinés lourds.

Tableau 1 *Propriétés des produits pétroliers*

Nature de l'hydrocarbure	Persistance/Évaporation
Produits raffinés légers, par ex. : essence (gazoline), gazole, kérosène	• Persistance très faible, voire nulle • Évaporation rapide (en quelques heures) • Dispersion naturelle
Produits de viscosité < 2 000 cSt. • Bruts légers et moyens peu vieillis • Fiouls légers et intermédiaires peu vieillis	• Persistance faible • Évaporation forte (autour de 40% en 24 heures)
Produits de viscosité > 2 000 cSt. • Bruts légers et moyens vieillis • Bruts lourds • Fiouls lourds, résidus opérationnels ex. : bunker C, HFO, IFO 380	• Persistance moyenne • Évaporation faible (généralement inférieure à 10%)
Bruts paraffiniques dont le point d'écoulement est supérieur à la température de l'eau de la mer	• Persistance forte • Hydrocarbures solides ou liquides et très visqueux • Evaporation très faible

Caractéristiques physiques essentielles

Un produit pétrolier répandu en mer peut être caractérisé par un certain nombre de paramètres physiques qui renseignent sur son comportement et son état de vieillissement à un instant donné de son évolution. Ces paramètres physiques sont principalement :

La densité

Les hydrocarbures ont presque toujours une densité inférieure à 1, ce qui leur permet de flotter sur l'eau. Cependant, une fois déversés en mer, des phénomènes de vieillissement (évaporation et surtout émulsification) augmentent progressivement leur densité jusqu'à des valeurs proches de celles de l'eau de mer, ce qui rend leur flottabilité plus incertaine surtout en zones littorales et estuariennes. Une densité accrue suppose une probabilité plus grande de brassage par les vagues dans les mers les plus agitées.

La viscosité

Les hydrocarbures ont des viscosités initiales très variables. Cette viscosité dépend de la température (voir la figure 3 à page 12). Lors d'un déversement en mer, du fait des phénomènes de vieillissement (évaporation et surtout émulsification, voir pages 13 et 14), la viscosité augmente progressivement, éventuellement jusqu'à des valeurs très élevées (ex : $>10^5$ cSt) ce qui modifie le comportement du polluant à la surface de la mer (voir page 15).

Le point d'écoulement

Le point d'écoulement d'un hydrocarbure est défini comme la température à partir de laquelle le produit ne s'écoule plus dans les conditions de test en laboratoire. Cela ne signifie pas qu'en dessous de cette température l'hydrocarbure se comporte comme un solide. Le point d'écoulement est en effet mesuré en laboratoire, dans un tube de faible diamètre. L'hydrocarbure déversé en mer, dans un milieu ouvert, restera fluide à des températures inférieures à son point d'écoulement.

La toxicité des Composés Organiques Volatils (COV)

À une concentration de 900 ppm (0,09 %) les COV produisent une irritation des voies respiratoires et des yeux au bout d'environ une heure.

La zone d'explosivité

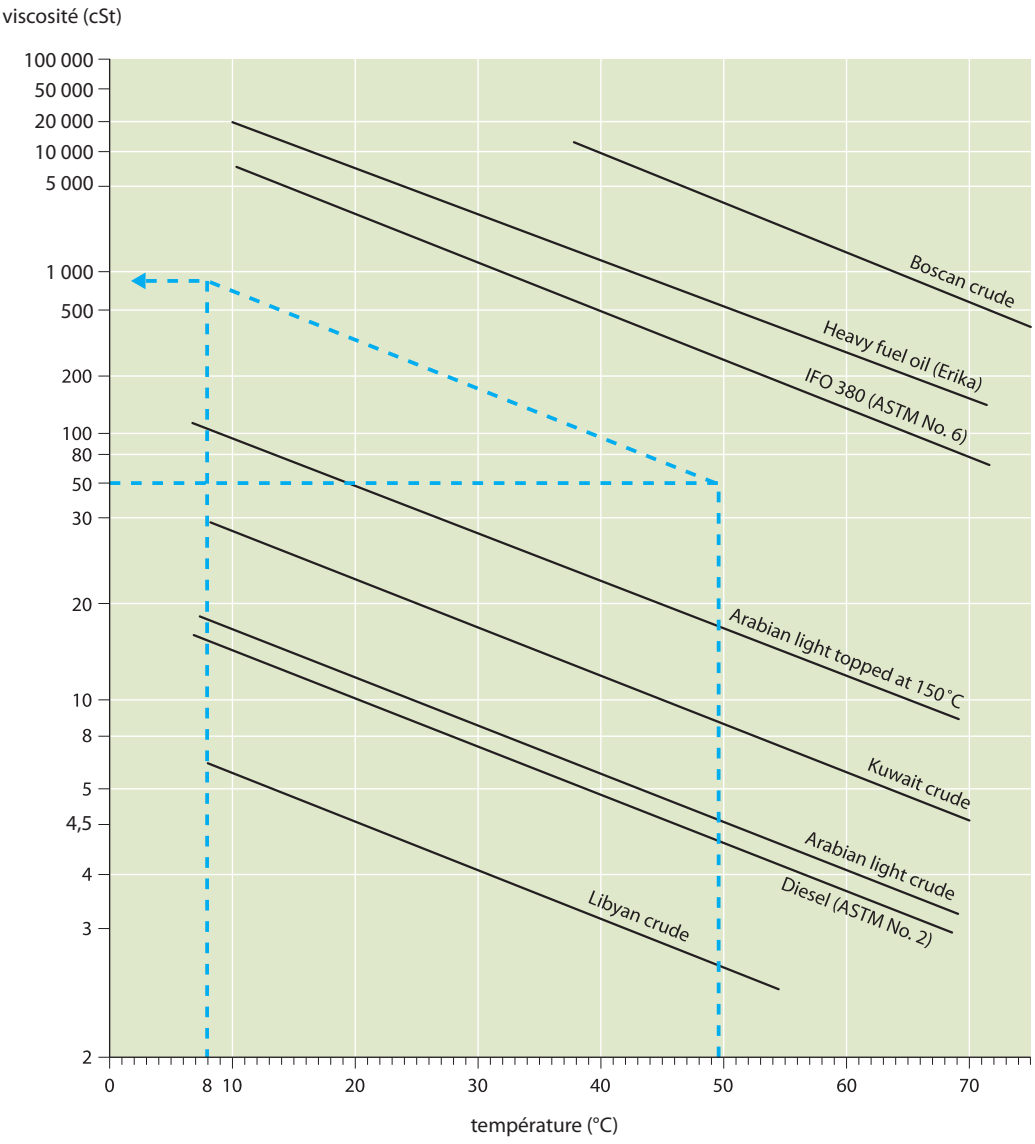
La zone d'explosivité correspond à des valeurs minimales d'hydrocarbures gazeux dans l'atmosphère comprises entre 2 et 11,5 %.

Deux autres caractéristiques sont importantes : le point d'éclair et la température d'auto-inflammation (voir *glossaire*). Ces caractéristiques sont très importantes notamment dans le cas des produits raffinés pour lesquels une bonne évaluation des risques d'incendie et d'explosion est nécessaire.

Des informations plus détaillées sur les caractéristiques des produits pétroliers sont fournies par les orientations de l'IPIECA-IOGP en matière de caractérisation des produits pétroliers (IPIECA-IOGP, 2014a).

Comment lire ce diagramme :
Par exemple, la ligne pointillée en bleue montre que la viscosité à 8 °C d'un fioul qui affiche 50 cSt à 50 °C s'élève à 800 cSt.

Figure 3 *Détermination de la viscosité d'un hydrocarbure en fonction de la température*

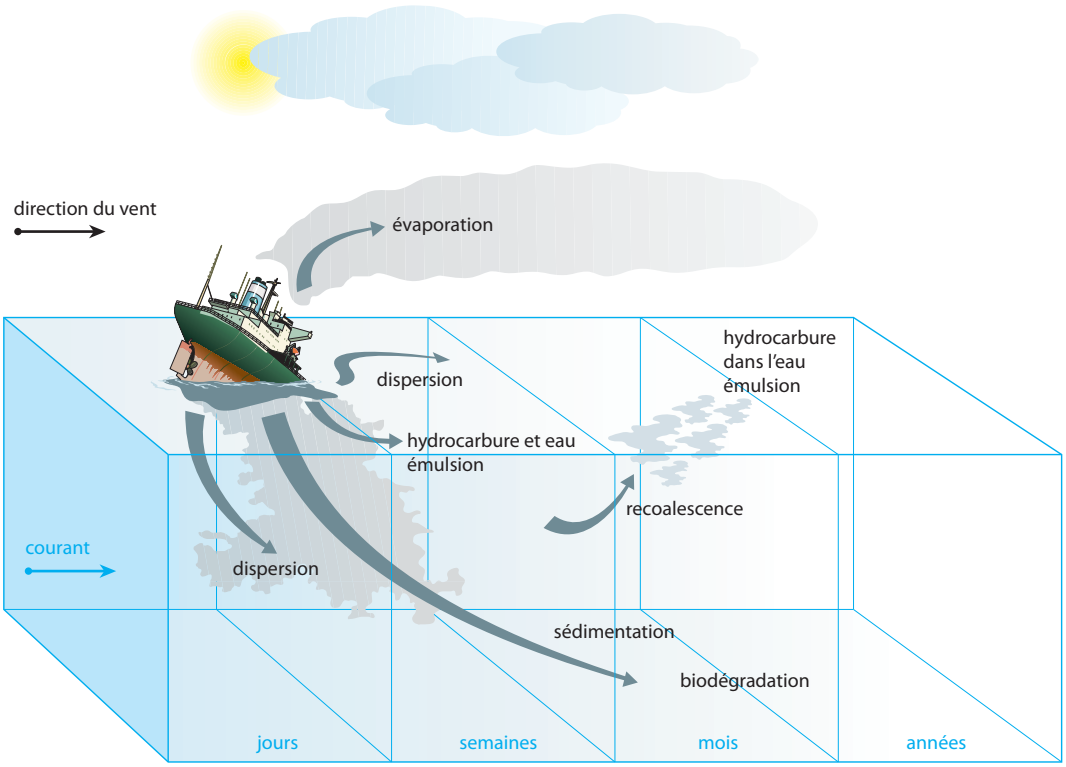


Vieillissement et comportement des hydrocarbures en mer

Les premiers jours

Un hydrocarbure déversé en mer se modifie progressivement. Il change d'aspect et de comportement au fil du temps. Voir figure 4.

Figure 4 *Devenir des hydrocarbures déversés dans l'eau*



Pendant les premiers jours, l'hydrocarbure déversé en mer est sujet aux processus suivants :

- **Étalement en un film** éventuellement très fin (par ex. moins de 1 micron). Une quantité, même faible, peut alors couvrir des surfaces considérables (1 000 litres dispersés selon un film d'un micron peuvent couvrir 1 km^2). Toutefois, cet étalement est irrégulier.

- **Évaporation** des fractions les plus légères : les pétroles bruts, les condensats et les produits raffinés commencent à s'évaporer immédiatement après leur déversement et peuvent continuer à s'évaporer longtemps si les conditions météorologiques sont favorables. Le taux d'évaporation dépend en premier lieu de la volatilité des différentes fractions de l'hydrocarbure mais également d'autres facteurs,

Source : BSAM, Douane française

Déversement récent (quelques heures) : le polluant encore frais s'étale largement tel un film parsemé de plaques plus épaisses.

Attention !

Les produits dont la pression de vapeur est élevée, comme l'essence, sont dangereux en cas d'inhalation et peuvent exploser ou s'enflammer (même en cas de concentration faible dans l'air).

Avec le temps, la nappe se fragmente et les zones de fortes épaisseurs sont de plus en plus tranchées par rapport aux épaisseurs fines (reflet, arc-en-ciel ou métallique), quelques heures à 1 jour après le déversement.

Source : ITOPF

En vieillissant, des plaques d'émulsion de couleur rouge brique peuvent se former au centre d'épaisseurs plus fines (reflet, arc-en-ciel ou métallique) et des plaques de polluant plus épaisses (2 à 8 jours après le déversement).

Source : Cedre

Par la suite, les films (reflet, arc-en-ciel ou métallique) s'estompent progressivement et, à terme, seules des plaques ou traînées d'émulsion (plusieurs jours après le déversement) ne subsisteront surtout en cas de mer agitée.

Source : Cedre

Des irisations peuvent cependant apparaître par la suite, même plusieurs semaines à plusieurs mois après le déversement, si la mer est très calme et si le soleil brille.

Source : Cedre

tels que la quantité déversée, les températures de l'eau et de l'air, l'agitation du plan d'eau, le vent et le taux d'étalement de la nappe.

- Après un déversement de brut 50 % peuvent s'évaporer durant les premières 24 heures.
- Dans un déversement d'essence à 20°C environ, 50 % s'évaporent dans les 7 à 8 min qui suivent. Les essences, le kérosène et les fractions légères de fiouls (composés volatils à point d'ébullition de 200°C) disparaissent presque entièrement au bout de 24 heures à 20°C.
- Pour du fioul domestique (FOD), 30 à 50 % s'évaporent en un jour. Pour les fiouls lourds on estime la perte par évaporation à 10 % maximum de leur poids.

- **Dispersion naturelle**, dont le pourcentage est essentiellement lié à la nature du produit et à l'état de la mer. Les vagues et les remous à la surface de la mer agissent sur la nappe en formant des gouttelettes de différentes tailles. Les plus petites restent en suspension dans la colonne d'eau, les autres se collant à d'autres gouttelettes ou s'étalant en fine couche. La recoalescence des gouttes mises en suspension se produit d'autant plus que la mer est calme. L'observation aérienne est en revanche plus aisée. Une quantité importante de polluant peut se disperser naturellement (Ce fut le cas par exemple lors de la pollution du *Braer* en 1993).

- **Émulsification** intervenant essentiellement dans le cas d'un pétrole brut ou d'un raffiné noir au bout de quelques jours, voire seulement de quelques heures si la mer est agitée. Cette émulsion est de couleur brune sombre à orange. Ce phénomène a comme conséquences d'augmenter le volume visible de polluant, de diminuer l'étalement (par la formation de plaques épaisses) et d'augmenter à terme la densité apparente du polluant, pratiquement jusqu'à celle de l'eau de mer. Dans ce cas, le polluant peut alors rester entre deux eaux ou éventuellement couler, surtout en zones côtières et estuariennes, du fait de la présente de matières en suspension et de la diminution de la salinité.

Des informations plus détaillées sur le vieillissement et le comportement des hydrocarbures en mer sont disponibles dans le document d'information technique numéro 2 de l'ITOPF, *Devenir des déversements d'hydrocarbures en mer.*

Aspect des nappes d'hydrocarbure

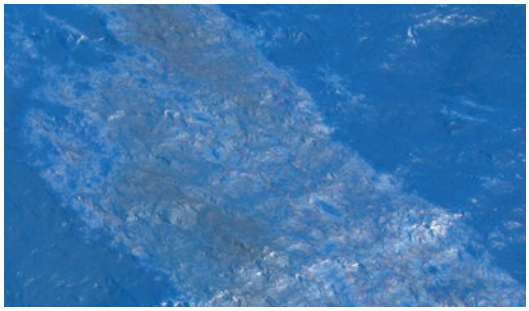
En fonction de l'angle d'observation il peut s'avérer difficile de distinguer les reflets d'hydrocarbures aux couches plus épaisses. La couleur des plaques et des traînées peut varier avec la luminosité, la couleur du ciel et la position de l'observateur par rapport à l'orientation du soleil.

Source : Cedre

Cas générale

Raffiné léger

- Étalement rapide sur de très grandes surfaces en film mince relativement homogène.
- Forte évaporation et dispersion naturelle entraînant sa disparition en deux ou trois jours, voire seulement quelques heures.
- Produit peu coloré, voir incolore, surtout visible sous faible incidence. Les nappes apparaissent alors comme des taches plus brillantes.



Source : ITOPF

Nappe de produit raffiné léger : étalement rapide en film fin.

Raffiné lourd ou pétrole brut

- Etalement irrégulier formant très rapidement des plaques ou des traînées épaisses de couleur noire à brun noir (tirant éventuellement sur le vert), entourées d'un film sombre, continu et mince.
- Au fil des heures (et suite à la perte par évaporation des fractions légères du polluant), les plaques s'épaississent, se ramassent sur elles-mêmes (épaisseur de plusieurs millimètres), virent au brun ou brun-orange pendant que le film continu, de plus en plus fin, se transforme et prend l'aspect reflets, arc-en-ciel ou métalliques. Au bout de plusieurs jours, les couches de très faible épaisseur s'estompent pour disparaître. Par temps calme et ensoleillé, des irisations peuvent cependant réapparaître.
- Les films minces continus sont bien visibles sous faible incidence (tache brillante) alors que les plaques épaisses se repèrent plutôt sous forte incidence.

Source : Cedre

Nappe de pétrole brut (sinistre du Nassia, Bosphore, Turquie, 1994).

Source : ITOPF

Nappe de pétrole brut (Grand Lac Amer, Egypte, 2006).

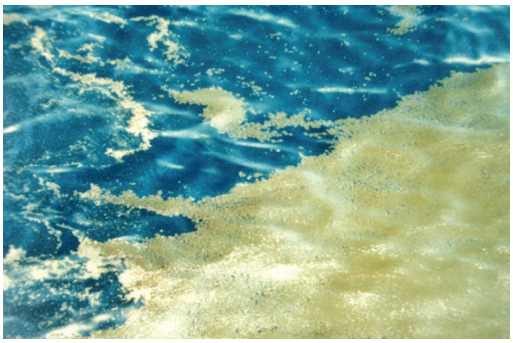
Cas particuliers

- Pétrole traité au dispersant : le pétrole effectivement dispersé apparaît sous l'aspect d'un nuage orange à brun clair, parfois brun foncé juste sous la surface de l'eau.
- Produit pétrolier figé à la température de l'eau de mer (concerne principalement les produits comportant des paraffines lourdes) : formation de plaques épaisses ou grumeleuses entourées éventuellement de reflets, arc-en-ciel ou métalliques en couches très minces.
- Produit formant peu ou pas d'émulsion inverse, comme par exemple un hydrocarbure léger, brut ou raffiné: il ne subsiste que des couches très minces qui se disloquent et s'estompent progressivement.

La photographie à droite illustre un cas de pétrole traité au dispersant.

Source : Cedre

Source : Cedre



Source : Cedre

Ci-dessus : pétrole paraffinique figé : vues de près, les plaques sont formées de grumeaux.

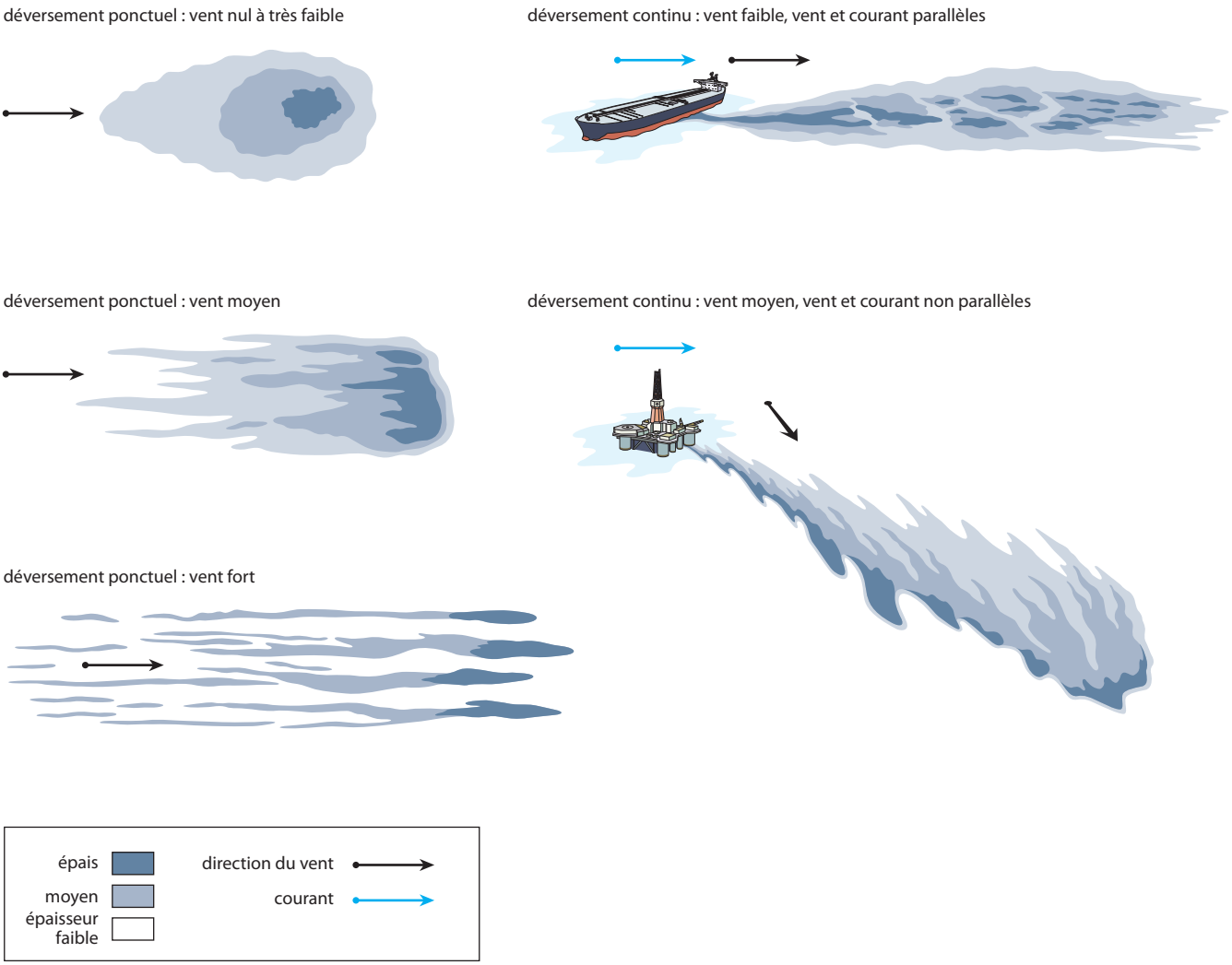
À droite : pétrole dans la glace.

Source : ITOPF

La formation des nappes d'hydrocarbures en mer

- Pour les nappes relativement fraîches (datant de quelques heures à quelques jours), la forme et la répartition des épaisseurs (faibles, moyennes, fortes) dépendent essentiellement du vent. Le vent étale et allonge les nappes jusqu'à les découper en bandes parallèles puis les morceler. Les fortes épaisseurs se trouvent sous le vent. Par vent très fort, les zones irisées (reflets, arc-en-ciel et métalliques) tendent à disparaître.
- Pour les nappes anciennes (d'une semaine ou plus) les reflets et films arc-en-ciel ou métalliques s'estompent. Ne subsistent plus que des plaques de forte épaisseur très émulsionnées flottant à peine à la surface. En cas de forte tempête, il peut arriver que des pollutions mêmes importantes ne soient plus observables puis réapparaissent quand le temps se calme. Les déferlantes peuvent aussi morceler ces plaques pour aboutir progressivement au stade de boulettes éparses plus difficiles à observer. Les pollutions les plus anciennes se retrouvent souvent mélangées à des macro-déchets flottants.

Figure 5 *Topographie des nappes d'hydrocarbures en mer*



Arrivée des hydrocarbures à la côte

Remarque :
Les échouements d'hydrocarbures en quantités faibles ou fragmentées sont très difficiles à observer par aéronefs surtout en zones rocheuses.

- Des nappes ou plaques flottantes s'accumulent dans les reliefs sous l'influence du vent (anse, baie, bras de mer...).

Source : Cedre

Arrivage à la côte d'émulsion vieillie suite au naufrage du pétrolier Erika *chargé de fioul lourd (Le Croisic, Loire-Atlantique, décembre 1999).*

- Avec le jeu des marées, le polluant se dépose dans les sites d'accumulation, généralement sous forme d'une bande plus ou moins continue, en partie haute (laisse de haute mer).

Source : ITOPF

Pétrole échoué dans une zone d'accumulation naturelle.

- Le polluant est souvent mélangé en proportion très variable à des macro-déchets et débris, en particulier des algues.

Source : Cedre

Arrivée à la côte d'un mélange d'algues et de fioul émulsionné issu du naufrage du Prestige *(Galice, novembre 2002)*

- Le polluant peut repartir si le vent tourne ou avec la renverse du courant.

Source : ITOPF

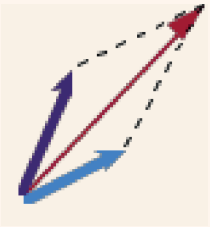
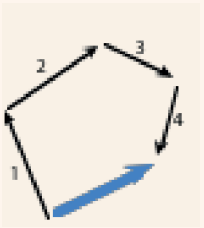
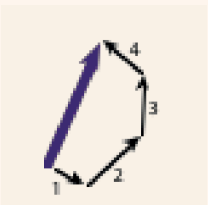
Remobilisation de fioul piégé dans une zone rocheuse.

La dérive des nappes d'hydrocarbures

Calcul de la dérive

Une nappe d'hydrocarbure dérive sur l'eau à 3 - 4 % de la vitesse du vent et à 100 % de celle du courant. Le trajet parcouru réellement par une nappe ou « route sur le fond » peut être déterminé graphiquement par addition vectorielle, établie heure par heure, de la vitesse du courant et de 3 – 4% de celle du vent.

Tableau 2 *Calcul de la dérive sur deux heures*

	Courant	Vent	Dérive
Première heure	1,5 nœud à 340°	12 nœuds x 3/100 = 0,36 nœud à 300°	
Deuxième heure	1,5 nœud à 60°	30 nœuds x 3/100 = 0,9 nœud à 230°	
Troisième heure	1 nœud à 110°	25 nœuds x 3/100 = 0,75 nœud à 185°	
Quatrième heure	1 nœud à 190°	20 nœuds x 3/100 = 0,6 nœud à 130°	
			

Les flèches noires figurent les effets successifs sur la nappe du courant (100 %) et du vent (3 %) par tranches horaires. Les flèches bleues donnent leur résultante sur 4 heures. La flèche rouge montre la résultante globale.

Déplacement de la nappe et modèles de dérive

Des logiciels informatiques permettent de calculer le déplacement ou la dérive des nappes d'hydrocarbures. Ils sont utiles pour préparer la mission.

Modélisation de la dérive

La modélisation de la prévision de la dérive de surface des hydrocarbures peut être effectuée à l'aide de modèles mathématiques prenant en compte les conditions météo-océaniques. Les modèles sont initiés à partir d'observations (le plus souvent aériennes) des pollutions dont on aura noté l'aspect (morcellement, flottabilité), la dimension, la position et l'heure.

Il est indispensable de « recaler » régulièrement les modèles par des observations. Le cas échéant, des bouées larguées dans les nappes permettent de se situer par rapport aux prévisions. La fiabilité des données météorologiques autorise en routine une prévision à 3 ou 4 jours et une dérive à rebours de 3 jours, selon les modèles.

Figure 6 *Exemple de prévision de dérive de nappes à destination des experts (sortie brute du modèle)*

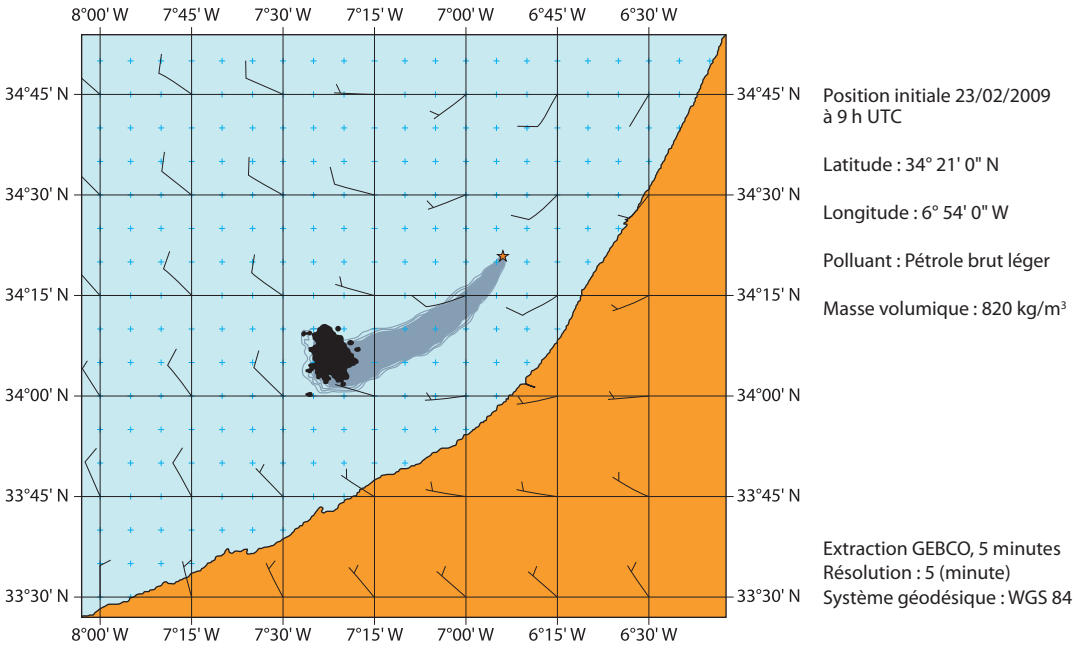
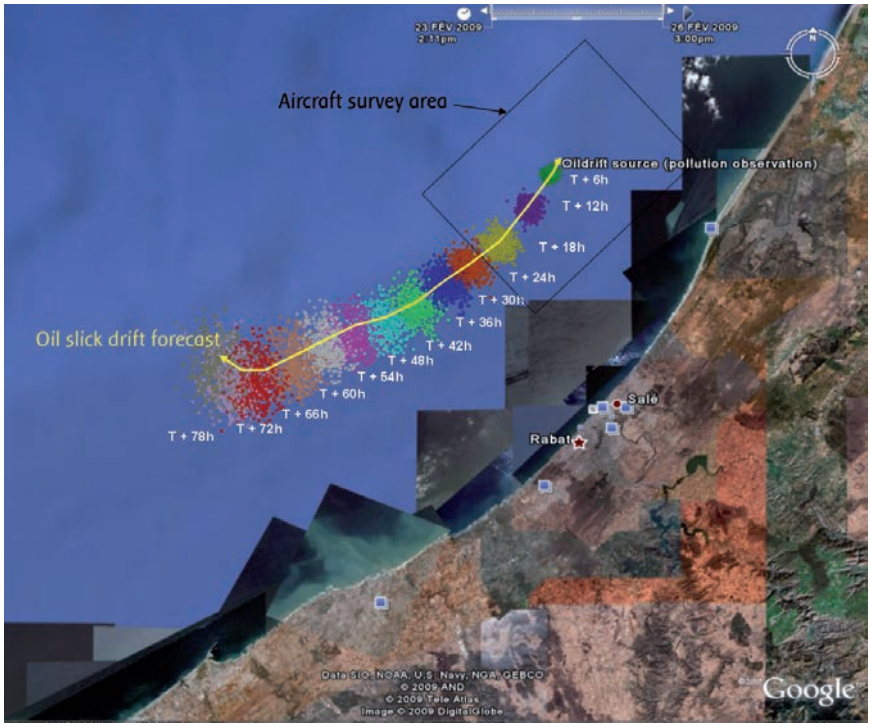


Illustration de sortie depuis MOTHY (Modèle Océanique de Transport d'Hydrocarbures) à Météo-France

Lors d'une pollution majeure, touchant un espace maritime important, les sorties de modèles, comme celui de la page précédente, sont exploitées pour établir des cartes de synthèse rassemblant les observations du jour et les prévisions de dérive sur quelques jours. Les observations du jour sont accompagnées des zones de survols des différents aéronefs permettant de visualiser ce qui a été exploré et ce qui ne l'a pas été.

La qualité des données de courants et des prévisions météorologiques est cruciale pour garantir la précision de ces modèles.



Traitement infographique de la sortie brute de la prévision de dérive sur la page précédente afin de la rendre plus facilement exploitable pour les équipes opérationnelles et celles de la communication

L'utilisation des bouées dérivantes

En cas de pollution, il est nécessaire de connaître la dérive des nappes et d'anticiper leurs déplacements pour guider les navires assurant les opérations de traitement du polluant en mer et informer les autorités responsables de la lutte à terre dès les premières menaces d'arrivages sur le littoral. En complément des observations aériennes et des images satellitaires, des bouées dérivantes (souvent appelées « drifters ») suivies par satellite peuvent être larguées.

L'expérience des pollutions passées (grandes marées noires, rejets illicites, épaves) montre que des bouées dérivantes larguées par aéronef ou par bateau présentent les avantages suivants :

- suivre les dérives à distance (utile quand les conditions ne permettent pas les survols ou les observations) ;
- ne pas « perdre » des nappes non observées ultérieurement ;
- situer le lieu d'échouement de « petites pollu- tions » générées par les rejets illicites ;
- informer les populations quant à l'évolution des pollutions potentielles à partir d'épaves.

Source : Cedre

À gauche : Bouées IESM-PTR : balises ARGOS autonomes, flottantes et largables par aéronef.

Bouées d'échantillonnage

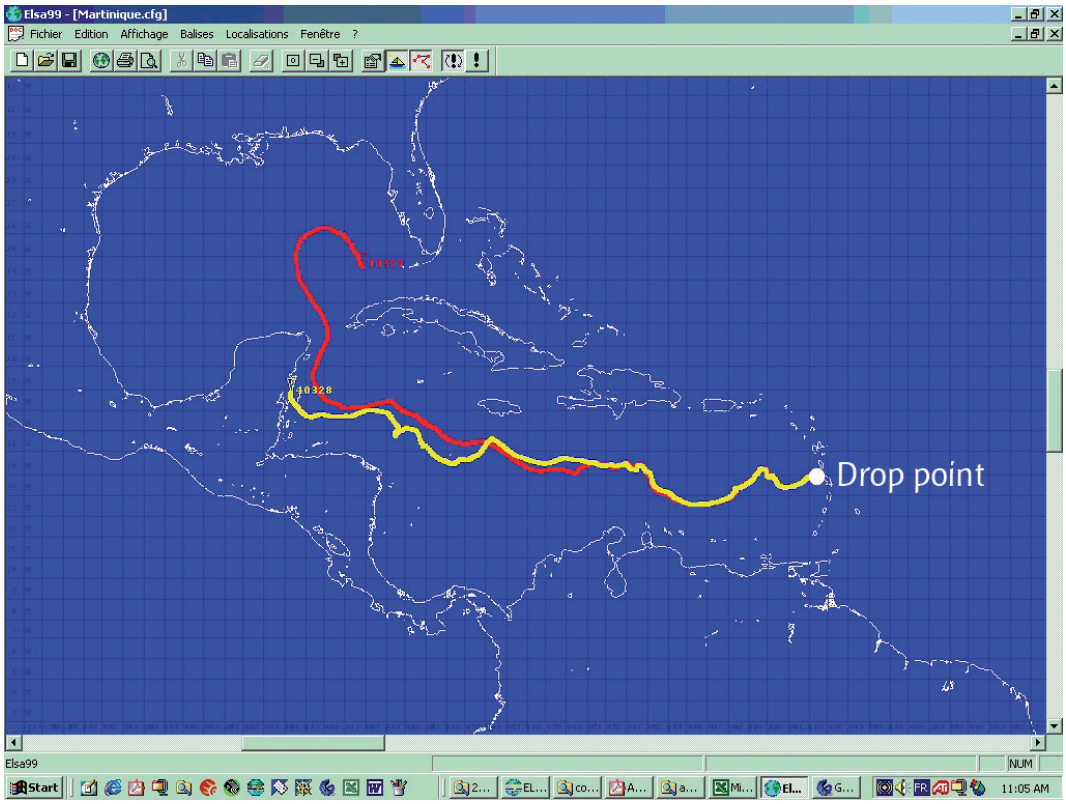
Des bouées de prélèvement largables depuis un aéronef directement sur les nappes ont été récemment mises au point. Elles contiennent un morceau de toile Teflon® capable de retenir les hydrocarbures pour une future analyse et sont repérables grâce à l'émission de signaux lumineux et radio.

Encadré 2 *Le sinistre du Prestige, 2002*

Le SHOM (Service hydrographique et océanographique de la Marine française) a utilisé des bouées dérivantes « droguées » suivies par satellite pour mesurer la réalité du courant saisonnier dit de « Navidad » qui devait entraîner les nappes comme un véritable fleuve. Ces bouées ont montré que le courant n'était pas formé et que la dérive des nappes était essentiellement dominée par le vent.

Le *Cedre* a mis à disposition de la Marine nationale, de la Société de sauvetage et de sécurité maritime (SASEMAR) et du Centre d'expertise technologique basque, spécialisé en recherche marine et alimentaire (AZTI) des bouées dérivantes de surface, ayant une dérive pratiquement identique à celles de nappes d'hydrocarbures, dont quelques-unes avaient été utilisées en décembre 1999 lors de la pollution de l'*Erika*. Ces bouées ont permis de suivre les mouvements à moyen terme des nappes dans le golfe de Gascogne : l'une d'elles, lâchée début février 2003 au large du bassin d'Arcachon, est remontée 3 mois plus tard jusqu'à la pointe de Bretagne.

L'Institut océanographique portugais puis la SASEMAR, en collaboration avec le *Cedre*, ont aussi placé mensuellement des bouées de surface au-dessus de l'épave du *Prestige*, après le 23 février 2003. Aucune n'est entrée dans le golfe de Gascogne dans les 12 mois qui ont suivi, mettant en évidence un risque plus fort pour les côtes portugaises et marocaines que pour les côtes françaises en cas de fuite de l'épave du *Prestige*.



Exemple d'une expérimentation de suivi de dérive de bouées de surface dans la zone des Caraïbes. En jaune et rouge le trajet de deux bouées larguées du même point.

Transmission de l'information et des données

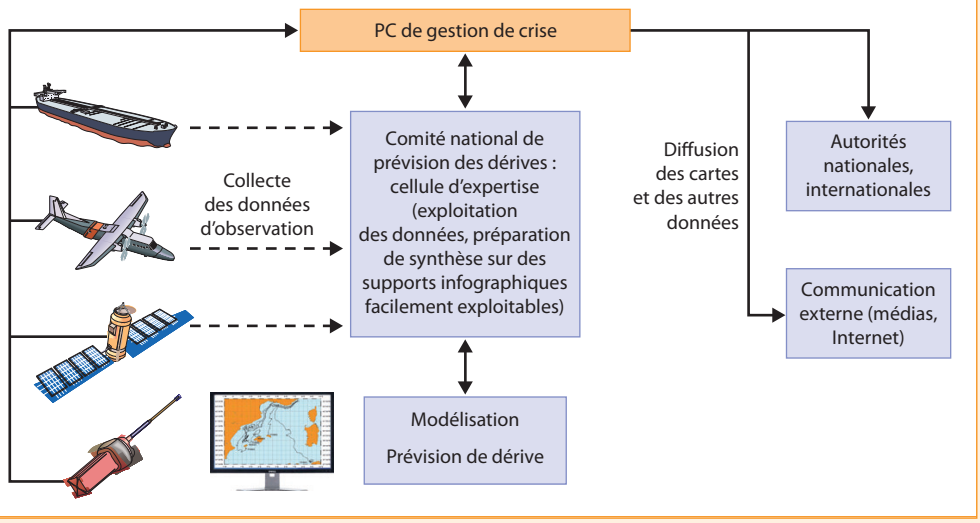
Lors de la gestion d'une pollution, beaucoup d'informations sont à prendre en compte, et notamment les observations aériennes (position de la pollution, commentaires sur les observations, plans de vol initial et réalisé, photos, images obtenues par les capteurs...), les prévisions de dérive ainsi que les signaux renvoyés par les balises larguées en mer (voir *Utilisation des balises dérivantes* à la page 21). Ces données circulent entre opérationnels via des supports variés (fax, téléphone, courriel, Internet). Pour optimiser la transmission et l'exploitation des données, on privilégiera la saisie informatique (ex : rapports de pollutions dans un tableur, utilisation d'appareils photos numériques ou autre système couplé à un GPS).

Il est important :
- d'informatiser un maximum d'informations ;
- d'utiliser des moyens numériques de prise de vue ;
- transmettre en temps réel les informations en utilisant Internet.

Encadré 3 *Les avantages d'une approche coordonnée*

Les enseignements tirés des dernières grandes pollutions montrent l'intérêt de rassembler les experts de divers organismes nationaux compétents ayant pour missions :
- d'analyser les données d'observations (aériennes, nautiques, satellitales) ;
- de transmettre les données sélectionnées aux prévisionnistes/modélisateurs ;
- d'établir des recommandations pour les futurs vols d'observation ;
- de mettre au point une carte de synthèse journalière et de la diffuser aux équipes d'intervention;
- de proposer des études et expérimentations susceptibles de renforcer ces prévisions.

La constitution d'un tel comité permet d'améliorer la qualité des prévisions et de faciliter la prise de décision des autorités tout en se révélant une innovation précieuse sur le plan de l'information et de la communication.



Observation d'un déversement d'hydrocarbure

Les critères d'observation

Les critères d'observation d'une pollution sont :

- Le taux de couverture (voir page 43) et les dimensions des nappes ou plaques qui renseignent sur l'ampleur de la pollution.
- La position et l'heure de l'observation.
- L'aspect (forme, couleur et disposition), qui précisent le type de polluant et son degré de vieillissement.

Encadré 4 *Aspect d'un hydrocarbure déversé*

L'aspect peut prendre la forme :

- De films minces (reflets, arc-en-ciel, métalliques) de couleur argentée et/ou colorés (dans le cas des produits raffinés légers ou pollutions faibles et très diffuses) - épaisseur : quelques microns (< 50 000 l / km^2).
- De nappes d'épaisseur variable avec des couleurs discontinues sombres (noires ou brunes selon l'hydrocarbure), souvent entourées de films minces (reflets, arc-en-ciel, métalliques), en fonction du vieillissement de la pollution - épaisseur de 50 à 200 µm (50 000 à 200 000 l/km^2)::
  - nappe noire et film mince : pollution récente peu vieillie ;
  - nappe brune à rouge et disparition progressive des films minces : émulsion vieillie par plusieurs jours en mer.
- Des plaques épaisses à bords francs de la couleur de l'hydrocarbure, le plus souvent brunes sombres à oranges, éventuellement entourées de films minces (plaques d'émulsion bien vieillies par une semaine en mer ou plus) - épaisseur importante de 0,2 à 3 cm et plus, soit de 200 000 à 3 000 000 l/km^2, voir plus dans le cas d'hydrocarbures ou d'émulsions extrêmement visqueux.
- De boulettes d'émulsion qui résultent du fractionnement de plaques épaisses en éléments de plus en plus petits, de plus en plus difficiles à apercevoir.
- Quelquefois, on peut également rencontrer des taches brunes à orangées (parfois noires) sous la surface de l'eau (comme un nuage), qui témoignent de la présence de pétrole dispersé suite à une opération de traitement (dispersant).

Remarque :

La couleur vraie discontinue (voir Code d'apparence de l'accord de Bonn*) provient de l'apparence des nappes plus épaisses bordées de nappes plus fines (métalliques), c'est un effet produit par le mélange des deux apparences plus qu'une apparence spécifique.*

La couleur des nappes, plaques et traînées varie selon la luminosité, la couleur du ciel et l'orientation de l'observateur par rapport au soleil.

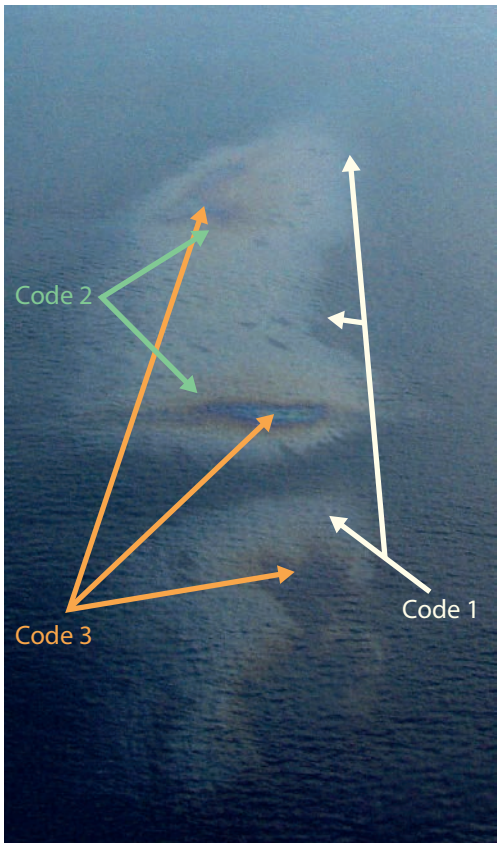
La disposition de la pollution peut être aléatoire ou orientée en bandes parallèles à la direction du vent.

Le Code d'apparence de l'Accord de Bonn

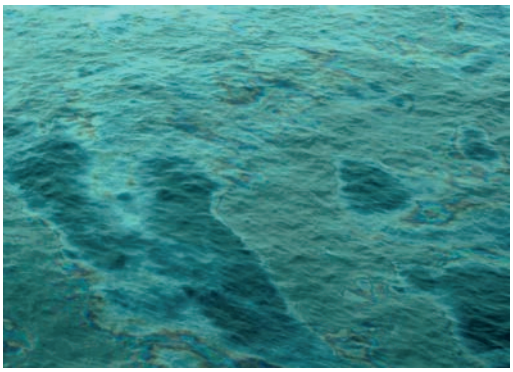
Le code d'apparence est issu d'une démarche scientifique visant à déterminer les quantités d'hydrocarbures déversées à l'aide des constatations visuelles de l'observation aérienne.
Des études menées sous l'égide de l'Accord de Bonn ont abouti à l'adoption d'un nouveau code d'apparence, applicable depuis janvier 2004, qui remplace l'ancien code couleur. Il doit être utilisé préférentiellement aux autres codes existants comme celui du mémorandum d'Entente de Paris.

Tableau 3 *Code applicable depuis janvier 2004*

Code d'apparence	Épaisseur de la nappe (µm)	Quantités (Litres/km^2)
Code 1 : Reflet (argenté/gris)	0,04 – 0,30	40 – 300
Code 2 : Arc-en-ciel	0,30 – 5	300 – 5 000
Code 3 : Métallique	5 – 50	5 000 – 50 000
Code 4 : Vraie couleur discontinue	50 – 200	50 000 – 200 000
Code 5 : Vraie couleur continue	> 200	> 200 000

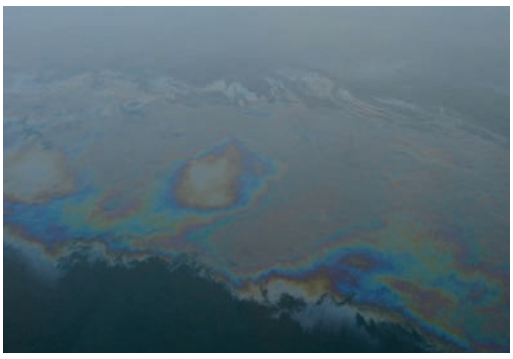


Source : Douane française



Source : Douane française

Apparence métallique, Code 3 majoritaire



Source : Marine nationale

Apparence Codes 1, 2, 3 et 4

Remarque :

Ce code permet de caractériser les fines épaisseurs et d'évaluer l'ampleur des déversements.

Tableau 4 *Code d'apparence des déversements d'hydrocarbures tel que défini dans le Guide de surveillance aérienne de l'accord de Bonn (www.bonnagreement.org)*

Code 1 : Reflet (< 0,3 µm)
Les couches très minces d'hydrocarbures réfléchissent la lumière entrante légèrement mieux que l'eau environnante et peuvent donc être observées comme reflets argentés ou gris. Tous les hydrocarbures dans ces couches minces peuvent être observés en raison de cet effet sans lien avec la couleur de l'hydrocarbure lui-même. Tous les hydrocarbures auront la même apparence dans le cas où ils seraient présents dans les bandes les plus minces. Au-dessous d'approximativement 0,04 µm d'épaisseur, les films sont invisibles. Dans de mauvaises conditions d'observations, même les films les plus épais peuvent ne pas être visibles. C'est ce qui se produit au-delà d'une certaine hauteur ou angle de vue, les films observés peuvent disparaître de la vue.
Code 2 : Arc-en-ciel (0,3 µm–5 µm)
L'apparence arc-en-ciel représente une gamme de couleurs jaune, rose, pourpre, vert, bleu, rouge, cuivre, orange. Ceci est provoqué par un effet d'optique indépendant du type d'hydrocarbure. Selon l'angle de vue et l'épaisseur de la couche, les couleurs distinguées seront diffuses ou très lumineuses. Les films avec des épaisseurs proches de la longueur d'onde des différentes couleurs de la lumière (0,2 µm - 1,5 µm, à savoir 0,4 µm pour le bleu et 0,7 µm pour le rouge), montrent l'effet d'arc-en-ciel le plus distinct. Cet effet se produira jusqu'à une épaisseur de couche de 5 µm. Les mauvaises conditions de lumière peuvent entraîner des couleurs d'aspect atténué. Une étendue d'hydrocarbures dans la zone de l'arc-en-ciel montrera des couleurs différentes de la nappe en fonction des angles de vue.
Code 3 : Métallique (5 µm – 50 µm)
L'apparence des hydrocarbures dans cette plage ne peut être décrite comme une couleur générale car elle dépend du type d'hydrocarbure et de l'épaisseur de la couche de polluant. Là où on peut observer une gamme de couleurs à l'intérieur d'une zone arc-en-ciel, l'aspect métallique apparaît comme couleur tout à fait homogène qui peut être bleue, brune, pourpre, violette ou d'une couleur différente. L'aspect métallique est le facteur commun et a été identifié comme un effet de miroir, dépendant des conditions de lumière et de ciel. Par exemple, le bleu peut être observé dans des conditions de ciel bleu.
Code 4 : Vraie couleur discontinue (50 µm – 200 µm)
Pour des nappes d'une épaisseur supérieure à 50 µm, la couleur vraie dominera graduellement la couleur qui est observée. Les hydrocarbures bruns apparaîtront bruns et les noirs apparaîtront noirs. La nature interrompue de la couleur, due à des secteurs plus minces dans la nappe, est décrite comme discontinue. Ceci est provoqué par les effets du vent et du courant sur l'étalement de la nappe. « Discontinu » ne doit pas être confondu avec la couverture. « Discontinu » implique de véritables variations de couleur et non des secteurs non pollués.
Code 5 : Vraie couleur continue (> 200 µm)
La vraie couleur de l'hydrocarbure est l'effet dominant de cette catégorie. On peut observer une couleur homogène sans discontinuité comme décrit en Code 4. Cette catégorie est fortement liée au type d'hydrocarbure et les couleurs peuvent être plus diffuses dans des conditions d'obscurité ou de ciel couvert.

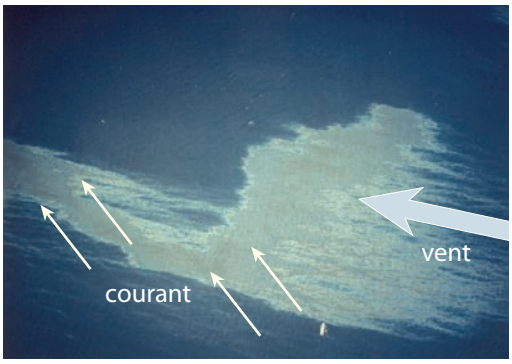
Apparence en mer

Source : Marine nationale

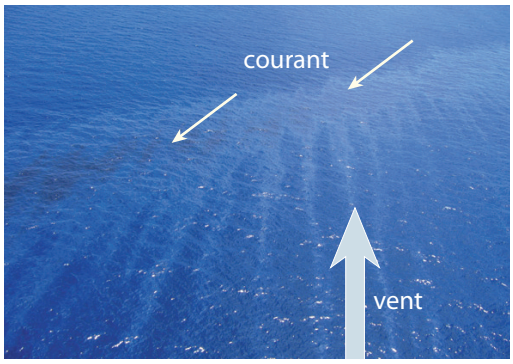
Reflet, arc-en-ciel, métallique.

Source : Cedre

Nappe fraiche très étalée.

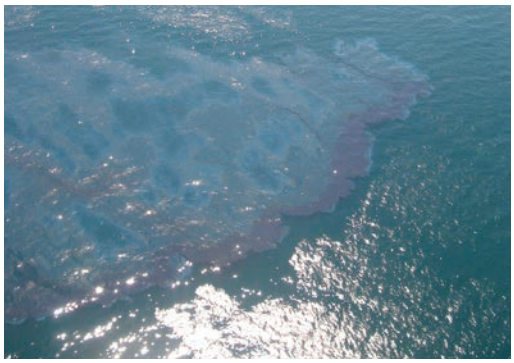


Source: Cedre



Source: ITOPF

Avec le vieillissement, apparition de zones plus épaisses sous le vent.



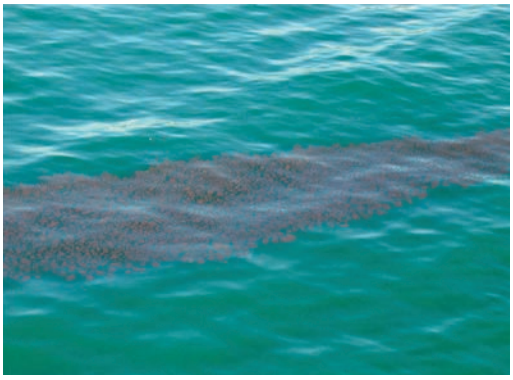
Source : Cedre

Apparition des premières plaques épaisses d'émulsion.

Source : Cedre

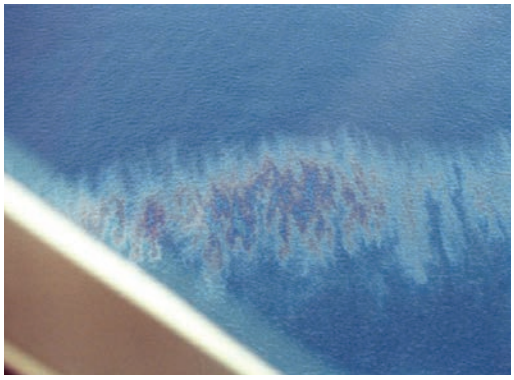
Au bout de quelques jours, les couches minces se sont dispersées seules subsistent les plaques d'émulsion.

Source : AZTI



Source : ITOPF

En se morcelant, les plaques d'émulsion se transforment en boulettes de petite taille qui ne sont alors visibles qu'en observation très rapprochée.



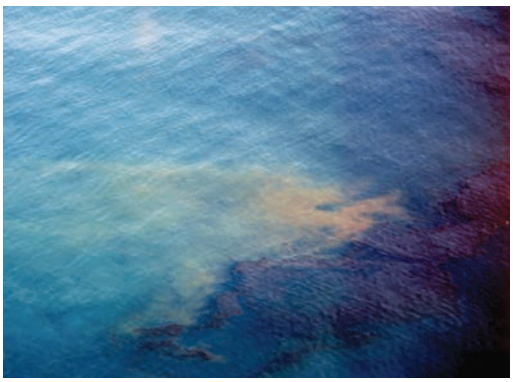
Source : Association Intervention

Source : Association Intervention

Le vent a pour effet de découper les nappes en bandes parallèles. Si le vent est fort, les irisations peuvent même disparaitre.

Source : Cedre

Trainées d'émulsion vieillie, disposées en bandes parallèles sous l'action du vent.



Source : Cedre

Nappe de pétrole en partie dispersée chimiquement.

Observation à partir d'un navire, d'une falaise côtière ou d'une plate-forme

En l'absence de moyens aériens il faut parfois se contenter d'observations à partir d'un navire, d'une falaise côtière ou d'une plate-forme d'exploration ou de production en mer. Dans ce cas, il sera difficile de bien discerner les contours de la nappe et les épaisseurs et de maîtriser l'orientation de la lumière.

Quelques règles de bon sens s'imposent :

- observer à partir du point le plus haut du navire, de la plate-forme ou de la falaise, autorisé par les règles de sécurité du lieu ;
- utiliser des lunettes polarisantes ;
- si possible observer vers midi (heure solaire).

Il est important :

- de préciser la surface des accumulations ;
- d'indiquer si la pollution est flottante ou déposée (observer l'atténuation des vagues et du déferlement pour se faire une idée de l'épaisseur de polluant qui peut atteindre plusieurs centimètres, voire dizaines de centimètres) ; et
- de décrire les caractéristiques morphologiques du type de côte affecté. Ceci conditionne les techniques de lutte.

Remarque :

De nouveaux systèmes de télédétection utilisant le radar de navigation standard ou les capteurs du bord, depuis un ou plusieurs navires intervenant sur une nappe, peuvent être utilisés afin de détecter des déversements et de faciliter le positionnement des navires d'intervention.

Source : ITOPF

À gauche : Arrivage de brut lourd à la côte.

Documents photographiques et vidéo

Outre les observations visuelles il est utile de prendre des images des déversements afin d'identifier et de quantifier les nappes durant l'intervention. Les documents photographiques et vidéo pourront également constituer des éléments de preuve pour la répression des rejets illicites. Les appareils photographiques seront utilisés pour faire des photos et des vidéos du déversement; ils exploitent les ondes de lumière visible du spectre électromagnétique pour créer des images en vraie couleur. Les appareils photographiques pourront être utilisés à la main par un observateur ou fixés sur l'aéronef et devront être équipés d'une fonction de géolocalisation des clichés.

Encadré 5 *Photographie aérienne : spécifications technique*

La généralisation des appareils photos numériques reflex, avec des capteurs supérieurs à 10 millions de pixels, permet d'obtenir des images de très grande qualité.

Grâce à la technologie du numérique, plusieurs informations précieuses peuvent être aisément récoltées : la date, l'heure et la position GPS de la prise de vue.

Si l'appareil photo n'est pas directement équipé, des petits boîtiers GPS permettent de localiser les prises de vues réalisées. Les coordonnées géographiques ainsi collectées permettent de placer les photos sur des cartes numériques. Après conservation des images dans leurs formats originaux, celles-ci peuvent être transmises par courriel dans des tailles de fichiers plus légers.

Conseils utiles

- Avant la mission, régler la date et l'heure de l'appareil photo numérique. Si besoin, synchroniser la date et l'heure de l'appareil photo avec celle du boîtier GPS.
- Durant le vol, ne pas s'appuyer contre la paroi de l'avion, ni placer l'appareil en contact avec un hublot (afin d'éviter les vibrations).
- Opérer très près du hublot (environ 1 cm) et parallèlement à sa surface pour éviter tout reflet des couleurs.
- Attention à l'orientation de la lumière, ainsi qu'aux couleurs mer/ciel qui peuvent se confondre.
- Si possible, photographier vers midi (heure solaire), surtout éviter l'aube et le coucher du soleil (influence sur le rendu des couleurs).
- Tenir compte des marées pour les photographies côtières.
- Survoler à basse altitude pour obtenir les meilleurs détails.
- Après la mission, archiver soigneusement les prises de vues réalisées. Toutes les photos seront référencées et traçables.

Caractéristiques

- Appareil photo numérique reflex :
  - Optiques : 28 mm, 35 mm, 50 mm, 55 mm
- Accessoires :
  - parasoleil
  - filtres (polarisant, anti-UV)
  - boîtier GPS
- Réglables :
  - mode manuel ou priorité vitesse
  - mise au point réglée sur l'infini
  - 200 à 400 ISO, voire 800 ISO (idéal pour temps brumeux ou couvert, tout en conservant une très bonne qualité et un grain fin) ;
  - vitesses utilisées : du 1/500° au 1/2000° (vitesse d'obturation la plus élevée possible pour éviter l'effet de filé) ;
  - diaphragmes : de f.8 à f.16 pour une profondeur de champ maximum.

Autres types d'imagerie

En plus des documents photographiques et vidéo, d'autres types de capteurs pourront être utilisés pour faire des clichés et recueillir des images et des informations, notamment en utilisant des longueurs d'ondes en dehors du spectre visible. La lumière visible étant réduite à la période du jour et pouvant être affectée par les conditions météorologique, l'utilisation de capteurs autres que les appareils photographiques présentent plusieurs avantages. Ainsi ils pourront :

- être utilisés de jour comme de nuit ;
- être utilisés par temps nuageux ;
- permettre de déterminer les autres propriétés des nappes et de leur environnement ; et
- permettre la réduction des cas de fausses alertes.

Les capteurs peuvent être classés en deux catégories de détection différentes : active et passive. Les capteurs actifs émettent un signal et en reçoivent un en retour après contact et réflexion par un objet particulier. Le RADAR « détection et localisation électromagnétique » et le LIDAR « détection et localisation par la lumière » sont des types de capteurs actifs. Les capteurs passifs ne transmettent pas de signal ; au contraire, ils utilisent tout simplement le rayonnement émis par la surface ; ceci inclut l'utilisation de la lumière visible des caméras et la détection des rayonnements thermiques à infrarouge et de la lumière ultraviolette. Les deux types de capteurs peuvent être montés sur des systèmes installés sur des avions, des bateaux et des satellites.

L'utilisation des capteurs sur les aéronefs, les navires et satellites, pour collecter des informations sur un déversement, joue un rôle important dans le contrôle global des pollutions par hydrocarbures, en complément de l'observation aérienne. L'industrie pétrolière a entrepris des études visant à approfondir les connaissances sur le rôle joué par les plateformes aériennes et les satellites dans la collecte d'informations sur les déversements d'hydrocarbures et notamment sur leur utilisation à des fins opérationnelles durant une intervention. Les travaux en cours visent à évaluer et préciser les avantages et les limites des différentes méthodes, plateformes et capteurs, mais aussi à fournir des recommandations générales sur leur mode d'exploitation (y compris l'observation visuelle) dans le cadre d'une « boite à outils de télédétection ». Il s'agit notamment d'un rapport publié par l'Institut américain du pétrole, sur *La télédétection support de la lutte contre les pollutions par hydrocarbures : guide de planification* (API, 2013) et deux guides de bonnes pratiques IPIECA-OGP intitulés, *Evaluation des capacités d'observation de la surface à l'aide de capteurs de télédétection satellitales lors d'une intervention contre une pollution par hydrocarbures* (IPIECA-IOGP, 2014b) et *Evaluation des capacités d'observation de la surface à l'aide de capteurs de télédétection aérienne lors d'une intervention contre une pollution par hydrocarbures* (IPIECA-IOGP, 2014c).

Voir le tableau 5 (au verso) pour une présentation des autres capteurs.

Tableau 5 *Présentation des différents types de capteurs utilisables afin de collecter des informations et des photographies d'une pollution*

Système de télédétection	Actif/ Passif	Mode de détection	Portée	Intervalle d'épaisseurs détectées	Limites
Radar latéral - SLAR (Side-looking Airborne Radar, en anglais)	Actif	Détecte l'effet d'amortissement par les vents et les hydrocarbures des vagues de capillarité générées par le vent.	En vol de « recherche » (de 1 500 à 4 000 pieds), peut détecter les hydrocarbures présents de 15 à 20 nautiques de part et d'autre de l'avion, sauf dans une zone « aveugle », sous l'avion, dont la largeur correspond à une fois l'altitude. Cette zone peut alors être couverte par un scanner infrarouge.	Au-delà de 3 à 5 µm (pour provoquer l'effet d'amortissement des vagues de capillarité).	« Voit » à travers la couche nuageuse. Si la mer est trop calme (vent de 0 à 1 Beaufort), les vagues générées par le vent n'ont pas une amplitude suffisante. Au contraire, si la mer est trop agitée (vent au-delà de 7 à 8 Beaufort), la couche d'hydrocarbure ne parvient généralement pas à amortir les vagues de capillarité. Dans tous les cas, nécessité de confirmation par une observation visuelle et/ou passage IR-UV.
Scanner infrarouge (IR)	Passif	Analyse le rayonnement thermique dans la bande spectrale de 8 à 12 µm	Zone balayée de largeur égale à deux fois l'altitude de l'avion. Compense la « zone aveugle » du SLAR. En pratique, passes effectuées à 1 500 pieds et 160 nœuds, soit une largeur de passe d'environ 1 000 m.	Au-delà de 10 µm. Suivant leur épaisseur et leur température, les nappes apparaissent noires ou blanches à l'écran.	Difficultés d'interprétation au-delà de 10 µm d'épaisseur.
Scanner ultraviolet (UV)	Passif	Fait apparaître la composante ultra violette des rayons du soleil reflétée par un liquide huileux.	Zone balayée de largeur égale à deux fois l'altitude de l'avion. Compense la « zone aveugle » du SLAR. En pratique, passes effectuées à 1 500 pieds et 160 nœuds, soit une largeur de passe d'environ 1 000 m.	Inférieur à 1 µm.	Ne distingue pas les différences d'épaisseur et ne peut opérer que de jour.
Radiomètre à micro-ondes (MWR)	Passif	Fonctionnement proche de celui du scanner IR. L'intérêt des micro-ondes est de permettre une évaluation des épaisseurs, et donc des volumes des nappes observées.	Zone balayée de largeur égale à deux fois l'altitude de l'avion. Compense la « zone aveugle » du SLAR. En pratique, passes effectuées à 1 500 pieds et 160 nœuds, soit une largeur de passe d'environ 1 000 m.	A partir de 100 µm.	Calibration nécessaire pour déterminer les volumes. Pour les épaisseurs fortes et les émulsions, l'appareil sera capable de calculer la surface de la nappe, mais l'épaisseur devra être déterminée par d'autres moyens, notamment par les navires impliqués dans les opérations de lutte.

suite…

Tableau 5 *Présentation des différents types de capteurs utilisables afin de collecter des informations et des photographies d'une pollution (suite)*

Système de télédétection	Actif/ Passif	Mode de détection	Portée	Intervalle d'épaisseurs détectées	Limites
FLIR (Forward Looking Infrared Scanner)	Passif	Analyse le rayonnement thermique dans la bande spectrale : 3 à 5 ou 8 à 12 µm.	Dépend de l'altitude de l'avion, de la fenêtre sélectionnée par l'opérateur et de l'hygrométrie.	A partir du code d'apparence 2 ou 3.	Le FLIR ne peut pas être utilisé comme capteur prioritaire de recherche d'une pollution. Son usage complémentaire dans la recherche des rejets devra être corrélé avec les autres moyens.
Senseur laser fluorescent - LFS (Laser Fluoro Sensor, en anglais)	Actif	Faisceau laser		0,1 à 20 µm.	Une calibration est nécessaire. Une calibration est nécessaire et l'identification d'un produit n'est possible que si celui-ci a été intégré dans le système. Un LFS opérationnel permet d'identifier 13 hydrocarbures différents.

Utiliser l'imagerie comme preuve des rejets illicites

Dans certains pays les documents photographiques et vidéo sont des éléments de preuve pour la répression des rejets illicites. Idéalement, toutes les informations nécessaires peuvent être fournies par trois vues complémentaires :

- un cliché détaillé de la nappe pris verticalement, à une altitude de moins de 300 mètres, le photographe tournant le dos au soleil.
- une vue d'ensemble du navire et de la nappe montrant que les hydrocarbures proviennent d'un navire particulier ;
- une vue détaillée du navire permettant de l'identifier (couleur de la coque, des cheminées, nom…).

En pratique, on prendra une série de photos montrant le navire et son sillage pollué, l'étendue du sillage (sans discontinuité), le nom du navire et les alentours (en particulier, si possible, d'autres navires présentant des sillages « propres » pour comparaison sur le même cliché) pour bien montrer que c'est le navire en question qui est en train de polluer. On peut éventuellement ajouter un cliché montrant l'endroit d'où semble provenir le rejet, même si ce point peut prêter à confusion. Dans tous les cas, ne pas s'engager en affirmant que c'est effectivement le rejet polluant qui est visible sur la photographie. En effet, un navire rejette également des liquides non polluants (eaux de refroidissement par exemple).

Utiliser de préférence un filtre polarisant qui permet de visualiser plus sélectivement qu'à l'œil nu les épaisseurs fines (films) et les épaisseurs fortes.

En plus des photographies et des vidéos, d'autres capteurs peuvent être utilisés pour permettre le repérage des hydrocarbures en condition nocturne.

Différents moyens permettent d'obtenir l'identification du navire en cause : récepteur AIS (Automatic Identification System), système électro-optique et infrarouge de dernière génération, caméra TBNL (Très Bas Niveau de Lumière).

En l'absence de photographies, le dossier transmis aux autorités judiciaires comprendra au moins les éléments suivants : l'image SLAR, la thermographie infrarouge du sillage et l'identification du navire.

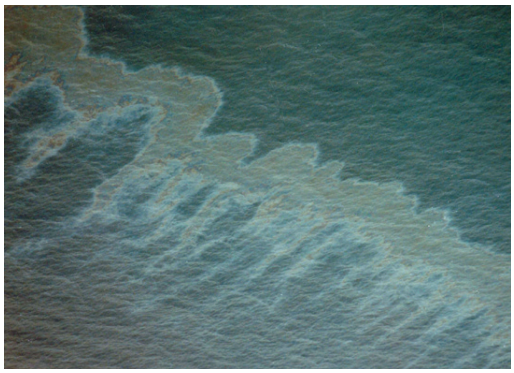
À droite : Photo du navire et de son sillage : les alentours sont propres.

Source : Marine nationale

Source : Douane française

Ci-dessus : Photo rapprochée du navire : on commence à distinguer ses caractéristiques.

À droite : détail d'un sillage.



Source : Douane française

Guidage des opérations d'intervention

Guider un navire opérant sur une pollution

Distinguant très difficilement les pollutions à la surface de l'eau, les navires ont besoin d'être guidés sur les nappes pour pouvoir effectuer efficacement les diverses opérations de traitement et récupération. Le mieux est de fournir une description détaillée (cartographique) de la pollution au niveau de la zone où intervient le navire ou la flottille, ce qui évite le maintien en permanence d'un aéronef de guidage.

À défaut, le guidage de base se résume à diriger le navire sur les parties les plus épaisses en apparence en indiquant un azimut/distance. Ex : 30° droite 200 m, une nappe de 20 m de large et 200 m de long qui sera dans l'axe.

Il est important d'intégrer les éléments suivants :

- L'avion (ou de préférence l'hélicoptère) sur zone, doit indiquer l'emplacement et la forme des nappes, en précisant les zones (ou plaques) de forte épaisseur sur lesquelles doivent se concentrer les opérations antipollution.
- Le guidage peut s'effectuer directement par transmission radio.
- Quand le temps sur zone est limité, il est préférable de transmettre au navire une description exacte de la (ou des) nappe(s) ainsi que sa (leur) position (GPS).
- Le guidage peut être amélioré en indiquant au navire les positions de bouées de balisage ou fumigènes par rapport à la nappe.

Source : Douane française

Guidage par avion des Douanes françaises du navire d'intervention français Ailette (Pollution du Prestige*, Galice, 2002).*

Encadré 6 *Un exemple de guidage lors de la pollution du Prestige*

Les pêcheurs basques espagnols ont été très impliqués dans les opérations de récupération en mer du fioul issu du pétrolier *Prestige*. Ils sont intervenus en complément des navires de lutte antipollution, quand la pollution était trop dispersée géographiquement pour que ceux-ci soient encore efficaces. Ils devaient donc être guidés vers les accumulations de boulettes dès que celles-ci étaient repérées.

À cet effet, un avion mobilisé par les autorités régionales sur- volait la zone en décrivant des radiales perpendiculaires à la côte. Dès qu'il était suffisamment proche de la terre, il transmettait par téléphone portable les positions (relevées par GPS) des nappes observées ainsi qu'une estimation de leur superficie ou de leur volume à l'institut de recherche océanographique AZTI. Celui-ci avait développé une base de données dans laquelle était référencé l'ensemble des navires impliqués dans la lutte (180 navires de pêche de 15 à 30 mètres de long) avec leur capacité de stockage, les quantités récupérées, les coordonnées de leur lieu d'intervention ainsi que le nombre de personnes embarquées (informations transmises par liaison radio satellitaire en temps réel).

L'opérateur d'AZTI déterminait alors quels navires étaient les plus près et s'il leur restait suffisamment de place pour stocker le polluant observé. Il leur transmettait alors les positions, par VHF, en temps quasi réel. Ces bateaux procédaient à la récupération et, une fois l'intervention achevée, le patron de chaque navire contactait le PC d'AZTI par VHF pour lui indiquer le tonnage récupéré avant de poursuivre sur une autre nappe ou de rentrer au port. Ce dispositif a été très rapidement opérationnel, les pêcheurs basques et AZTI coopérant de manière routinière en période de pêche.

Source : AZTI

Navire de pêche basque engagé dans la lutte contre la pollution du Prestige.

Le rapport de mission

Rapport de pollution normalisé POLREP

Afin de transmettre rapidement et efficacement les informations de base sur une pollution en mer, un rapport de pollution normalisé (POLREP) pourra être utilisé, tel qu'illustré dans l'encadré 7 ci-dessous.

Encadré 7 *Message au format POLREP standard*

Destinataire pour action: *CROSS / MRCC concerné.*
Destinataires pour information : *les autorités compétentes.*
Objet : *POLREP.*

A: Classification du compte rendu.
Douteux – probable – confirmé

B: Date et heure de la pollution observée ou signalée.

C: Position et étendue de la pollution.
Si possible latitude et longitude ou relèvement distance d'un point remarquable à terre, la position GPS et l'évaluation estimée de la pollution (dimensions de la zone polluée, tonnage d'hydrocarbures déversés ou nombre de conteneurs, de fûts perdus). S'il y a lieu, donner la position de l'observateur par rapport à la pollution.

D: Vitesse et direction du vent et du courant.

E: Conditions météorologiques et état de la mer.

F: Caractéristiques de la pollution.
Indiquer le type de pollution : par exemple hydrocarbure (brut ou raffiné) - déversement de produits chimiques (emballés ou en vrac), rejet. Pour les produits chimiques, indiquez la dénomination ou le numéro des Nations Unies le cas échéant. Dans tous les cas, donner aussi l'apparence : liquide, éléments solides flottants, apparence huileuse, boue semi-liquide, taches goudronneuses, hydrocarbure dispersé, changement de coloration de l'eau, vapeur visible ... Donner également toute marque distinctive des conteneurs ou des fûts.

G: Source et cause de la pollution.
Venant d'un navire ou d'une autre installation. Si l'origine est un navire : indiquer s'il s'agit d'un acte délibéré ou d'un accident. Dans ce dernier cas, en donner une brève description. Si possible, donner le nom, le type, la taille, la nationalité et le port d'attache du navire pollueur. Si ce navire est en route, donner sa route et sa vitesse.

H: Identification des navires dans le voisinage.
A fournir si le pollueur ne peut être identifié et si la pollution paraît récente.

I: Éléments de preuve de l'infraction relevée. Photographies ou échantillons.

J: Actions entreprises ou envisagées.

K: Prévisions de dérive de la pollution. Par exemple, arrivée à la côte en donnant les heures estimées.

L: Etats et organisations informés.

M: Toute autre information jugée utile. (Exemple : nom des témoins, autres affaires de pollution attribuées à cette source).

Cartographier la pollution

L'ensemble des observations réalisées pendant une mission de reconnaissance doit être reporté sur une ou plusieurs cartes. La cartographie doit être réalisée avec soin, pendant ou après le vol selon les possibilités, et de manière standardisée afin de pouvoir exploiter utilement les différentes observations réalisées au cours des vols successifs. Elle s'attachera notamment à préciser les zones les plus fortement polluées (plaques ou nappes épaisses, zones d'accumulation du polluant), pour permettre d'évaluer l'importance de la pollution (voir la page 43) et d'orienter les opérations de lutte.

La méthode proposée dans ce chapitre est directement inspirée de celle adoptée au niveau international pour l'observation des glaces en zone polaire.

Encadré 8 *Identification de la carte*

Porter dans un angle du document :

- la date et les heures du vol
- la zone survolée
- le numéro de la carte (dans le cas où plusieurs cartes sont produites pendant le vol)
- le nom de l'observateur et de l'unité à laquelle il appartient
- le type d'aéronef et les capteurs utilisés
- les données météorologiques : nébulosité, couleur du ciel et de l'eau, état de la mer

Encadré 9 *Report des observations*

Sur le fond de carte préparé avant la mission :

- reporter en traits pleins les contours de chaque zone polluée observée et
- préciser pour chaque zone la nature de la pollution selon les critères indiqués page suivante (utiliser les abréviations proposées) et
- en pointillés le trajet de l'avion.

Ce rendu s'applique au rapport à fournir en fin de mission. La prise de notes pendant le vol peut être adaptée aux circonstances et aux pratiques de l'observateur.

Le système de navigation de l'avion associé à une cartographie permet de générer un rapport de mission avec en incrustation le trajet de l'avion et les observations effectuées .

Encadré 10 *Description de la pollution*

Descriptif	Abréviation
Couleur/apparence (voir pages 25–26) :	
• Reflets	Code 1
• Arc-en-ciel	Code 2
• Métallique	Code 3
• Vraie couleur discontinue	Code 4
• Vraie couleur continue	Code 5
Pour les Codes 4 et 5, indiquez la couleur :	
• Noir	nr
• Brun	br
• Orange	or
Type :	
• Nappe (Ø ou L > 30 m)	nap
• Plaque (50 cm < Ø ou L < 30 m)	pl
• Galettes (10 cm < Ø < 50 cm)	gal
• Boulettes (Ø non discernable)	bl
État du polluant :	
• Pétrole frais	pf
• Pétrole dispersé	disp
• Pétrole émulsionné	emul
Disposition :	
• Aléatoire	•
• En bandes parallèles	//
Débris	deb

Encadré 11 *Dimension des nappes*

La dimension moyenne des plaques d'émulsion (ou éventuellement des nappes de pétrole frais) est exprimée en mètres.

Ces indications sont reportées, groupées l'une au-dessous de l'autre, de la façon suivante :

- type et disposition
- couverture
- dimensions

Exemple de notation : pollution sous forme de bandes arc-en-ciel, couvrant 40 % de la surface de la mer, assortie de plaques couvrant 3 % de la surface de la mer, dimension moyenne des plaques : 10 m :

- pl + code 2 //
- 40 % code 2–3% pl
- 10 mètres

Par souci de clarté, ces indications peuvent être reportées sur les bords de la carte en prenant soin de préciser par une flèche à quel point de la carte elles se réfèrent.

Si la même description s'applique à plusieurs zones, reporter les critères descriptifs dans un coin de la carte en l'affectant d'une lettre et reporter cette lettre dans chaque zone concernée (voir l'exemple de la figure 7 à la page 40).

Dans le cas où une zone polluée s'étend au-delà de l'horizon : noter la limite de visibilité à l'aide d'une ligne pointillée.

Encadré 12 *Taux de couverture*

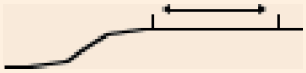
Il est indiqué en % en se référant aux représentations graphiques (voir page 43). Si on est en présence de plaques épaisses et de couches minces (reflet / arc-en-ciel / métallique), préciser si possible, leur taux de couverture respectif (ex : 5 % pl - 30 % code 3).

Encadré 13 *Autres indications*

- Préciser la route suivie par des traits droits ponctués de croix :

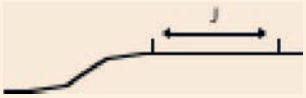
  – + – + – +

- Noter les parties de côte touchées ex :



- Noter également les remontées de pétrole à la surface (cas de fuites provenant d'un pipe-line ou d'une épave immergée) :

- Les remarques et observations diverses peuvent être transcrites en bord de carte ou sur une page annexe en prenant soin de les référencer par une lettre sur la carte à l'emplacement concerné, ex :



(J : galets souillés en haut de page)

Figure 7 *Cartographier une pollution — exemple*

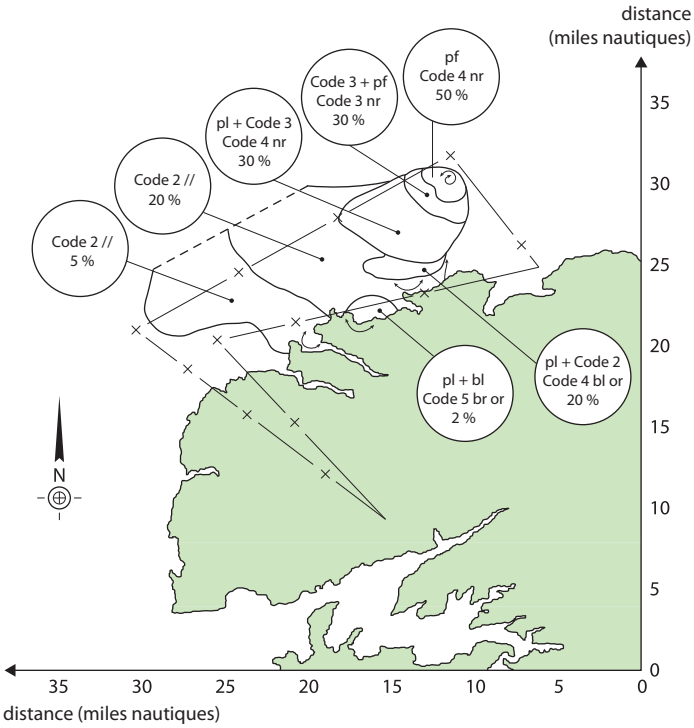


Figure 7 Exemple de carte de synthèse utilisant les abréviations présentées.

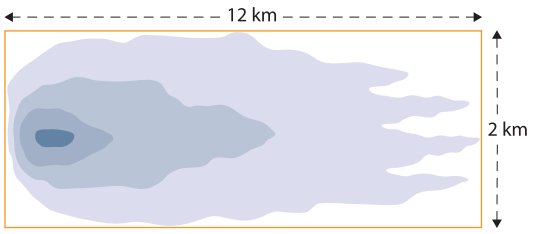
Evaluer les quantités de polluant

Bien que l'évaluation de la quantité de polluant soit délicate elle est néanmoins nécessaire. Elle se réalise à partir des cartographies, en confrontant les estimations de surface polluée et d'épaisseur des nappes.

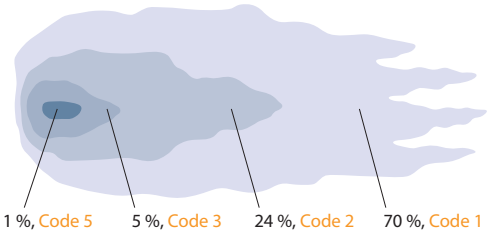
Estimation en mer

- Surface
  - Cette surface est obtenue en multipliant la surface globale de chaque zone par son taux de couverture (plaques épaisses).
  - On peut également calculer directement la surface d'une nappe ou d'une accumulation de boulettes en déterminant ses dimensions grâce au GPS de bord, au SLAR ou au scanner IR/UV.
- Épaisseur
  1. Observation visuelle :
     Pour une pollution majeure, en première approximation et en l'absence d'indications contraires, prendre la valeur basse de la fourchette correspondant au code d'apparence de la pollution observée (voir pages 25-26).
  2. Calcul instrumental :
     L'utilisation du radiomètre micro-ondes (MWR) ou du senseur laser fluorescent (LFS est recommandée).

Figure 8 *Exemple d'estimation à partir du code d'apparence de l'Accord de Bonn (conception : J-P Castanier, Douane française ; base de calcul : Alun Lewis, consultant)*



Surface totale = 12 km x 2 km = 24 km²
Couverture = 80 %
Surface couverte : 24 x 80 % = 19.20 km²



Code 1 (reflet) : 0,04 – 0,3 µm
Code 2 (arc-en-ciel) : 0,3 – 5,0 µm
Code 3 (métallique) : 5,0 – 50 µm
Code 5 (vraie couleur continue) : > 200 µm.

a) Estimation minimum

Code 1	19 x 70 % x 0,04 =	0.532 m³	(532 litres)
Code 2	19 x 24 % x 0,3 =	1.368 m³	(1.368 litres)
Code 3	19 x 5 % x 5,0 =	4.75 m³	(4.750 litres)
Code 5	19 x 1 % x 200 =	38 m³	(38.000 litres)
	Total:	**44,65 m³**	**(44.650 litres)**

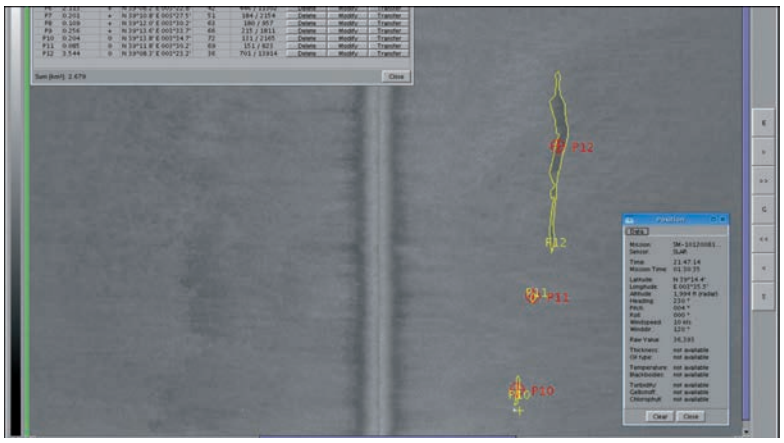
b) Estimation maximale

Code 1	19 x 70 % x 0,3 =	3,99 m³	(3.990 litres)
Code 2	19 x 24 % x 5,0 =	22.8 m³	(22.800 litres)
Code 3	19 x 5 % x 50 =	47.5 m³	(47.500 litres)
Code 5	19 x 1 % x 200 =	38 m³	(38.000 litres)
	Total:	**112,29 m³**	**(112.290 litres)**

Le Guide relatif au Code d'apparence des hydrocarbures de l'Accord de Bonn (BAOAC) préconise la réalisation d'une estimation du volume minimum à des fins légales (mise en œuvre) et statistiques. Il préconise en outre, dans des termes généraux, l'utilisation de la quantité maximum assortie des informations essentielles comme le lieu, afin de déterminer les interventions requises.

Cependant, il est indiqué que chaque autorité nationale déterminera le mode d'utilisation des informations relatives au volume provenant du BAOAC.

(* conception : J-P Castanier, Douanes françaises ; calcul : Alun Lewis, consultant)



Source : Sasemar

Utilisation du SLAR : détourage des nappes - calcul de la surface par le système.

Estimation à la côte

Si les surfaces peuvent être estimées assez rapidement (longueur de littoral touché multipliée par largeur de la zone couverte), l'épaisseur est très aléatoire (de quelques millimètres à plusieurs décimètres).

De plus, à la côte, les risques d'erreur et de confusion sont augmentés par la présence d'autres facteurs tels que les déchets, les algues etc. (voir *l'arrivée des hydrocarbures à la côte* page 18).

L'évaluation d'une pollution sur le littoral nécessite une reconnaissance terrestre pour être précise (voir guide des bonnes pratiques de l'IPIECA-IOGP sur l'technique d'évaluation des littoraux pollués (SCAT) (IPIECA-IOGP, 2014d).

Source : Cedre

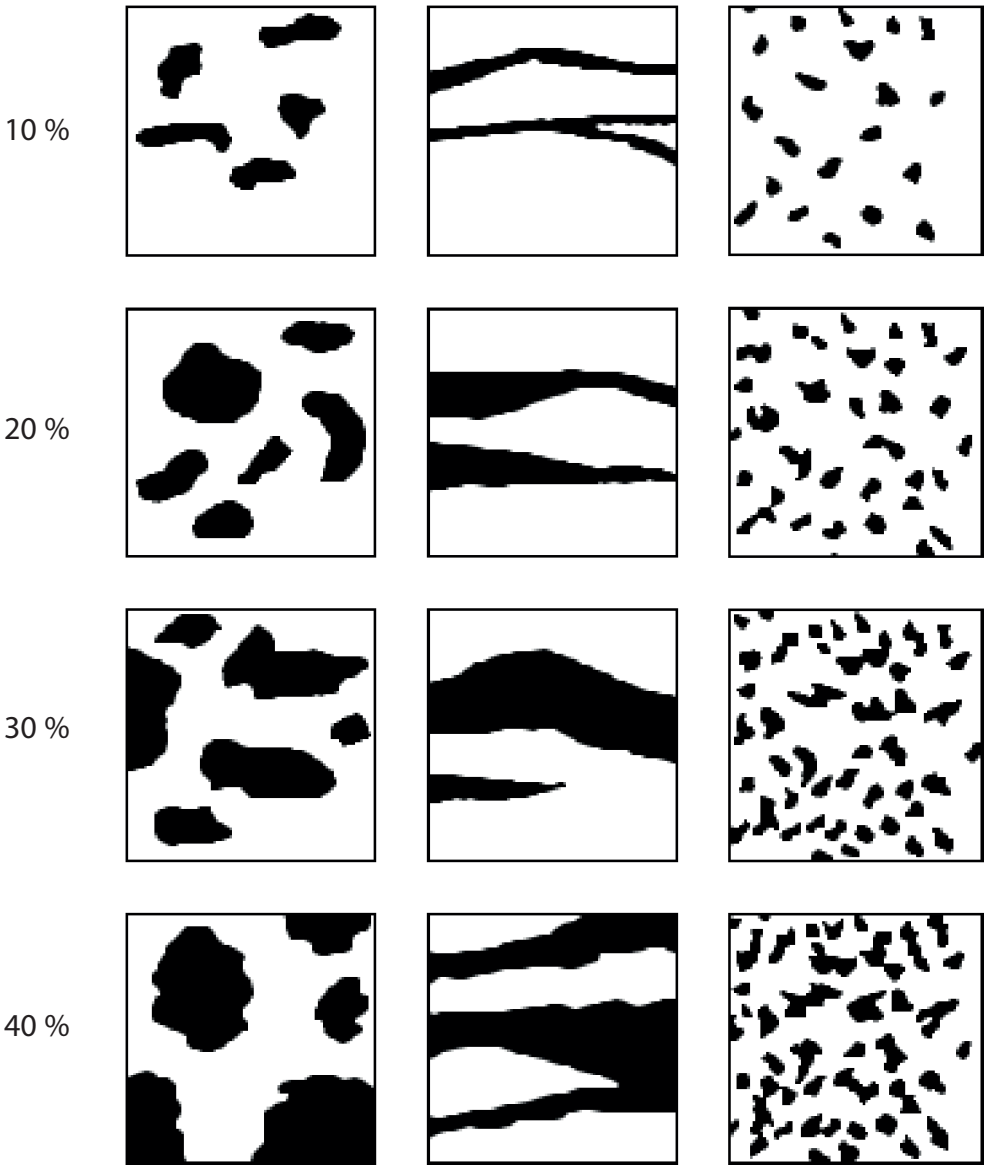
Arrivage à terre de fioul lourd émulsionné issu du naufrage du pétrolier Prestige *(Galice, Espagne, 2002).*

Remarque :

L'évaluation à partir d'observations aériennes ne peut fournir qu'un ordre de grandeur, les incertitudes sur les épaisseurs réelles pouvant conduire à des différences d'un facteur de 10 sur les volumes. Toutefois l'estimation minimale doit être considérée comme une donnée fiable pour la détermination de la quantité minimum qui a été effectivement déversée.

Il conviendra néanmoins de faire preuve d'une attention toute particulière lors de l'application du code d'apparence de l'accord de Bonn à l'occasion des pollutions majeures impliquant des quantités importantes d'hydrocarbures épais et/ou d'hydrocarbures lourds ou en cas d'émulsion. Les équipages des aéronefs utiliseront toutes les informations disponibles, comme les mesures de l'épaisseur des nappes prises par les navires de surface, afin d'estimer les volumes.

Taux de couverture*



Source : E. H. Owens and G. A. Sergy, (1994)

** Il s'agit d'une représentation graphique approximative fournie en qualité de support visuel seulement.*
Voir aussi le chapitre sur le code d'apparence de l'accord de Bonn en pages 25-26.

Autres produits et phénomènes naturels

Autres produits

Divers produits chimiques et alimentaires peuvent donner des images susceptibles d'être confondues avec celles de nappes d'hydrocarbures. Il est utile de disposer d'images de référence pour éviter les erreurs d'interprétation. Les huiles végétales et certains produits chimiques sont détectés par les équipements de télédétection.

Source : Cedre

*Huile de palmiste émulsionnée sous forme de palets blancs (Accident de l'*Allegra*, Manche Ouest, octobre 1997).*

Source : Douane française

Nappe de styrène observée par un avion de la Douane française (Accident du Ievoli Sun*, Les Casquets, octobre 2000).*

Source : ITOPF

Nappe de mélass.

Source : Marine nationale

Rejet d'huile végétale.

Source : Douane française

Expérimentation Palmor I (France, octobre 1998) : de gauche à droite : huile de soja, fioul, huile de palme.

Phénomènes naturels

Divers objets flottants ou phénomènes peuvent prêter à confusion et être pris pour des pollutions. des confusions ont été le fait de :

- L'ombre des nuages formant des taches plus sombres sur l'eau.
- Courants de surface ou de rencontres d'eaux froides et chaudes qui, lorsque la mer est calme ou peu agitée, peuvent prendre sous faible incidence l'aspect de film (reflets / arc- en-ciel / métallique).
- D'eaux boueuses, à l'embouchure des fleuves, dans les baies ou plus généralement près du littoral, qui apparaissent nettement en beige par rapport à l'eau avoisinante (une eau colorée sans le moindre film - reflets / arc- en-ciel / métallique - en surface n'est pas une pollution par hydrocarbure).
- D'algues flottantes ou blooms phyto-planctoniques, qui peuvent apparaître sous forme de taches colorées.
- Bancs de poisson qui apparaissent sous forme de taches foncées.
- Zones de calme.

En hélicoptère, ne pas hésiter à vérifier la présence effective de nappes d'hydrocarbures en effectuant un vol stationnaire à basse altitude : s'il s'agit bien d'un hydrocarbure, celui-ci est chassé par le souffle du rotor.

Dans la mesure du possible, les observations obtenues à partir d'un avion seront utilement confirmées soit grâce à une reconnaissance par hélicoptère (qui permet une observation plus fine), soit en faisant appel à un avion de télédétection spécialisé (IR, SLAR, FLIR...). Dans une situation où le doute subsiste, on pourra tenter de lever totalement l'incertitude en effectuant un prélèvement, si les conditions météorologiques et techniques le permettent. On prélèvera alors uniquement dans la nappe observée, et le plus rapidement possible. Le but sera de montrer que la substance déversée en mer est bien un hydrocarbure. Il est cependant difficile de prélever un produit à la surface de l'eau à partir d'un aéronef.

Remarque :

En cas de doute, ne pas hésiter à faire une observation rapprochée pour confirmer ou non la présence d'hydrocarbures..

Exemples photographiques de phénomènes naturels *(suite au verso)*

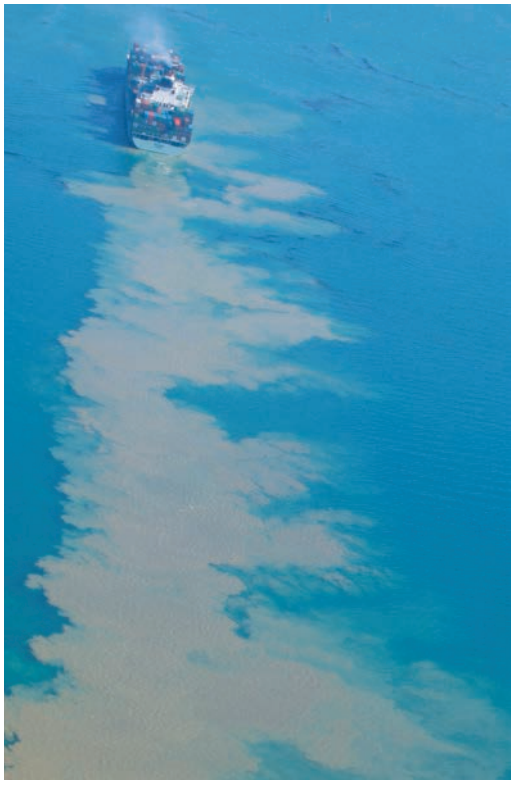
Source : ITOPF

Les tâches formées par l'ombre des nuages ressemblent à des hydrocarbures flottants.

Source : Cedre

Effet de surface dû à la rencontre de deux masses d'eau aux températures différentes.

À droite : eaux boueuses à proximité du littoral. Remise en suspension des fines particules (fond vaseux) par brassage des hélices.



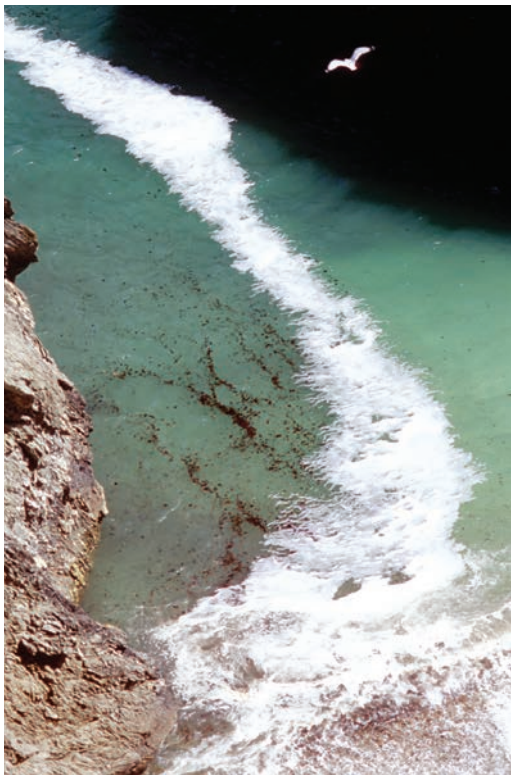
Source : ITOPF

Source : ITOPF

Ci-dessus : Tourbe à la surface de l'eau.

Ci-dessous : Bloom algual.

Source : Ocean and fisheries



Source: Cedre

À droite : Algues à proximité du littoral.

Source : Douane française

Paquets d'algues dérivant en mer (vue rapprochée).

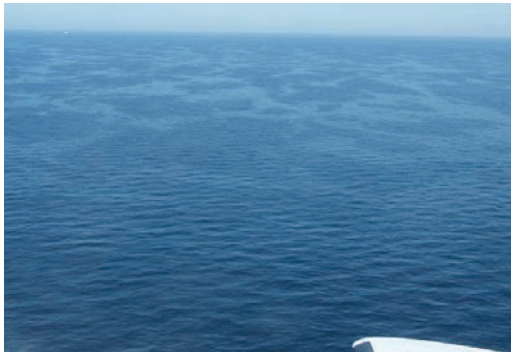
Source : Cedre

Source : ITOPF

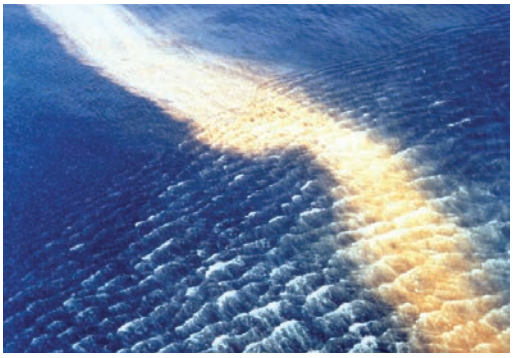
Source : Cedre

Source : ITOPF

Ci-dessus : quatre exemples de tâches dues à la présence de bancs de sable, d'algues ou de coraux etc.



Source : Douane française



Source : Marine nationale

À gauche : Traînées colorées dues à un développement planctonique (observation effectuée à partir d'un hélicoptère en vol stationnaire : noter l'effet du souffle du rotor qui montre qu'il ne s'agit pas de pétrole en surface).

Ci-dessus : Zones de calme pouvant être confondues avec un film fin d'hydrocarbures.

Source : Cedre

À gauche : prolifération planctonique.

Glossaire

AIS	Automatic Identification System = Système d'identification automatiques de navires.
Auto-inflammation température	La température minimum à laquelle les vapeurs s'enflamment spontanément.
AZTI Tecnalia	Fondation océanographique basque espagnole ayant pour objectifs le développement social et économique dans plusieurs domaines de l'industrie alimentaire et de la pêche, ainsi que la protection de l'environnement marin et des ressources halieutiques.
Balise Argos	Un transmetteur utilisé conjointement avec le système de collecte des données et de localisation satellitaire Argos permettant la collecte de données sur tout dispositif équipé d'un tel transmetteur, partout dans le monde.
Cedre	Centre de documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux.
COV	Le terme COV (composé organique volatil) recouvre une grande variété de substances chimiques ayant pour point commun d'être des composés du carbone et d'être volatils à température ambiante.
cSt	Mesure de viscosité. 1 cSt (centistoke) = écoulement de 1 mm^2/s.
Densité	Quotient de la masse volumique d'une substance et de la masse volumique de l'eau pour une substance liquide.
Dispersant	Produit destiné à faciliter la dispersion de produits pétroliers dans la colonne d'eau. Ces produits contiennent des tensio-actifs (ou matière active) et des solvants hydrocarbonés destinés à aider la diffusion des tensio-actifs dans le produit pétrolier.
Dispersion naturelle	Formation, sous l'action des vagues et de la turbulence à la surface de la mer, de gouttelettes d'hydrocarbure de tailles variées qui restent en suspension dans la colonne d'eau ou refont surface derrière la nappe pour reformer une autre nappe. En fonction de la viscosité du produit, et si la situation géographique et bathymétrique le permet, ce phénomène naturel peut être favorisé par l'utilisation de dispersants.
Émulsification	On entend ici par émulsification la formation d'une émulsion inverse « eau dans l'huile ». Celle-ci peut contenir une forte proportion d'eau (souvent 60 %, pouvant aller jusqu'a 80 %), de couleur brun à orange communément appelée « mousse au chocolat », dont elle a la consistance.

Évaporation	Transformation d'un liquide en vapeur par sa surface libre, à une température donnée. Concernant les hydrocarbures, le taux d'évaporation dépend en priorité de la proportion de produits volatils, du mélange d'hydrocarbures, mais aussi de facteurs tels que la vitesse du vent, la température de l'eau et de l'air, l'agitation de la surface de la mer et l'étalement. Les fractions les plus légères s'évaporent en premier, les fractions les moins volatiles formant, elles, des résidus dont la densité et la viscosité sont plus élevées que celles des produits d'origine.
Explosimètre	Appareil servant à mesurer la teneur en gaz inflammable d'une atmosphère.
FLIR	Forward Looking Infra Red. Capteur infrarouge utilisé pour la télédétection des nappes d'hydrocarbures. En conditions atmosphériques optimales, il peut détecter une nappe se situant à environ 20 nautiques de l'avion si celui-ci vole à une altitude de 3 500 pieds. Au mieux, il détecte les nappes dont l'épaisseur est au moins celle correspondant au code 2 de l'Accord de Bonn (arc-en-ciel), sans limite supérieure d'épaisseur. Il peut également être utilisé pour lire le nom d'un navire de nuit.
GIS	Geographical Information System.
GPS	Global Positioning System.
HFO	Heavy Fuel Oil.
IFO	Intermediate Fuel Oil.
Ifremer	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.
IR	Infrarouge.
LFS	Laser Fluoro Sensor = senseur laser fluorescence.
LLLTV	Télévision pour faible niveau lumineux.
Micro-onde radiomètre (MWR)	Capteur utilisé pour la détection à distance des nappes d'hydrocarbures. La méthode de détection en fait un capteur par tout temps. Il peut également déterminer l'épaisseur des nappes.
MOTHY	Modèle Océanique de Transport d'HYdrocarbures, modèle de Météo France permettant la prévision de dérive de nappes d'hydrocarbures et d'objets en mer.
MRCC	Centre de coordination des secours en mer.

Phytoplancton prolifération	Prolifération active de planctons.
Point d'écoulement	Température en dessous de laquelle un hydrocarbure ne s'écoule plus. Si la température ambiante est inférieure à son point d'écoulement, il est moins fluant. Le point d'écoulement est mesuré en laboratoire et ne reflète pas exactement le comportement d'un hydrocarbure en milieu ouvert.
POLREP	Rapport de pollution normalisé.
Remobilisation	Reprise par la mer de polluant échoué ou enfoui à la côte, ou piégé dans les sédiments à proximité du littoral.
Télédétection	Ensemble de techniques consistant à détecter et à identifier des phénomènes à une certaine distance de l'objet en cause, ceci en faisant appel aux capacités de l'homme ou à des détecteurs spéciaux. Dans le cas de l'observation aérienne des pollutions par hydrocarbures, la télédétection fait appel à plusieurs capteurs, dont le SLAR, le FLIR, les scanners infrarouge et ultra-violet ainsi que le radiomètre à micro-ondes.
Tensio-actif	Composé susceptible d'augmenter les propriétés d'étalement d'un liquide (qui dépendent de la tension superficielle).
SAR	Synthetic Aperture Radar.
SASEMAR	Sociedad de Salvamento y Seguridad marítima (Société de Sauvetage et de sécurité maritime). Organisme espagnol responsable des services de recherche et de sauvetage en mer, ainsi que de la lutte contre la pollution de l'état espagnol, dans sa zone de responsabilité dont la surface est d'environ 1 500 000 km^2. depuis 2009 appelé Salvamento Marítimo.
SG Mer	Secrétariat général de la mer.
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la Marine.
SLAR	Side-Looking Airborne Radar : radar latéral utilisé pour la détection des nappes d'hydrocarbures.
UV	Ultraviolet.
Viscosité	Propriété de résistance à l'écoulement uniforme et sans turbulence se produisant dans la masse d'une matière.

Bibliographie

API (2013). *Remote Sensing in Support of Oil Spill Response: Planning Guidance.* American Petroleum Institute Technical Report 1144. September 2013. Washington DC.

ASTM (2008). ASTM F1779-08, *Standard Practice for Reporting Visual Observations of Oil on Water*. ASTM International (American Society for Testing and Materials). www.astm.org

Bonn Agreement (2004). *Aerial Surveillance Handbook*. Expanded edition produced and renamed as the *Aerial Operations Handbook* in 2008. www.bonnagreement.org/manuals

IMO (2006). *MARPOL Consolidated Edition 2006: Articles, protocoles, annexes et interprétations uniformes de la convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires, telle que modifiée par le protocole de 1978 y relatif*. International Maritime Organization publication, sales number IC520E, London. 531 p. www.imo.org

IPIECA-IOGP (2012). *Oil spill responder health and safety*. IPIECA-IOGP Good Practice Guide Series, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). IOGP Report Number 480.

IPIECA-IOGP (2014a). *Finding 19: Guidelines on oil characterization to inform spill response decisions*. IOGP-IPIECA Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Finding 19 of the IOGP Global Industry Response Group (GIRG) report.

IPIECA-IOGP (2014b). *An Assessment of Surface Surveillance Capabilities for Oil Spill Response using Satellite Remote Sensing*. Document Reference PIL-4000-35-TR-1.2, April 2014, London.

IPIECA-IOGP (2014c). *An Assessment of Surface Surveillance Capabilities for Oil Spill Response using Airborne Remote Sensing*. Document Reference PIL-4000-38-TR-1.0, May 2014, London.

IPIECA-IOGP (2014d). *A guide to oiled shoreline assessment (SCAT) surveys*. IPIECA-IOGP Good Practice Guide Series, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). IOGP Report Number 504.

ITOPF (2011). *Aerial observation of marine oil spills: Technical Information Paper 1*. International Tanker Owners Pollution Federation Limited, London. www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/publications-en-francais

ITOPF (2011). *Fate of marine oil spills: Technical Information Paper 2*. International Tanker Owners Pollution Federation Limited, London. www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/publications-en-francais

NOAA (2007). *Dispersant Application Observer Job Aid*. National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington DC. http://response.restoration.noaa.gov/dispersants_jobaid

NOAA (2012). *Open Water Oil Identification Job Aid for aerial observation*. National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington DC. http://response.restoration.noaa.gov/jobaid/aerialobs

OSRL (2011). *Aerial Surveillance Field Guide: A guide to aerial surveillance for oil spill operators*. Version 2, December 2011. Oil Spill Response Limited, Southampton, UK.

Sites internet utiles

Accord de Bonn : Sections « Surveillance » et « Réunions et documents ». www.bonnagreement.org

Cedre (Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentation sur les pollutions accidentels des eaux). Rejet en mer. www.cedre.fr

CIS (Community Information System). Site de la Communauté Européenne donnant, pour chaque état membre, l'organisation nationale en matière de lutte contre les pollutions marines accidentelles et les moyens dont il dispose.
http://ec.europa.eu/echo/files/civil_protection/civil/marin/cis/cis_index.htm

EMSA (European Maritime Safety Agency). CleanSeaNet Satellite Service.
www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet.html

Commission d'Helsinki. Why surveillance is needed.
www.helcom.fi/shipping/waste/en_GB/surveilance

IMO (International Maritime Organization). Marine Environment. www.imo.org

ITOPF (The International Tanker Owners Pollution Federation Limited). Aerial observation.
www.itopf.com

La page a été intentionnellement laissée vierge.

IPIECA

L'IPIECA est une association internationale évoluant dans le domaine des hydrocarbures en charge des problèmes environnementaux et sociaux. Elle développe, diffuse et promeut les bonnes pratiques et les connaissances afin de permettra 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 environnementaux et sociaux essentiels.

www.ipieca.org

IMO INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

L'Organisation maritime internationale (OMI) est un organisme spécialisé des Nations Unies chargé de l'amélioration de la sécurité maritime et de la prévention et du contrôle de la pollution marine. Aujourd'hui, 153 États membres et plus de 50 organisations non gouvernementales (ONG) participent à ses activités, permettant l'adoption de 30 conventions et protocoles et de nombreux codes et recommandations en matière de sécurité maritime et de pollution marine. Un des principaux objectifs de la Stratégie de l'IMO en matière de protection de l'environnement marin est le renforcement de la capacité des intervenants nationaux et régionaux à prévenir, contrôler, lutter et limiter la pollution marine et à promouvoir la coopération technique.

www.imo.org

IOGP International Association of Oil & Gas Producers

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 occupe un rôle tout aussi important dans l'adoption des bonnes pratiques notamment dans les domaines de la santé, de la sécurité, de l'environnement et de la responsabilité sociale.

www.iogp.org.uk

© IPIECA-IOGP 2015 Tous droits réservés.