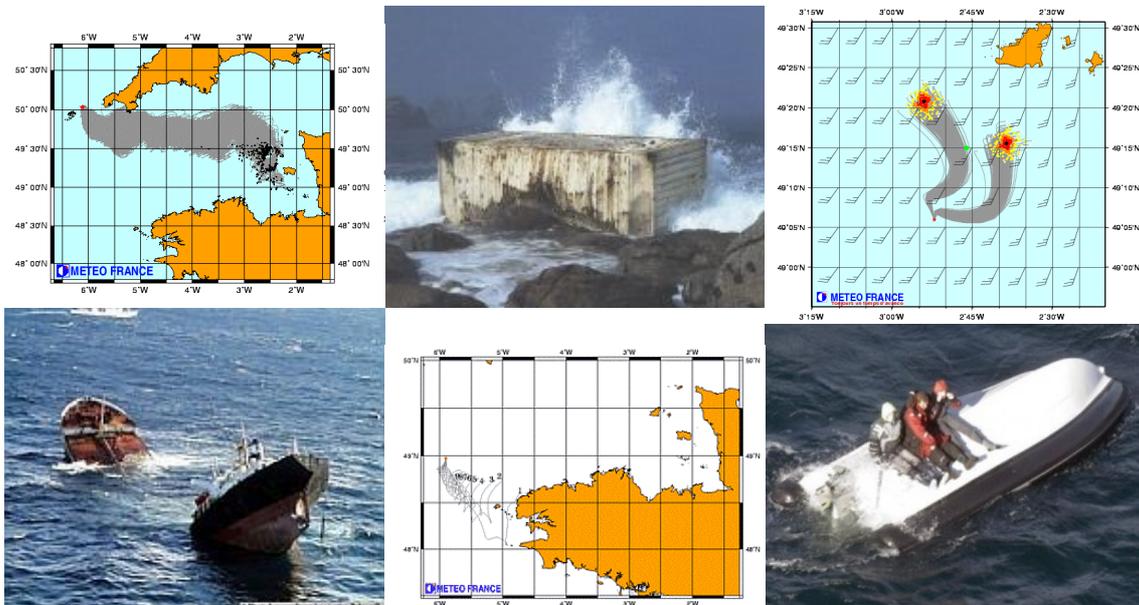


MÉMOIRE TECHNIQUE DE FIN D'ÉTUDES présenté pour l'obtention du **DIPLÔME** d'études supérieures de la marine marchande

MOTHY ou Comment prévoir la dérive des objets en mer?

Par
Mathilde DECARNIN



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER
En charge des technologies vertes et des négociations sur le climat

École Nationale de la Marine
Marchande du Havre

MÉMOIRE TECHNIQUE DE FIN D'ÉTUDES
présenté pour l'obtention du DIPLÔME
d'études supérieures de la marine marchande

MOTHY
ou
Comment prévoir la dérive des objets en mer?

Par
Mathilde DECARNIN

Mémoire préparé sous la direction de Mme Aline VASSART



Abstract :

The Marine and Oceanography division of Météo-France has developed an Oceanic Model of Hydrocarbons Transport : MOTHY. This model calculates drift forecasts from the wind, tide, bathymetric and ocean models data. The result is a map or an animation. There are three versions of this model.

The first version, created in 1994, allows to calculate the hydrocarbons or chemicals pollutants drift. It has been used during big shipping accidents such as Erika, Prestige or Ievoli Sun to quote the most famous. Its use is specified in the POLMAR plan.

In 1998, the version " floating objects " was implemented. The floating objects are represented by a parallelepiped rectangle, their size is chosen according to the type of objects. This version is used to calculate the drift of containers, sailboats, persons in water during search and rescue operations.

Finally the updated version, brought out in September 2009, integrates 63 targets SAR as for example a person in water : alive or dead ; with or without life jacket, a life-raft and different types of boats : sail-boats, fishing boats,.... This software is now a precious help for the MRCC during search and rescue operations.

Key-words :

Météo-France, MOTHY, MRCC, SAR, Search and Rescue, oil spill, drift, Erika



École de la Marine Marchande du Havre
66 route du Cap BP 41
76310 SAINTE ADRESSE
Site : www.hydro-lehavre.fr

Résumé :

La division Marine et Océanographie de Météo-France a développé un Modèle Océanique de Transport d'HYdrocarbures : MOTHY. Ce modèle calcule des prévisions de dérive à partir des données vent, marée, bathymétrie et des modèles océaniques. Le résultat obtenu est présenté sous forme de carte ou d'animation. Il existe trois versions de ce modèle.

La première version, créée en 1994, permet de calculer la dérive des nappes de polluants, hydrocarbures ou produits chimiques. Elle a été utilisée lors de grands accidents maritimes comme ceux de l'Erika, du Prestige ou du Ievoli Sun pour citer les plus connus. Son utilisation est précisée dans le plan POLMAR.

En 1998, la version « objets flottants » est mise en œuvre. Les objets flottants sont, en réalité, représentés par un parallépipède rectangle dont on choisit la taille en fonction du type d'objets. Cette version est utilisée pour la dérive de conteneurs, de citernes mais aussi pour la dérive de voiliers, d'homme à la mer lors d'opérations de recherche et de sauvetage.

Enfin la dernière version, sortie en septembre 2009, intègre 63 cibles SAR comme par exemple un homme à la mer vivant ou mort, avec ou sans gilet, un radeau de sauvetage et différents types de voiliers, de bateaux de pêche. Cette version est une aide précieuse pour les CROSS lors d'opérations de recherche et de sauvetage.

Mots-clés :

Météo-France, MOTHY, CROSS, Recherche et Sauvetage, prévision de dérive, dérive, nappes d'hydrocarbure, Erika, SAR



École de la Marine Marchande du Havre
66 route du Cap BP 41
76310 SAINTE ADRESSE
Site : www.hydro-lehavre.fr

Sommaire

Remerciements.....	6
Introduction.....	7
1. MOTHY.....	8
1.1 Principe général.....	8
1.2 MOTHY version hydrocarbures.....	10
1.3 MOTHY version objets flottants.....	12
1.4 MOTHY Leeway.....	14
2. MOTHY et les pollutions marines.....	16
2.1 Le rôle de Météo-France.....	16
2.1.1 Au niveau national.....	16
2.1.2 Au niveau international.....	17
2.2 Erika.....	18
2.3 Lykes Liberator.....	22
2.4 Utilisation de MOTHY à rebours.....	23
2.5 Quelques exemples de logiciels de dérive d'hydrocarbures. .	25
2.5.1 OILMAP.....	25
2.5.2 OSIS.....	25
2.5.3 Seatrack Web.....	26
3. MOTHY dans le système de recherche et de sauvetage.....	27
3.1 Le rôle de Météo-France.....	27
3.2 Les recommandations du manuel IAMSAR.....	27
3.3 Exemple : Dérive d'une yole de pêche.....	28
3.3.1 Comparaison des dérives.....	29
3.3.2 Évolution de la dérive avec la cible n°41.....	31
3.4 Exemples de logiciels SAR.....	33
3.4.1 Logiciel américain.....	33
3.4.2 Exemple canadien.....	33
3.4.3 Logiciel français.....	34
3.4.4 Le projet Marilyn.....	34
Conclusion.....	36
Bibliographie.....	37
Annexes.....	38

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidée dans la réalisation de ce mémoire :

M. DANIEL Pierre, de la Direction de la Prévision Division Marine et Océanographie, pour son accueil à Toulouse afin de m'expliquer le fonctionnement de MOTHY, ses réponses aux questions que je me posais lors de la rédaction du mémoire,

M. PICHON Thierry, Directeur Adjoint et Responsable Qualité du CROSS Jobourg, pour m'avoir ouvert les portes du CROSS et apporté son expérience personnelle sur l'utilisation de MOTHY,

M. LASSOURD Vincent, du Bureau du sauvetage et de la circulation maritime, pour m'avoir aidée à mieux appréhender l'utilisation opérationnelle de MOTHY,

M. CORNEE Emmanuel, Administrateur des Affaires Maritimes, pour ses conseils lors de mes recherches,

M. LEVALLOIS Damien, du Bureau de la sécurité maritime de Caen,

M. CEVAER Jean-Marc, Directeur du CROSS Antilles Guyane,

M. CORNILLOU Jean-Charles, Directeur du CROSS Corsen,

qui ont répondu patiemment à toutes mes questions et m'ont fait partager leurs connaissances opérationnelles de MOTHY.

Je remercie également Mme VASSART Aline, Professeur de l'Enseignement Maritime, qui m' a conseillée et guidée tout au long de la rédaction de ce mémoire ainsi que mes lecteurs assidus Jean-Pierre et Jean-Baptiste.

Enfin, un merci également à M. FOULIARD, directeur, aux enseignants, et à tout le personnel de l'École de la Marine Marchande du Havre, pour leur aide et soutien tout au long de ces années d'étude.

Introduction

Afin de terminer mon cursus, il m'a été demandé de réaliser un mémoire. Le choix du sujet a été difficile car beaucoup de thèmes m'attiraient : les énergies renouvelables utilisant l'océan, les avancées techniques et scientifiques permettant de connaître « l'état de santé » des océans ainsi que les problèmes de pollutions. Au cours de mes lectures de revues de vulgarisation scientifique, un article intitulé « Prévoir la dérive des objets en mer »¹ m'a particulièrement intéressé. Grâce à cet article, j'ai découvert l'existence de MOTHY et son utilisation lors de pollutions et lors d'opérations de recherche et de sauvetage.

MOTHY est un Modèle Océanique de Transport d'HYdrocarbures, créé en 1994 par la division Marine et Océanographie de Météo-France. Il permet de simuler la dérive d'hydrocarbures, de personnes, de bateaux ou d'objets divers. MOTHY est utilisé régulièrement lors d'accidents majeurs entraînant des pollutions, comme ceux de l'Erika ou du Prestige pour la version hydrocarbures, ou lors de la perte de conteneurs, de voiliers, d'hommes à la mer pour la version objets flottants et la version Leeway.

L'utilisation de MOTHY en cas de pollution est définie dans le cadre du plan POLMAR au niveau national et au niveau international dans le cadre du Système d'Intervention d'Urgence en cas de Pollutions. Lors d'opérations de recherche et de sauvetage, les Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage (CROSS) peuvent demander une prévision de dérive qui les aidera à établir une zone de recherches.

Le but de ce rapport est de préciser le fonctionnement de MOTHY, à l'aide d'explications techniques et d'exemples de mise en application, aussi bien pour des cas de pollution que de sauvetage.

Dans une première partie, nous examinerons le principe général de fonctionnement de MOTHY ainsi que les trois versions existantes de ce logiciel : la version hydrocarbures, la version objets flottants et la version Leeway. Puis, nous aborderons l'utilisation de MOTHY en cas de pollutions à l'aide d'exemples. Enfin, nous analyserons le rôle de MOTHY dans la recherche et le sauvetage.

1 Voir annexe 1 page 35

1. MOTHY

1.1 Principe général

Le logiciel MOTHY (Modèle Océanique de Transport d'HYdrocarbures) a été créé en 1994 par Météo-France.

Il fonctionne dans le monde entier avec une maille de cinq milles mais certaines zones ont été définies avec des mailles inférieures : maille de deux milles pour le golfe Arabo-Persique, maille d'un mille sur les côtes françaises et portugaises, et jusqu'à 0,1 mille pour les plus petites îles des DOM-TOM. Une résolution de cinq milles est moins précise et il est possible qu'un haut-fond, une pointe n'apparaisse pas dans MOTHY.

Il peut être mis en œuvre 24h sur 24 par le prévisionniste marine de Toulouse.

MOTHY calcule aussi la dérive à rebours, c'est à dire qu'il va calculer d'où vient l'objet dérivant.

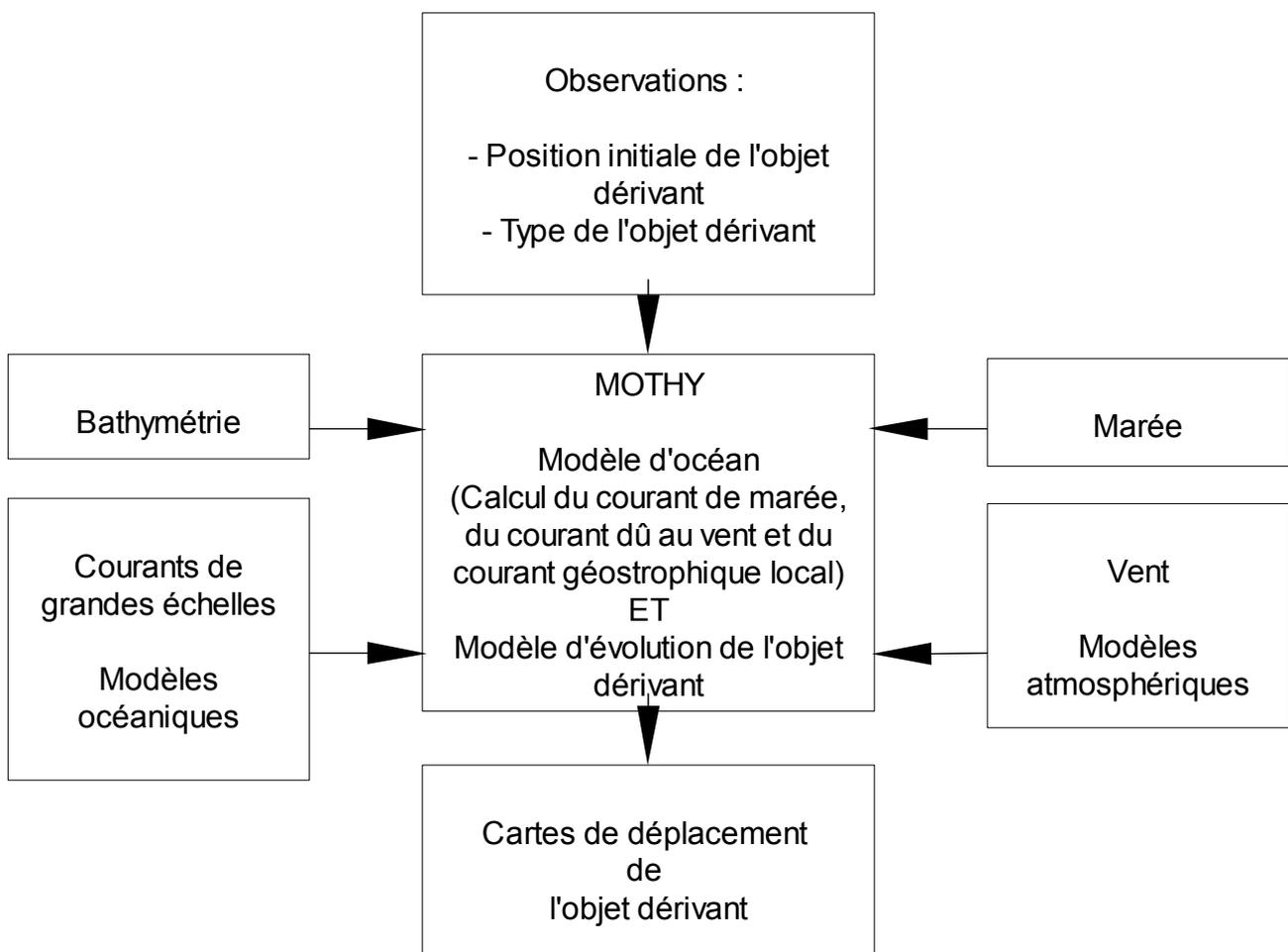


Schéma de fonctionnement de MOTHY.

Les données « Bathymétrie » sont des données concernant la profondeur de l'océan. Selon les zones d'utilisation, ces données proviennent du SHOM², du NOAA³ et du GEBCO⁴.

Les données « Marée » prennent en compte les seize ondes principales de marée.

Les données « Vent » sont obtenues par un modèle atmosphérique qui est un logiciel permettant de calculer les prévisions météorologiques. Cinq modèles peuvent être utilisés par MOTHY :

- ALADIN : modèle à maille très fine (10 km) couvrant toutes les côtes de France, actualisé 4 fois par jour.
- ARPEGE : modèle à maille variable (23 km sur la France) pour les prévisions sur les mers européennes, actualisé 4 fois par jour.
- ARPEGE Tropicale : version d'ARPEGE optimisée pour la prévision entre 30° Nord et 30° Sud, actualisé 2 fois par jour.
- ALADIN Réunion : couvrant une grande partie de la zone de responsabilité du CMRS⁵/cyclone Réunion. Sa résolution est de l'ordre de 10 km. Il est actualisé 2 fois par jour.
- IFS⁶ du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT) pour les prévisions outre-mer ou pour les prévisions à moyenne échéance, actualisé 2 fois par jour.

Les données « Courants de grandes échelles » sont des données calculées par les modèles océaniques. Ces modèles permettent de décrire et prévoir l'océan, de la surface au fond, de façon opérationnelle comme la météorologie décrit l'atmosphère. Elles permettent d'améliorer considérablement les prévisions pour la Méditerranée et les Antilles.

- MERCATOR, modèle français, est étendu à tout le globe.
- MFS⁷ est un modèle océanique italien sur le domaine de la Méditerranée.

2 SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

3 NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration, équivalent américain du SHOM

4 GEBCO : General Bathymetric Chart of the Oceans, organisme international travaillant à l'élaboration de cartes mondiales sur la bathymétrie

5 CMRS : Centre Météorologique Régional Spécialisé

6 IFS : Integrated Forecasting System

7 MFS : Mediterranean Forecasting System

- FOAM⁸ est le modèle océanique anglais.

Le prévisionniste choisit quel modèle de vent, de courant de grande échelle et quelle donnée bathymétrique, il va utiliser pour faire le calcul de dérive. Les courants de grandes échelles peuvent ne pas être pris en compte pour ce calcul, en Manche par exemple, où les courants prédominants sont ceux dûs au vent et ceux dûs au marée.

Les cartes de déplacement sont disponibles sous différents formats :

- GIF : format d'image.
- DBF : format de base de données standard, compatible SIG (Système d'Information Géographique).
- KML/KMZ : format de fichier permettant d'afficher des données géographiques dans un navigateur terrestre comme Google Earth ou Google Maps.
- GPX : format de mise en forme des données GPS, format standard pour échanger les données entre récepteurs GPS, SIG et autres cartes interactives disponibles sur Internet.

La demande de dérive impose la mise en place d'un scénario pour répondre aux questions concernant la position, les heures, l'état de la personne ou le type de polluant. Cette demande (Voir annexe 2 page 36) est envoyée ensuite à Météo-France. Le prévisionniste d'astreinte va lancer MOTHY, et en environ une demi-heure, le demandeur de la dérive va récupérer les cartes de dérives.

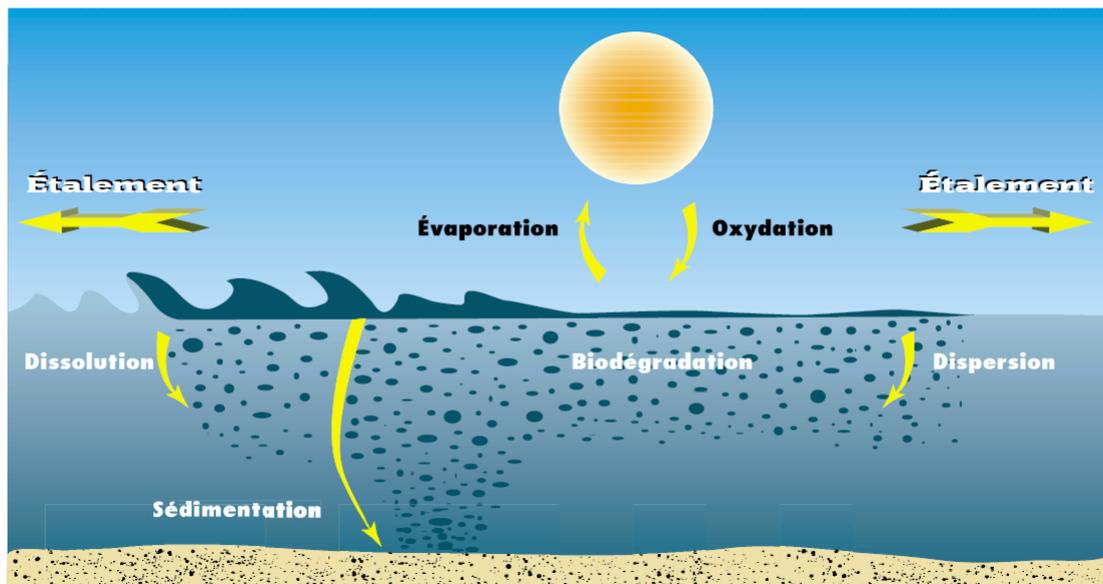
1.2 MOTHY version hydrocarbures

Lors d'une marée noire, différents processus affectent la nappe d'hydrocarbure :

- L'étalement est le dépôt d'une substance sur un support en une fine couche.
- La diffusion désigne la tendance naturelle d'un système à rendre homogènes les éléments le constituant.
- L'évaporation est un processus important en terme de transfert de masse durant les premiers jours. Elle dépend de la composition du pétrole, de l'épaisseur de la nappe et de son étendue, de la température de l'air et de la mer, de la vitesse du vent et du rayonnement solaire.

8 FOAM : Forecasting Ocean Assimilation Model

- La dissolution n'affecte qu'une très petite partie de la nappe, en général moins de 1%. C'est la solubilité de l'hydrocarbure dans l'eau.
- L'émulsification est le mélange huile-eau de mer, dû au brassage mécanique, qui accroît de 2 à 5 fois le volume de la nappe ; réduit l'évaporation et rend les opérations de nettoyage plus difficiles.
- La photo-oxydation est l'oxydation par le soleil qui génère des composés solubles dans l'eau de mer.
- La biodégradation est due aux micro-organismes.
- La sédimentation est le dépôt d'hydrocarbure dans les sédiments du fond. Il est dû à l'augmentation de la densité du pétrole ou à l'agrégation avec des particules en suspension qui peut conduire à un mélange plus dense.
- La dispersion du pétrole est la fragmentation en petites gouttelettes des nappes de pétrole en mer. Elle est considérablement augmentée en présence de vagues.



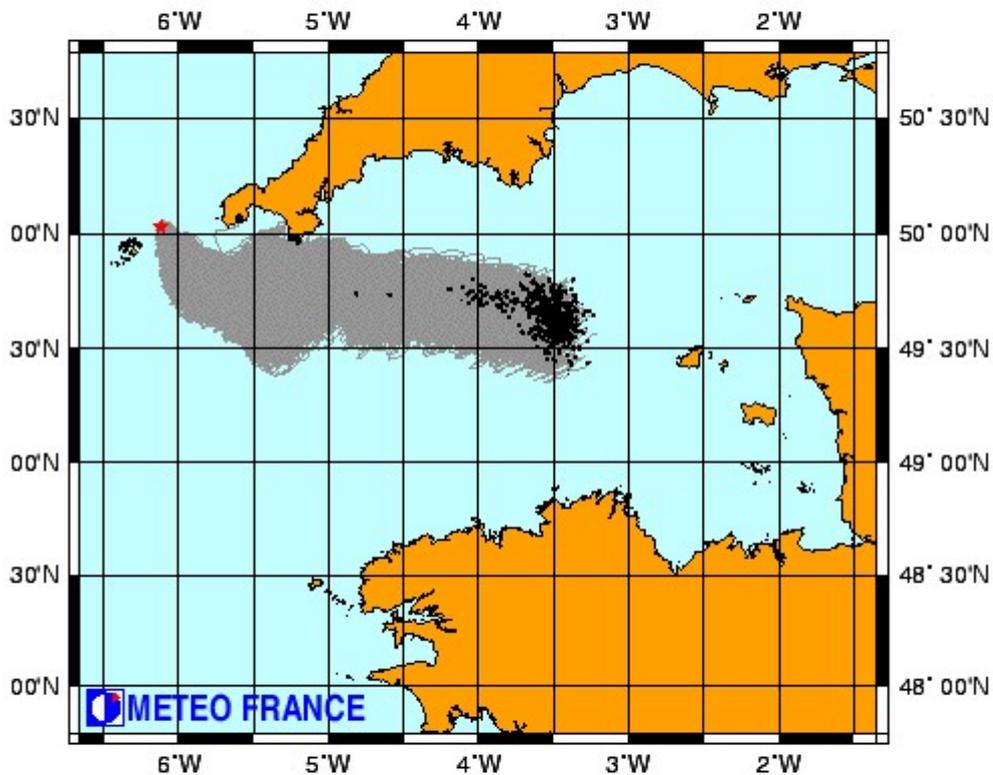
Processus affectant une nappe de pétrole à la surface de la mer.

Dans MOTHY, deux processus seulement sont pris en compte : l'étalement et la diffusion mais des recherches sont en cours pour intégrer les autres processus.

MOTHY considère la nappe d'hydrocarbures comme étant composée d'un ensemble de particules indépendantes. Le modèle actuel prend en compte 480 gouttes dont les diamètres varient de 0,3 à 1,3mm.

Différents types d'hydrocarbures peuvent être choisis : le kérosène, le gasoil, l'essence, le fuel oil, le fuel oil n°6, le pétrole brut lourd ou léger (Voir annexe 2 page 36). Le mieux est de pouvoir donner la densité de l'hydrocarbure.

Sur la carte de dérive de la nappe, l'étoile rouge indique le point de départ de la nappe, en gris la trajectoire de la nappe et en noir la position de la nappe à un instant donné.



Exemple de carte obtenue pour la dérive d'une nappe de pétrole.

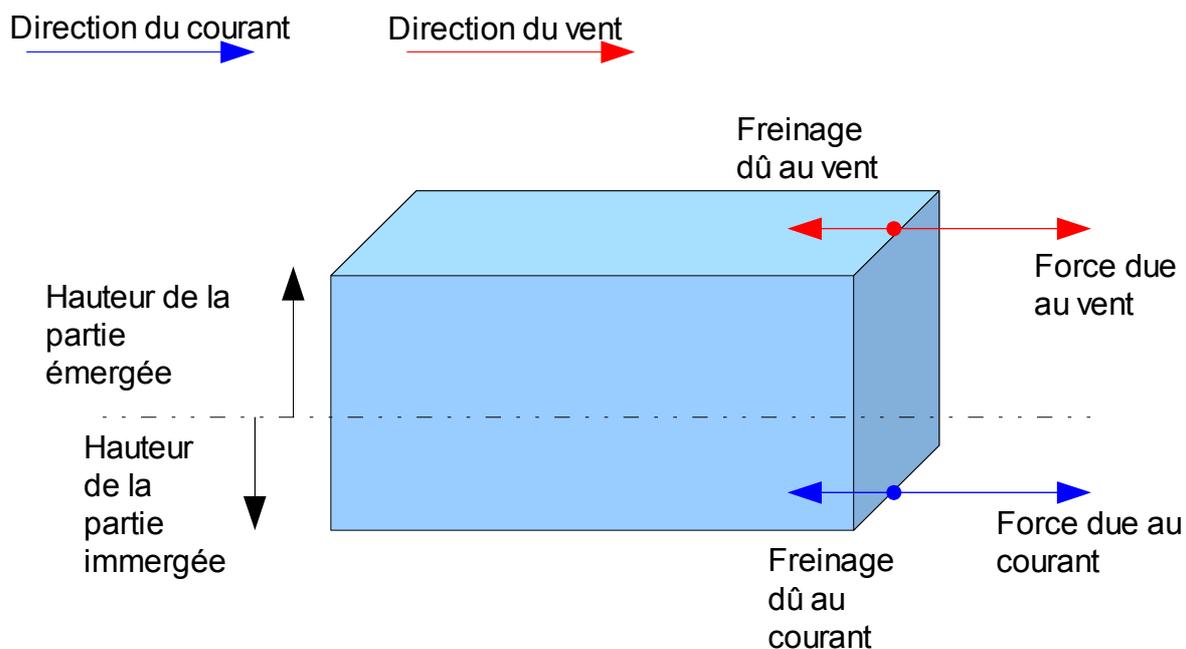
1.3 MOTHY version objets flottants

En 1998, une nouvelle version de MOTHY est créée, elle concerne les objets flottants. Ces objets flottants sont, en réalité, modélisés par un parallélépipède rectangle dont on peut choisir la taille.

Les forces s'appliquant au parallélépipède sont les suivantes :

- La force due au vent s'appliquant sur la partie émergée.
- La force due au courant, appliquée sur la partie immergée.
- La force due aux vagues, supposée négligeable pour des objets de moins de 30 mètres.

Le paramètre essentiel est le taux d'immersion du parallélépipède. Donc pour un objet, MOTHY calcule neuf dérives de 10 à 90% d'immersion.

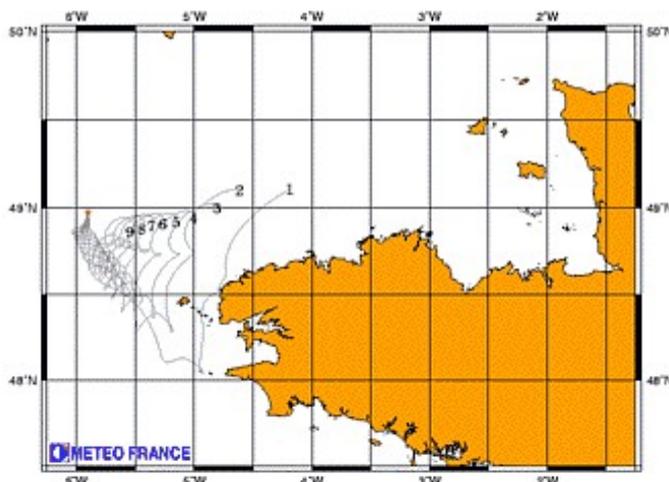


Forces s'appliquant sur le parallélépipède.

Selon l'objet dérivant, les taux d'immersion observés en réel sont les suivants:

Type d'objet dérivant		Taux d'immersion
Conteneur	20 ou 40 pieds	40 à 100%
Voilier	Monocoque, grande quille	70 à 80%
	Monocoque, petite quille	60 à 70%
Bateaux de pêche sportive		20 à 30%
Navires de pêche commerciale		40 à 90%
Esquifs et yoles à moteur		50 à 60%
Homme à la mer	Situation inconnue	70 à 100%
	Avec combinaison de survie	70 à 90%
	Avec combinaison de plongée	90 à 100%
Décédé		80 à 90%

Sur la carte obtenue, nous avons neuf dérives différentes : la dérive n°1 correspond à une immersion de 10% et la dérive n°9 à une immersion de 90%.



Exemple de carte obtenue pour la dérive d'un objet flottant.

1.4 MOTHY Leeway

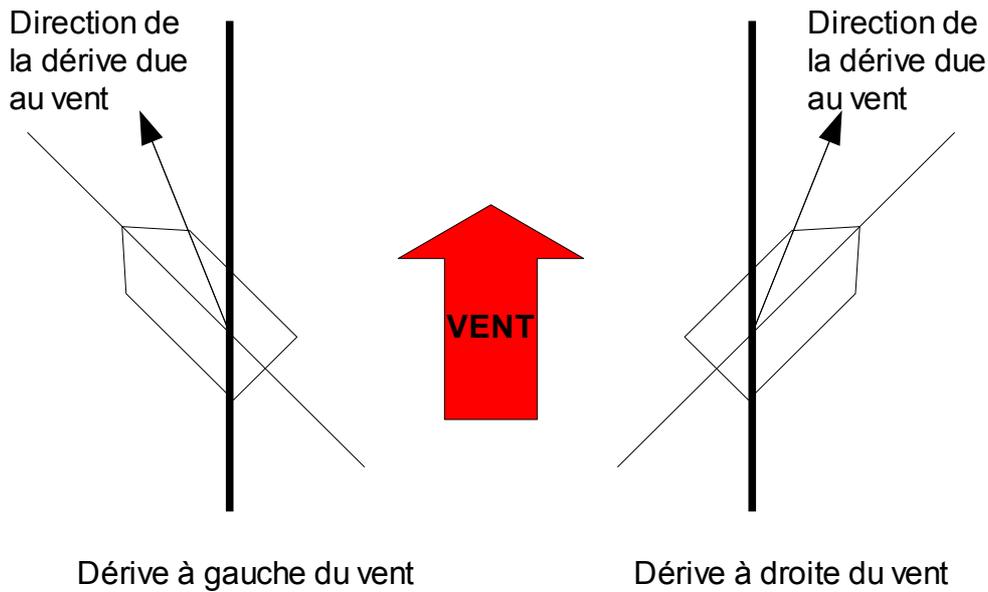
MOTHY Leeway est la dernière version, sortie en septembre 2009. Cette version a été réalisée grâce à des expérimentations menées par les Gardes Côtes Américains et mise en œuvre selon une technique élaborée par le service météorologique norvégien.

L'expérimentation des Gardes Côtes Américains a permis de définir 63 cibles SAR⁹ comme par exemple personne à la mer avec ou sans brassière de sauvetage, radeau de sauvetage avec ou sans tente, avec ou sans ancre flottante, différents types de voiliers, de navires de pêches,... (Voir annexe 3 page 37)

Les expériences ont montré qu'il existe deux positions stables de dérive par rapport au vent : soit à droite du vent, soit à gauche du vent. En pratique, on ne peut pas déterminer de quel côté va partir l'objet. MOTHY Leeway calcule les deux possibilités.

On simule la dérive de 480 objets dont les caractéristiques suivent une distribution statistique ce qui permet d'associer une probabilité aux prévisions de dérive. Selon l'orientation initiale de l'objet, celui-ci peut dériver à droite ou à gauche du vent. L'incertitude sur la dérive liée aux caractéristiques de l'objet et à l'environnement est prise en compte dans la dérive des points de couleur.

9 SAR : Search And Rescue, recherche et sauvetage

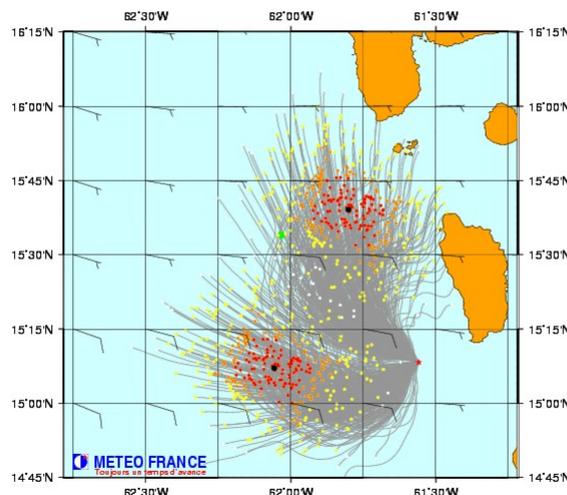


Dérive dû au vent

Sur la carte ci-dessous, les deux points noirs prennent en compte le fait que la dérive gauche ou droite est la prévision déterministe. L'étoile rouge correspond à la position initiale de l'objet dérivant.

L'incertitude sur la dérive liée aux caractéristiques de l'objet et à l'environnement est prise en compte dans la dérive des points de couleur. Les points rouges, oranges, jaunes et blancs correspondent à la probabilité de présence :

- 50% pour les points rouges
- 68% pour les points rouges et oranges
- 95% pour les points rouges, oranges et jaunes
- 99% pour les points rouges, oranges, jaunes et blancs.



Exemple de carte obtenue avec
MOTHY Leeway.

2. MOTHY et les pollutions marines

2.1 Le rôle de Météo-France

2.1.1 Au niveau national

Les responsabilités de chaque intervenant en cas d'accident maritime majeur sont définies dans les instructions interministérielles du 2 avril 2001 relative à l'intervention des pouvoirs publics en cas d'accident maritime majeur, et du 4 mars 2002 relative à la lutte contre la pollution du milieu marin (documentation nationale POLMAR).

Extrait de l'Instruction du 4 mars 2002 concernant le rôle de Météo-France :

« 12.2. Météo-France

12.2.1. Préparation à la lutte :

- participer à la préparation et à la mise à jour des plans POLMAR/Mer et POLMAR/Terre ;
- participer aux exercices organisés par les préfets maritimes, les préfets de zone de défense et les préfets de départements.

12.2.2. Opérations de lutte :

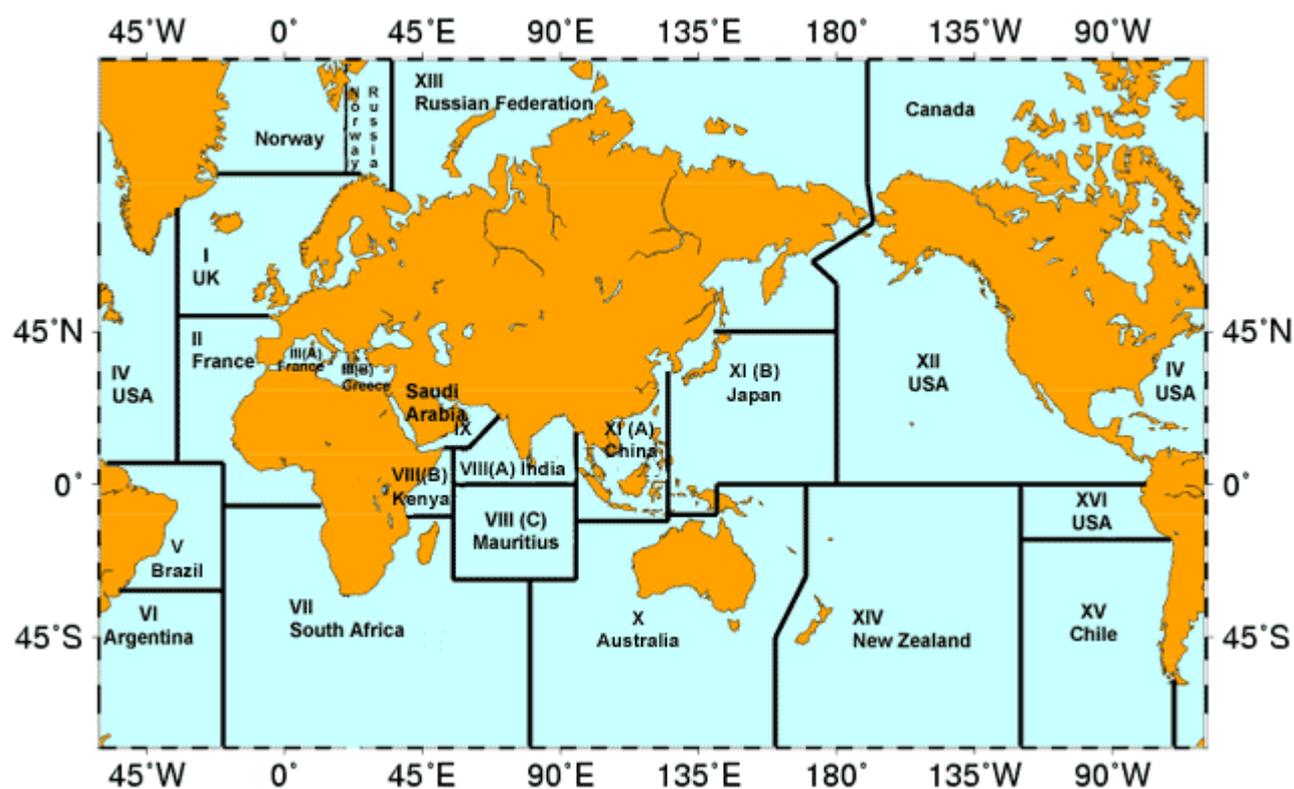
- participer, en tant que responsable de la fourniture d'informations météorologiques, aux cellules de crise mises en place par les autorités en charge de la conduite des opérations ;
- mettre en œuvre, en relation avec le CEDRE¹⁰, des prévisions de dérive de polluants et fournir l'expertise humaine nécessaire à leur interprétation ;
- à cet effet, pour la détermination des conditions initiales des prévisions, participer en tant que de besoin aux cellules d'évaluation mentionnées dans la section 12.1.2 ;
- mettre à la disposition des autorités, pour les besoins opérationnels, des observations et prévisions météorologiques et océaniques. »

10 CEDRE : Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux

2.1.2 Au niveau international

Météo-France a intégré le Service d'Intervention d'Urgence en cas de Pollution de la Mer (SIUPM) qui est un système mis en place par l'OMM¹¹. C'est un système destiné à fournir des informations météorologiques et océanographiques pour des interventions d'urgence en cas de pollution de la mer hors des eaux territoriales. Les océans et les mers sont divisés en zones de responsabilité, elles correspondent aux zones METAERAS du SMDSM¹². Sur chacune de ces zones, l'assistance météorologique est gérée par un coordonnateur météorologique de zone qui est un service météorologique national.

Météo-France a accepté d'être coordonnateur météorologique de zone pour les zones II et III (A), et d'être service d'appui aux coordonnateurs météorologiques des zones I, III (B), VII (B) et VIII (C).



Zones SMDSM

11 OMM : Organisation Météorologique Mondiale

12 SMDSM : Système Mondial de Détresse et de Sécurité en Mer

2.2 Erika

L'Erika fait route de Dunkerque à Livourne, chargé de 31000 tonnes de fioul lourd n°2.

Le 11 décembre 1999, le commandant envoie un message de détresse informant que le navire a 15° de gîte sur tribord mais qu'il ne demande pas assistance. Les conditions météorologiques sont défavorables : vent d'Ouest force 8 à 9, creux de 6 m. Une heure plus tard, l'Erika annule son message de détresse et informe le CROSS que la situation est sous contrôle.

Le 12 décembre, l'Erika envoie un nouveau message de détresse : le navire est en train de se casser en deux. L'équipage est hélitreuillé.

Le navire se casse en deux à 8h15 (heure locale) dans les eaux internationales, à une trentaine de milles au sud de la pointe de Penmarc'h (Pointe sud du Finistère). La quantité déversée au moment du naufrage est estimée entre 7 000 et 10 000 tonnes.

La partie avant du navire coule dans la nuit du 12 au 13 décembre.

La partie arrière est prise en remorque par l'Abeille Flandre pour empêcher la dérive vers Belle-Ile et coule le 13 décembre.

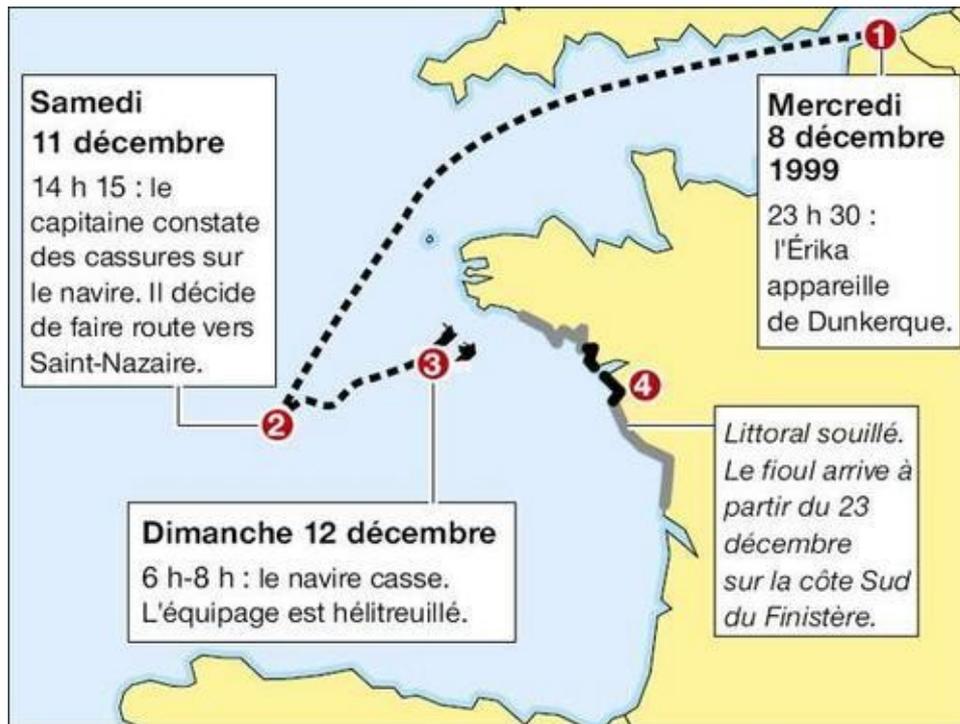
Les deux morceaux de l'épave gisent par 120 mètres de fond et sont distantes de 10 km l'une de l'autre.

Les premières observations aériennes indiquent plusieurs nappes dérivant vers l'est à une vitesse d'environ 1,2 nœuds.

Dans les jours qui suivent, les observations aériennes indiquent des chapelets de nappes formées de plaques épaisses (5 à 8 cm) qui tendent à se fragmenter et continuent à dériver parallèlement à la côte. Le 16 décembre, des petites nappes d'environ 100 m de diamètre se concentrent dans une zone de 25 km de long sur 5 km de large.

Le 23 décembre (11 jours après l'accident), les premiers arrivages à la côte sont observés dans le Finistère sud. Des arrivages se poursuivent les jours suivants, atteignant les îles du Morbihan (Groix et Belle-Ile) le 25 décembre, et la Vendée, au nord de Noirmoutier, le 27 décembre.

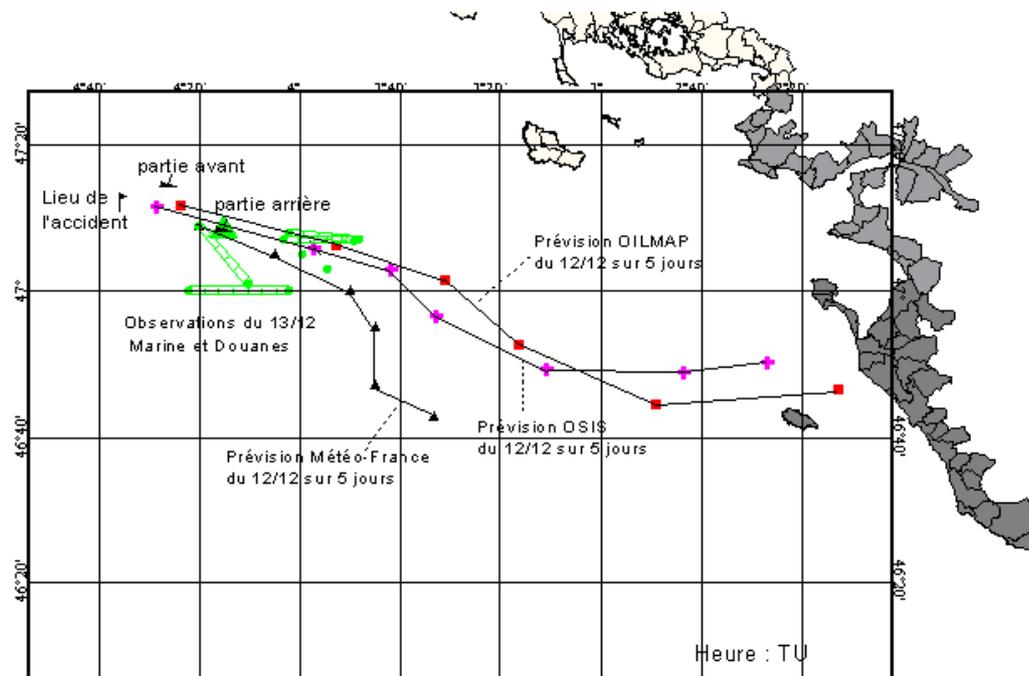
Le 26 décembre (14 jours après l'accident), l'île de Groix, face à Lorient, est très affectée et le gros de la pollution atteint la Loire-Atlantique au nord et au sud de la Loire.



Naufrage de l'Erika (Source Ouest-France)

Plusieurs modèles de dérive de nappes en mer ont été activés :

- le modèle MOTHY développé par Météo-France
- Le modèle britannique OSIS
- Le modèle américain OILMAP



Dessin 1: Situation des observations et premières prévisions de dérives le 12 décembre (Source : CEDRE)

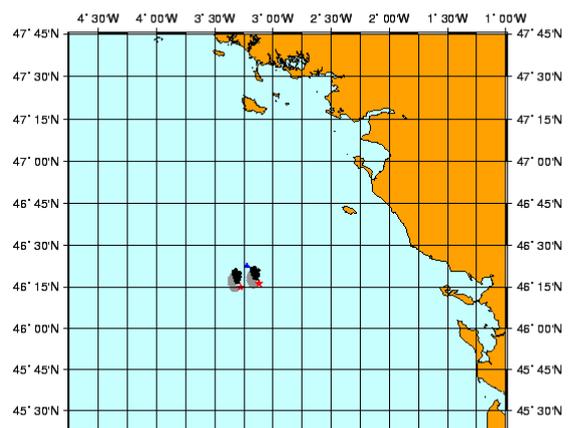
Sur la carte ci dessus, on remarque que les nappes doivent avoir dépassé l'île d'Yeu (Vendée) le 17 décembre, selon les prévisions du modèle OILMAP, qu'elles s'approchent de l'île le même jour pour le modèle OSIS. Mais les nappes restent encore loin au large pour le modèle MOTHY. Cette prévision de dérive est la plus proche des observations aériennes.

Les conclusions du CEDRE sont les suivantes. Les prévisions ne sont pas une information absolue, en effet la position des nappes et le modèle de dérive sont sujets à incertitudes. Des nappes sont perdues, retrouvées, puis reperdues, au fil de leur dérive. Le modèle de dérive est moins bon à l'approche du littoral car les vents et courants locaux apportent des interférences difficilement prévisibles.

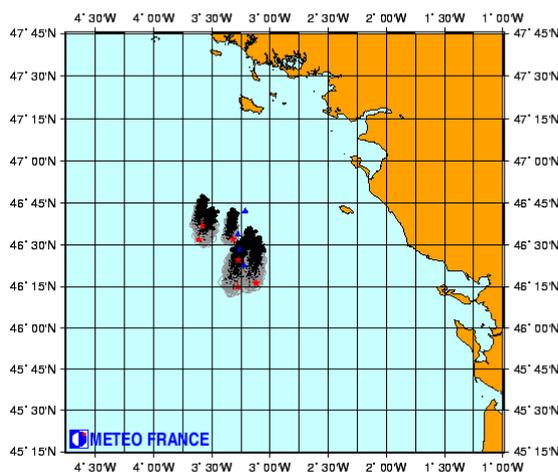
L'essentiel de la pollution est bien arrivé dans la zone indiquée par la prévision de dérive du 24 au 27 décembre. Mais des nappes, non prévues par les modèles de dérives, sont arrivées sur la côte du sud Finistère le 23 décembre et sur le littoral du Morbihan à l'ouest de Belle-Ile. Ces nappes ont dû échapper aux observations aériennes et n'ont pas pu être prises en compte dans les prévisions de dérive.

Prévisions du 21 au 26 décembre à partir des positions observées de nappes (étoiles rouges), les trajectoires sont en gris, les positions prévues sont en noir. Les triangles bleus représentent la position d'une bouée Marisonde. (Cette bouée mesure la pression atmosphérique, le vent en vitesse et direction et la température de la mer en surface. Les données sont envoyé via le système Argos)

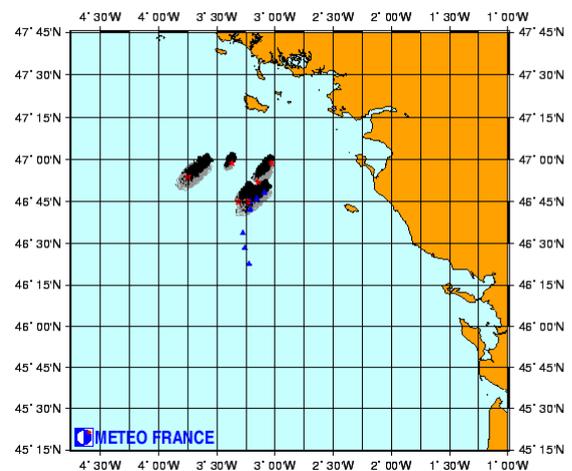
MOTHY: previsions pour le 21 Decembre 1999 00h00 TU



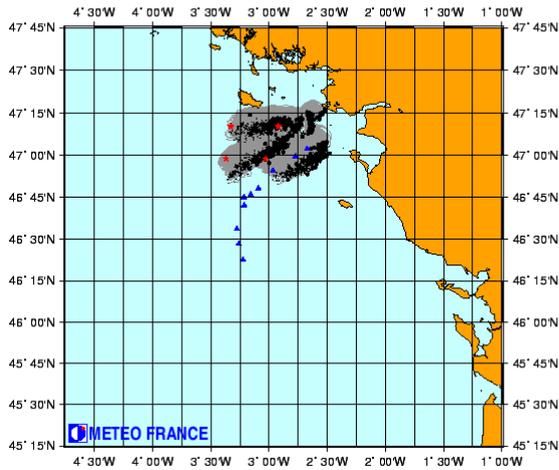
MOTHY: previsions pour le 22 Decembre 1999 12h00 TU



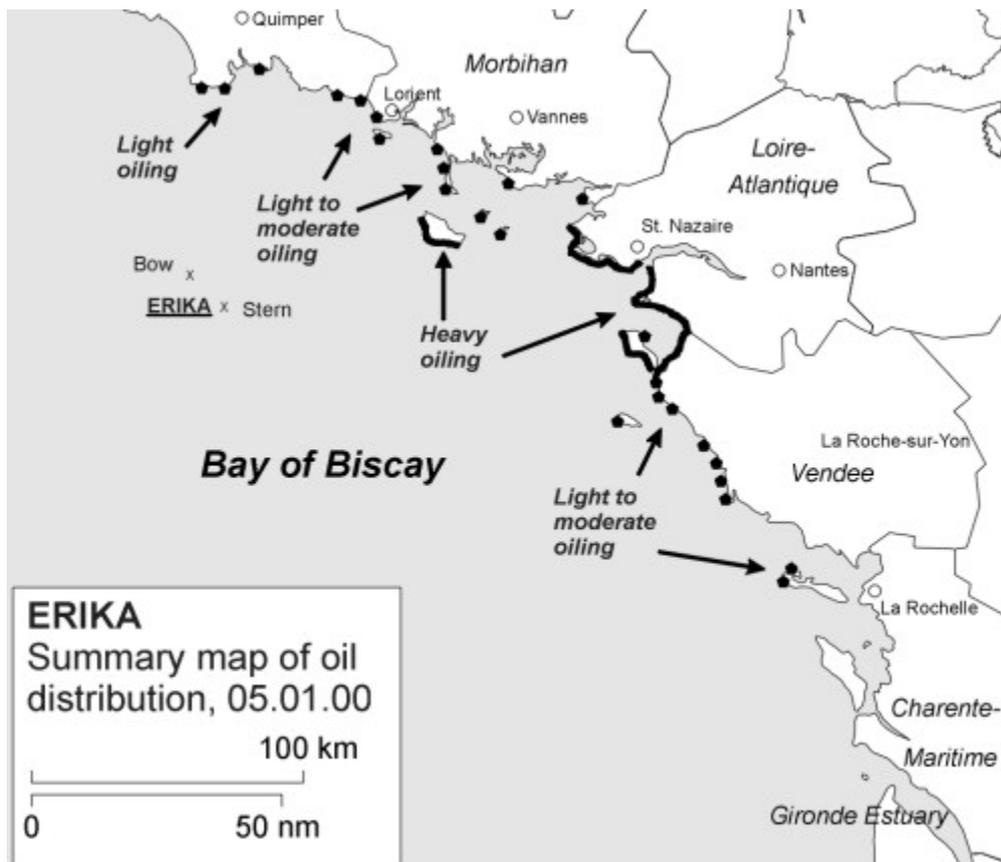
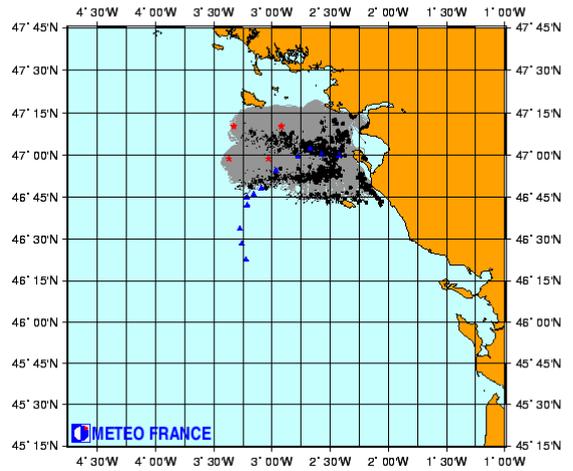
MOTHY: previsions pour le 24 Decembre 1999 00h00 TU



MOTHY: previsions pour le 25 Decembre 1998 12h00 TU



MOTHY: previsions pour le 26 Decembre 1998 12h00 TU



Littoral touché par la pollution (Source : ITOPF)

2.3 Lykes Liberator

Le porte-conteneur Lykes Liberator fait route de Bremerhaven (Allemagne) à Charleston (USA) avec 3000 conteneurs à bord. Le 2 février 2002, il signale avoir perdu 60 conteneurs à 120 milles à l'ouest de l'île de Sein. Un de ces conteneurs transporte des produits dangereux, c'est un conteneur ouvert de 40 pieds contenant trois citernes de produits chimiques.

Le jour même, un avion de surveillance de la Marine nationale repère une citerne jaune dans la zone indiquée par le Lykes Liberator.

La Marine nationale demande une prévision de dérive. La modélisation sur 5 jours donne une prévision d'arrivée au niveau du rail d'Ouessant autour du 5 février, puis une entrée en Manche autour des 6-7 février.

Le 6, la préfecture maritime apprend que les citernes sont vides mais non dégazées et fermées donc elles peuvent contenir quelques litres à quelques dizaines de litres de produit. Ce qui explique la flottabilité des citernes. Les produits sont des catalyseurs chimiques (de l'iodure de diéthyle aluminium dans 2 cuves et du zinc de diéthyle toluène dans la 3ème). Ces produits sont hydro-réactifs, c'est à dire qu'ils dégagent beaucoup de chaleur en présence d'eau ; ils s'enflamment spontanément au contact de l'air et peuvent provoquer des brûlures graves. Le fournisseur donne rapidement les risques et les précautions à prendre, il met à disposition la cellule d'intervention d'urgence.

Le 8 février, une simulation complémentaire sur 3 jours est demandée à partir des positions présumées atteintes le 5 février, aux immersions 10, 20 et 30%. Les résultats donnent une présence possible entre le nord d'Ouessant et les approches des îles anglo-normandes. A 18h, une citerne est repérée près du rail d'Ouessant. L'opération de récupération est prévue le lendemain.

Le 9 février, l'Abeille Flandre se rend sur zone pour repérer les citernes localisées à 15 milles au Nord-Ouest d'Ouessant.

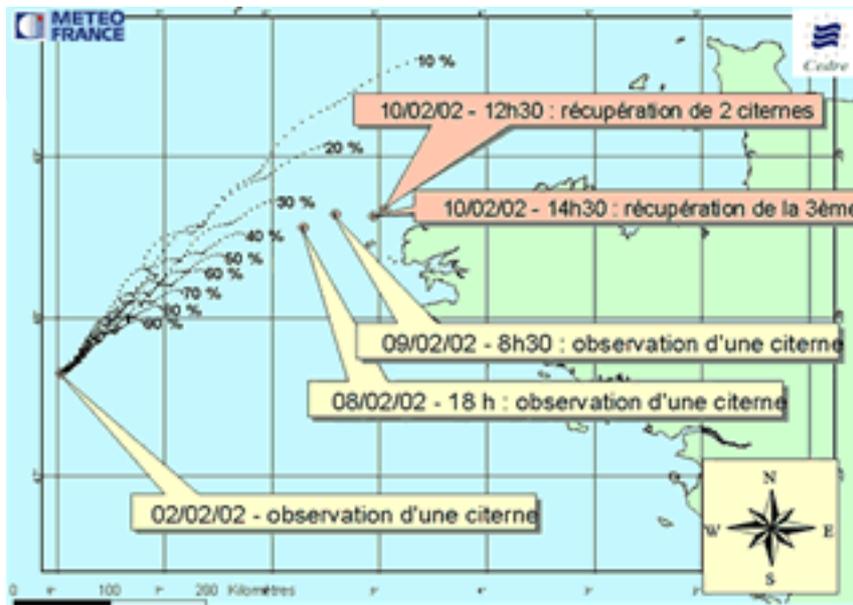
Le 10 février l'Alcyon prend en remorque les 3 citernes.

Le 11 février, les citernes sont débarquées à Brest.

A l'arrivée à Brest, le taux d'enfoncement des citernes est estimé entre 20 et 30%.

La modélisation sur la base de 40% d'immersion est la plus proche de la réalité et elle donne une dérive plus rapide que la réalité.

Les écarts entre la réalité et la modélisation peuvent s'expliquer par les piètements des citernes qui étaient immergés et ajoutaient une traînée importante.



Prévision de dérive MOthy (Météo France) pour le 5/02/02 à partir de l'observation du 2/02/02. Points d'observation du 8 et 9/02/02. Points de récupération du 10/02/02.

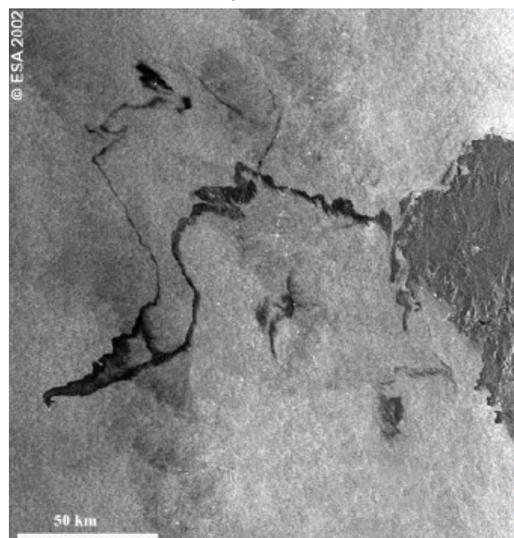
2.4 Utilisation de MOthy à rebours

Lorsqu'une pollution est trouvée sur une plage ou qu'une nappe d'hydrocarbure est repérée, MOthy peut être lancé à rebours pour savoir d'où vient cette nappe, ce qui permettra éventuellement de trouver le navire pollueur.

Les pollutions peuvent être repérées par des avions mais aussi par satellites.



Observation d'une nappe irisée (Source Marine nationale)



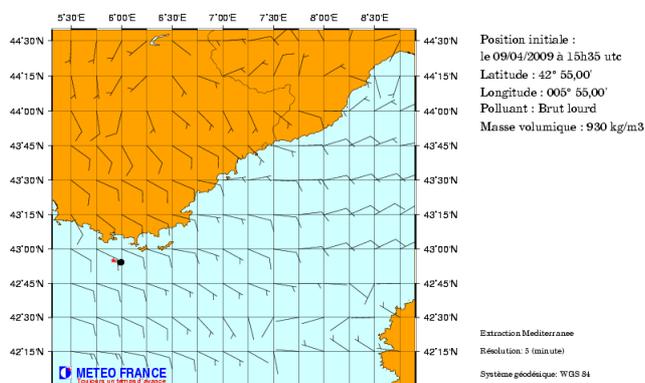
Observation d'une pollution par satellite

Le repérage par satellites est réalisé par CleanSeaNet qui est un service de diffusion d'images satellitaires mis en place par l'EMSA¹³. Des radars à bord des satellites sont utilisés pour détecter les nappes d'hydrocarbures en mer. L'image radar représente la différence de rugosité par une différence de luminosité sur l'image. En effet, une nappe d'hydrocarbure va lisser la surface de l'eau. La prochaine version de ce système pourra être couplé avec l'AIS¹⁴.

En réalité, cette possibilité est très peu utilisée car pour lancer une dérive il faut la nature exacte du polluant et la zone, calculée par MOTHY, où la pollution a pu avoir lieu est très étendue.

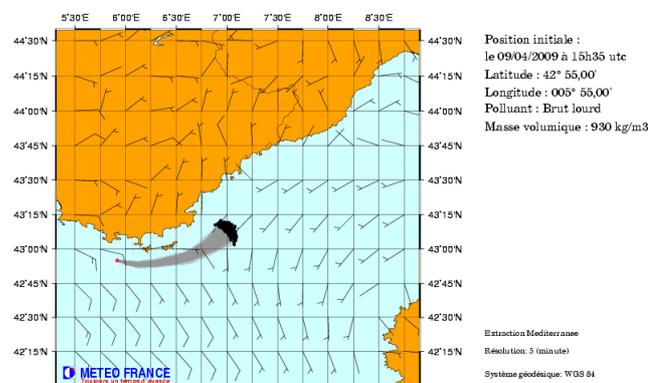
Prévisions de dérive à rebours à partir de la position du 9 mars.

MOTHY/ARPEGE REBOURS : Prévision pour le 09/04/2009 à 12 utc



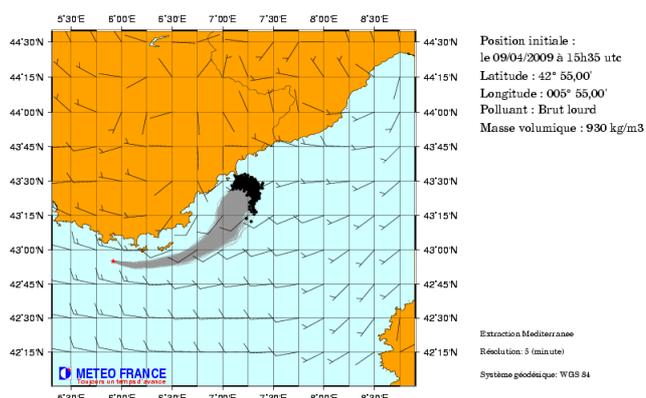
Attention : document technique de prévision de dérive d'hydrocarbure, réalisé à partir d'un seul point choisi dans un ensemble complexe de nappes (observées ou non).
Caution: Technical support for oil drift forecast from a single point out of a complex set of slicks (observed or not).

MOTHY/ARPEGE REBOURS : Prévision pour le 07/04/2009 à 06 utc



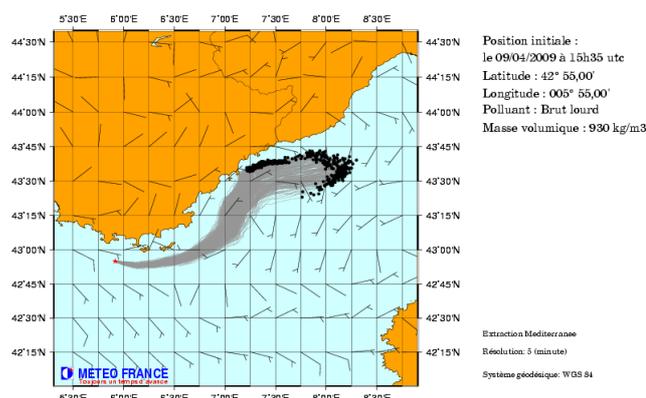
Attention : document technique de prévision de dérive d'hydrocarbure, réalisé à partir d'un seul point choisi dans un ensemble complexe de nappes (observées ou non).
Caution: Technical support for oil drift forecast from a single point out of a complex set of slicks (observed or not).

MOTHY/ARPEGE REBOURS : Prévision pour le 04/04/2009 à 18 utc



Attention : document technique de prévision de dérive d'hydrocarbure, réalisé à partir d'un seul point choisi dans un ensemble complexe de nappes (observées ou non).
Caution: Technical support for oil drift forecast from a single point out of a complex set of slicks (observed or not).

MOTHY/ARPEGE REBOURS : Prévision pour le 02/04/2009 à 06 utc



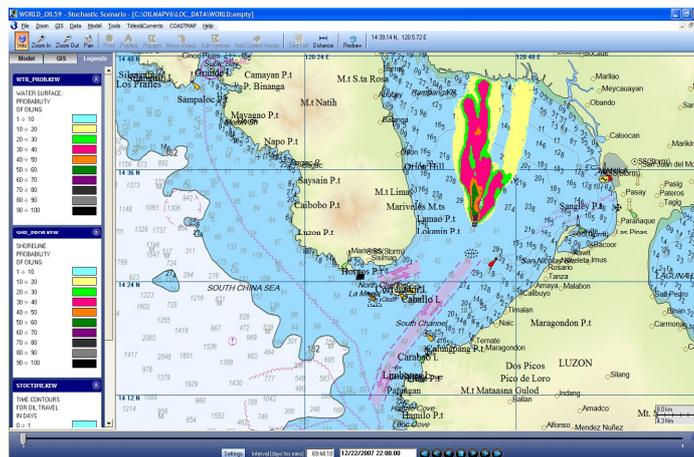
Attention : document technique de prévision de dérive d'hydrocarbure, réalisé à partir d'un seul point choisi dans un ensemble complexe de nappes (observées ou non).
Caution: Technical support for oil drift forecast from a single point out of a complex set of slicks (observed or not).

13 EMSA : European Maritime Safety Agency, Agence européenne de sécurité maritime
14 AIS : Automatic Identification System, Système d'identification automatique

2.5 Quelques exemples de logiciels de dérive d'hydrocarbures

2.5.1 OILMAP

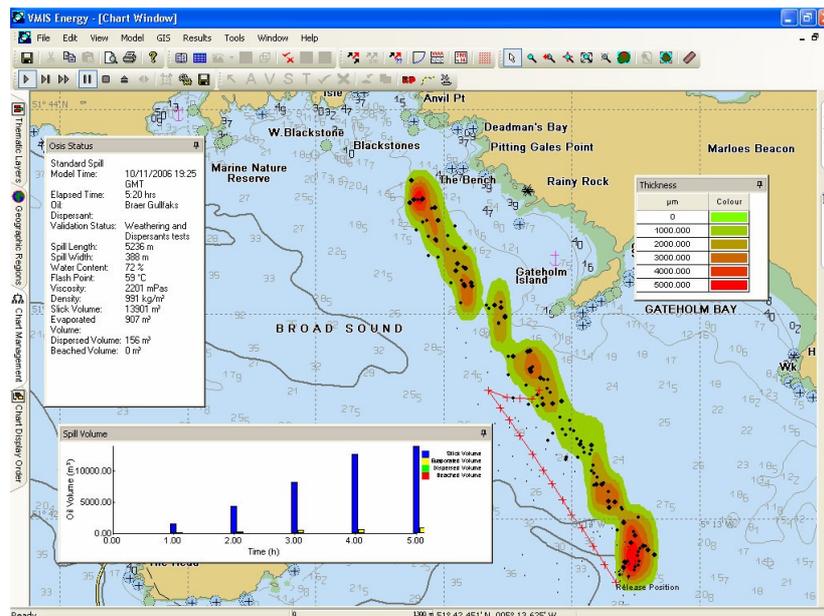
OILMAP est un logiciel payant développé par une société américaine Applied Science Associates Inc. à la demande d'un groupe de sociétés (Exxon, Chevron, Mobil, Environment Canada, US Army Corp of Engineers, Canadian Petroleum Association) suite à l'accident de l'Exxon Valdez. Il peut être utilisé dans le monde entier.



Exemple de carte obtenue avec OILMAP

2.5.2 OSIS

OSIS, Oil Spill Information System, est un logiciel payant anglais créé par les sociétés BMT Cordah et NCEC. OSIS est un modèle fonctionnant dans le monde entier.



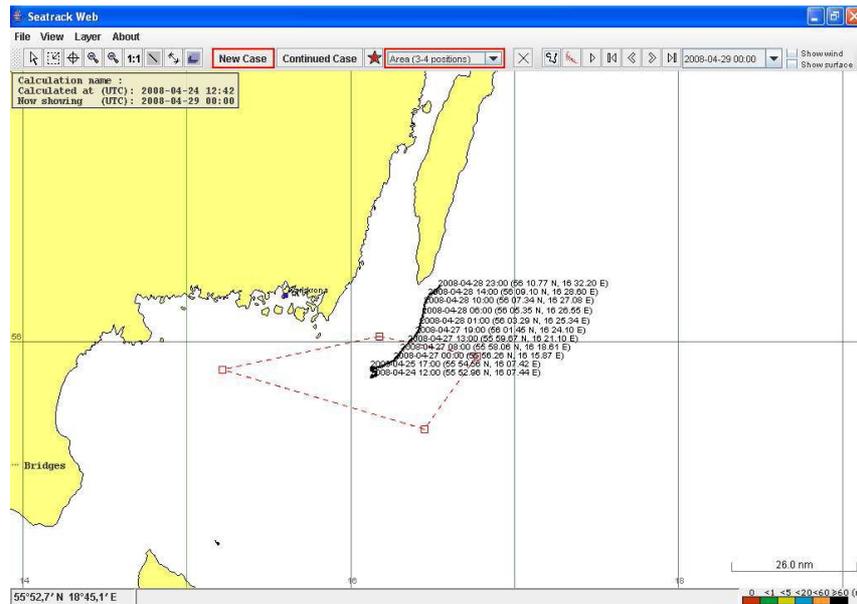
Exemple de carte obtenue avec OSIS

2.5.3 Seatrack Web

Le logiciel Seatrack Web a été développé en 1995 par le SMHI¹⁵ en collaboration avec le DaMSA¹⁶ et l'institut finlandais de l'environnement.

Son domaine d'utilisation est limité au golfe de Botnie, au golfe de Finlande et à une partie de la mer du Nord.

Ce logiciel calcule la dérive des hydrocarbures, des produits chimiques et des objets. Il fonctionne aussi à rebours.



Exemple de carte obtenue par Seatrack Web

15 SMHI : Swedish Meteorological and Hydrological Institute, équivalent suédois du SHOM

16 DaMSA : Danish Maritime Safety Administration

3. MOTHY dans le système de recherche et de sauvetage

3.1 Le rôle de Météo-France

L'article 4 du décret n°93-861 du 18 juin 1993 portant sur la création de l'établissement public Météo-France indique que :

« En liaison avec les ministères compétents, Météo-France peut apporter son concours, par convention, à des administrations, collectivités et services publics, à des organismes internationaux et à des États étrangers. »

Météo-France a signé une convention non publique le 3 mars 2005 avec la Direction des Affaires Maritimes. Cette convention stipule que Météo-France a des missions de service public envers les CROSS comme les prévisions météorologiques et l'utilisation de MOTHY lors d'opérations de recherches et sauvetages.

3.2 Les recommandations du manuel IAMSAR¹⁷

Extrait du chapitre 4 : Principes de la planification et de l'évaluation d'une recherche du manuel IAMSAR volume 2.

« Autres sources de données sur le courant de vent et le courant marin :

4.4.5 Si les observations directes fournissent les meilleurs renseignements sur l'emplacement et l'heure de l'observation, ces données ne sont cependant pas toujours disponibles là et quand elles sont nécessaires pour planifier une recherche. Les sorties des modèles informatiques constituent la deuxième source utilisée pour prédire le temps et l'état de la mer. Ces sorties, surtout celles des modèles météorologiques, sont distribuées très largement dans le monde entier et sont souvent utilisées par les bureaux météorologiques locaux qui les modifient pour tenir compte des observations et effets locaux. Tout RCC devrait collaborer avec les bureaux météorologiques de sa zone de responsabilité pour veiller à ce que cette source de données environnementales soit disponible quand elle est nécessaire.

Mise en garde: Les sorties de certains modèles de prédiction du courant marin indiquent des effets des vents locaux qui sont fondés sur des prédictions du vent. Le planificateur d'une recherche NE devrait PAS ajouter le courant des vents locaux à de telles prédictions du courant marin. Enfin, les cartes de pilotage, les atlas

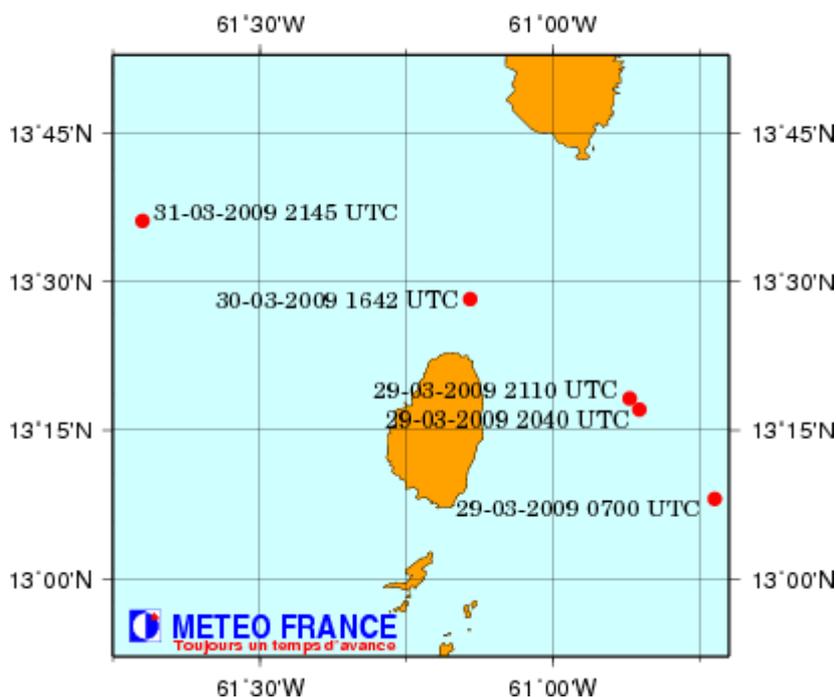
¹⁷ Manuel IAMSAR : Manuel international de recherche et de sauvetage aéronautiques et maritimes

hydrographiques, les éphémérides des courants de marée, etc. peuvent être utilisés pour estimer le courant. Les courants marins indiqués sur les cartes de pilotage ou les atlas hydrographiques pour les régions de vents persistants, c'est-à-dire de vents dont la vitesse et la direction sont presque toujours constants, ne devraient pas être additionnés du courant des vents. Cela s'applique normalement aux régions du monde où soufflent les vents alizés, par exemple ceux du nord-est entre le sud de l'Europe et le bassin des Caraïbes. »

3.3 Exemple : Dérive d'une yole de pêche



Dimanche 29 mars 2009, la yole de pêche OMAR 3, avec deux personnes à bord, est en panne de moteur. Elle est alors à 25 milles à l'est de Saint Vincent. Elle va dériver pendant deux jours et demi avant un sauvetage réussi en mer des Caraïbes.

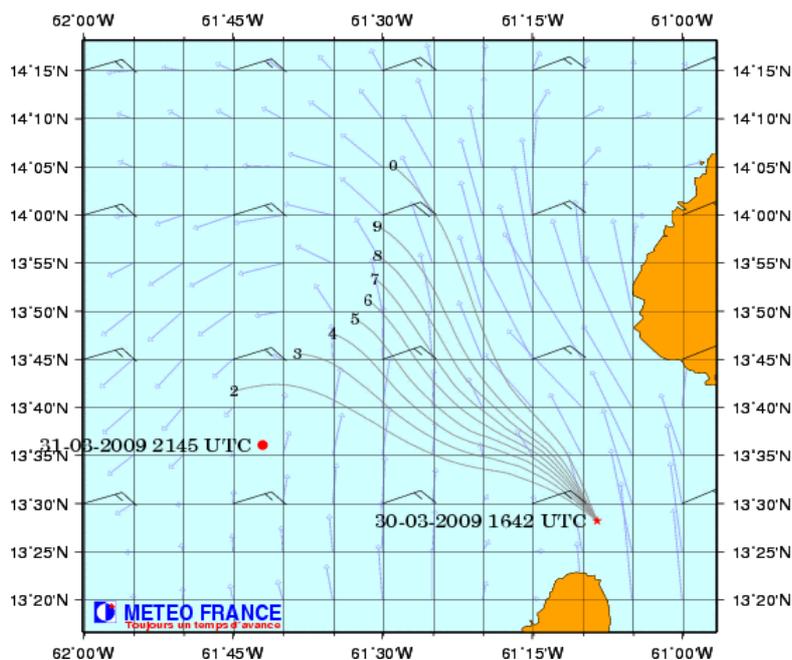


Carte des positions de la yole données par le CROSS Antilles - Guyane

3.3.1 Comparaison des dérives

Plusieurs prévisions de dérive ont été réalisées d'une part avec MOTHY version objets flottants et d'autre part avec MOTHY Leeway pour quatre cibles SAR différentes à partir de la position observée du 30 mars à 16h42 et une prévision de dérive au 31 mars à 22h.

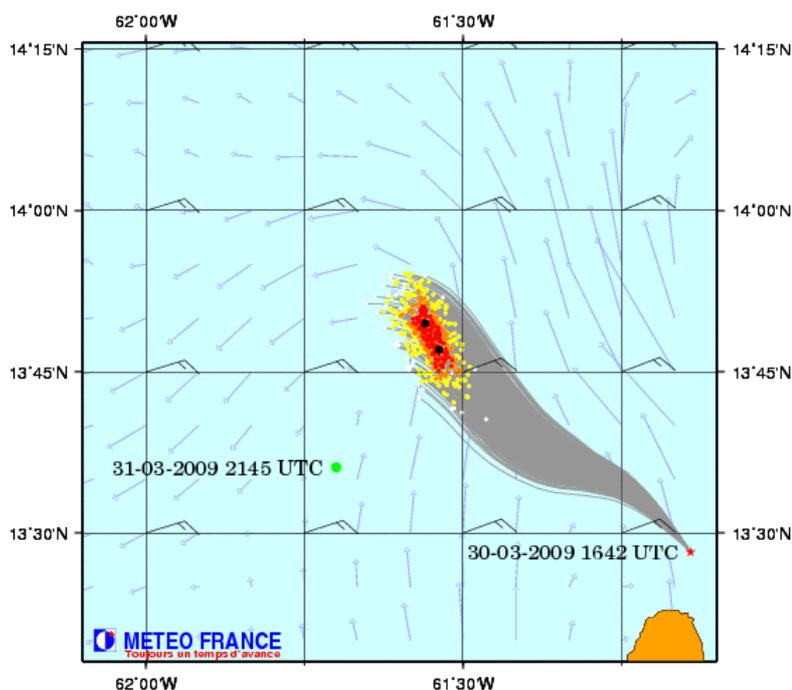
MOTHY version objets flottants



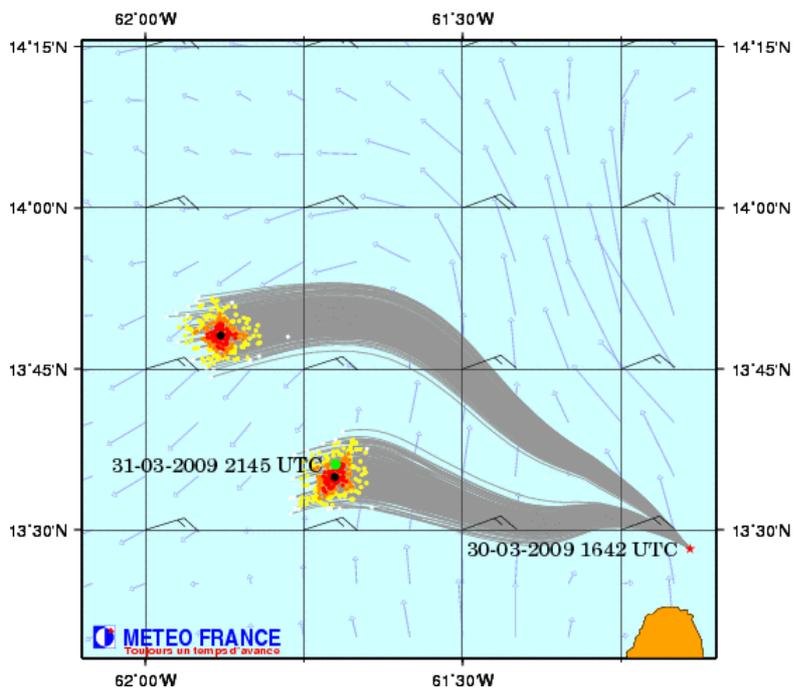
On remarque sur cette carte que la dérive calculée par MOTHY version objets flottants donne une dérive plus nord qui est sûrement due à une surestimation du courant et que le taux d'immersion de 20% est le plus proche de la dérive réelle.

Cible n° 39 : Esquif, Yole

La dérive de la cible n°39 est beaucoup plus nord que la position réelle.



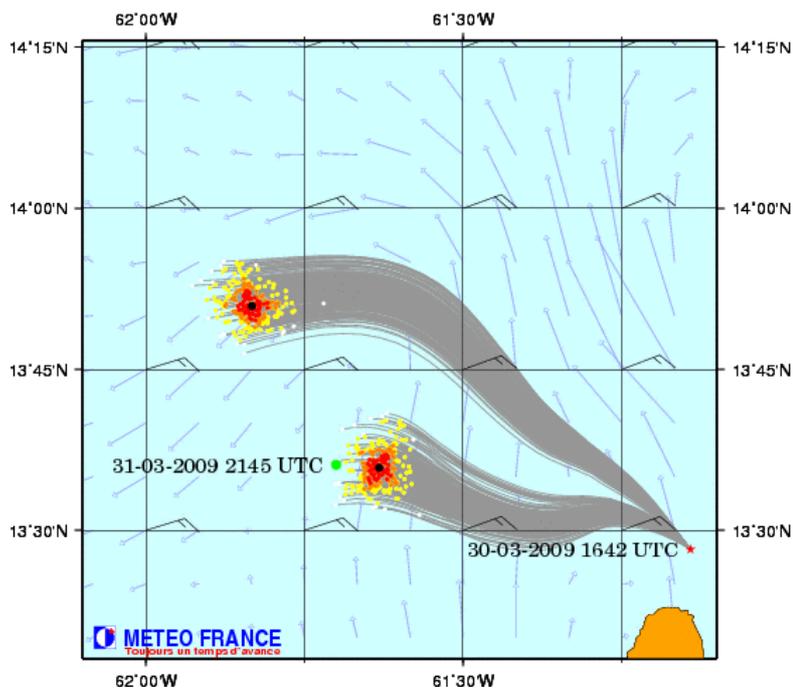
Cible n°41 : Bateau de sport



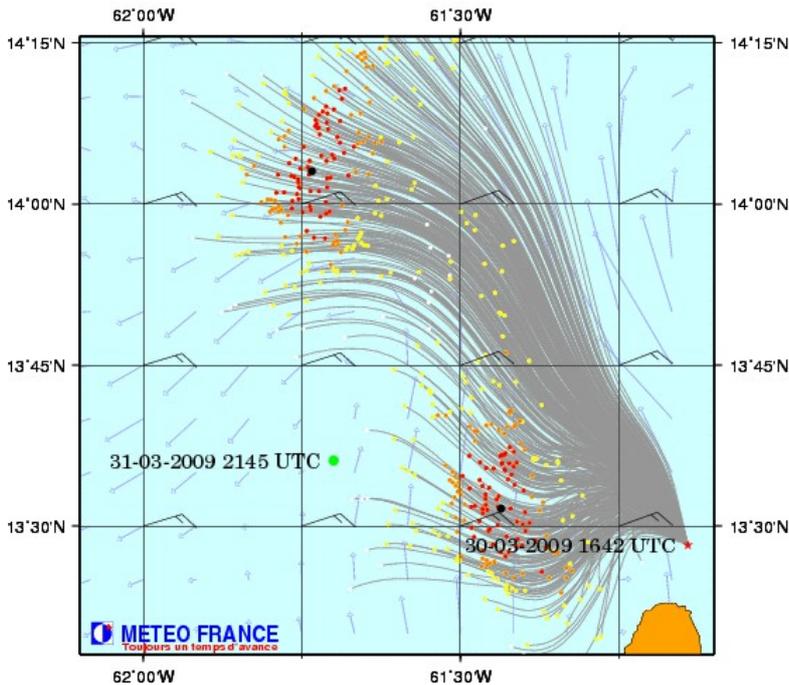
La dérive à gauche du vent de la cible 41 correspond à la dérive réelle.

Cible n°42 : Bateau de pêche sportive

La dérive à gauche de cette cible est proche de la dérive réelle.



Cible n°43 : Bateau de pêche



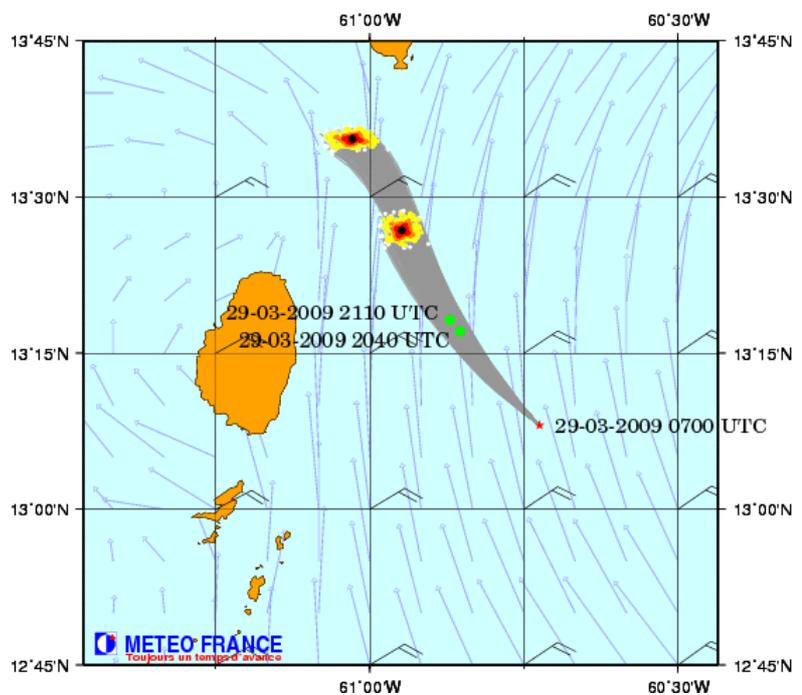
Cette dérive ne correspond pas à la réalité. Elle est difficilement exploitable. Les probabilités de dérive sont éparpillés.

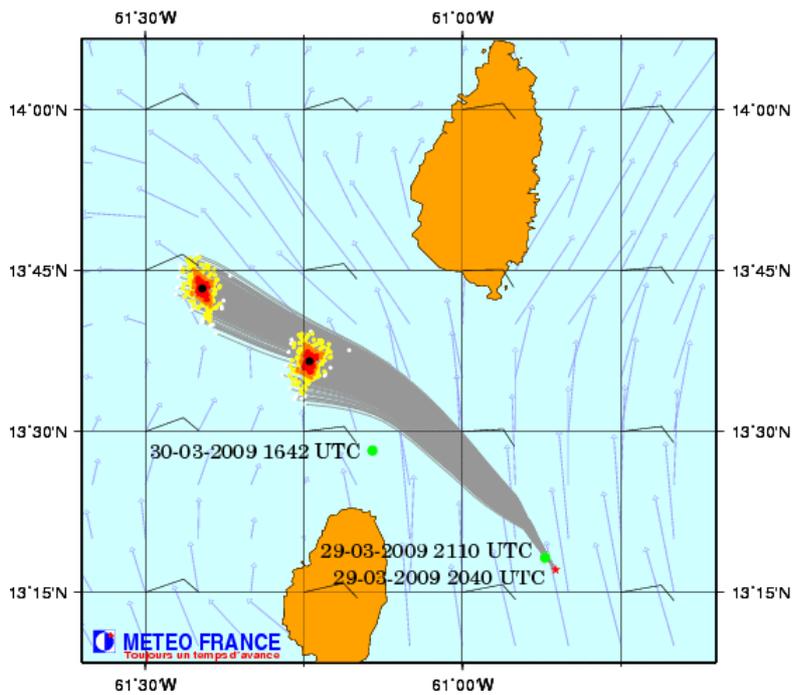
La dérive de la cible n°41 est la plus proche de la dérive observée. Nous allons observer l'évolution de la dérive de cette cible.

3.3.2 Évolution de la dérive avec la cible n°41

Cette carte est une prévision de dérive pour le 29 mars à 21h à partir de la position du 29 mars à 7h.

On voit que la dérive est plus rapide que la réalité.



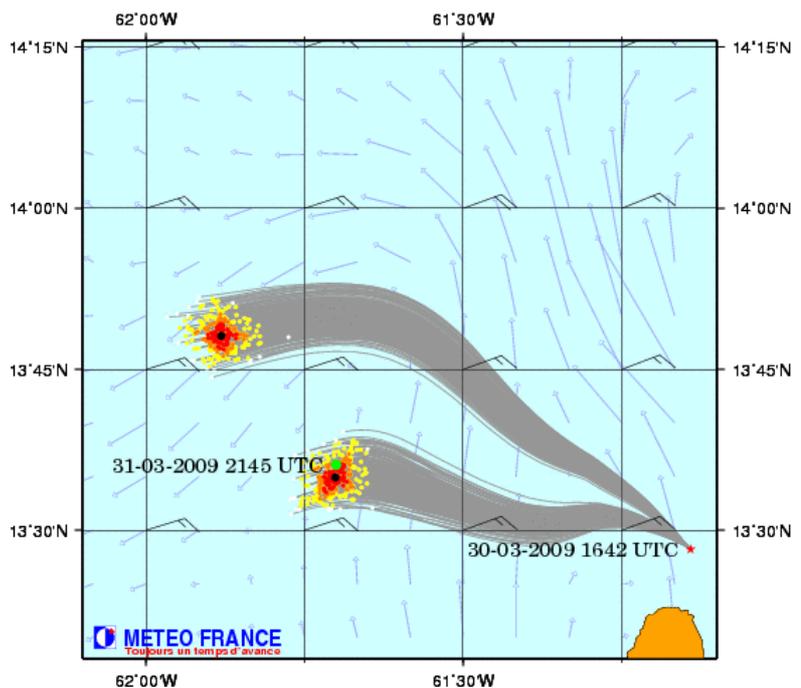


Cette carte est la prévision de dérive pour le 30 mars à 17h calculée à partir de la position du 29 mars à 20h40.

On remarque que la dérive est trop rapide et plus nord que la réalité.

Cette carte est la prévision de dérive pour le 31 mars à 22h calculée à partir de la position du 30 mars à 16h42.

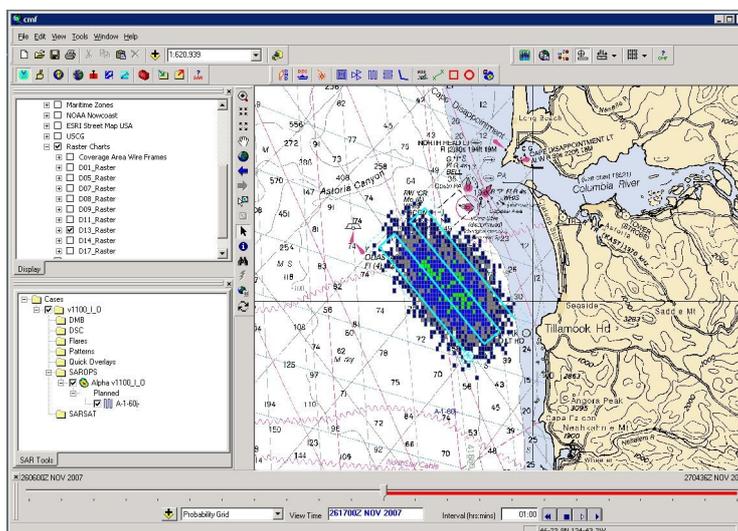
Le recalage de la dérive avec la position observée du 30 mars permet d'avoir une dérive très proche de la réalité.



3.4 Exemples de logiciels SAR

3.4.1 Logiciel américain

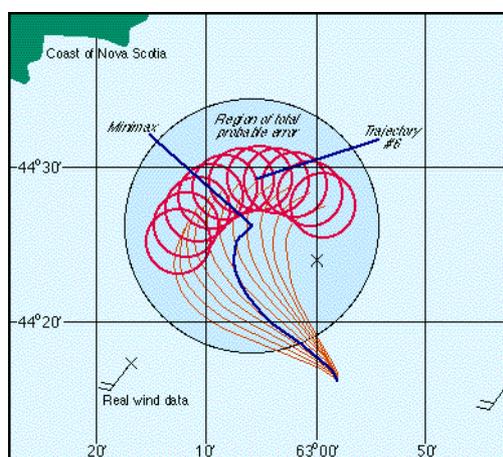
Le logiciel SAROPS, Search And Rescue Optimal Planning System, est un système opérationnel de planification de recherche et sauvetage. Il est utilisé par les gardes côtes américains pour toutes les opérations SAR pour les USA et les Caraïbes. Il calcule la dérive et planifie les recherches.



Interface et exemple de carte de dérive de SAROPS

3.4.2 Exemple canadien

CANSARP, CANAdian Search And Rescue Planning, est un programme canadien de planification de recherche et de sauvetage. C'est une aide assistée par ordinateur qui permet à la Garde côtière canadienne d'accroître l'efficacité des opérations de recherche et de sauvetage en mer, en analysant la dérive d'objets flottants. Il fonctionne dans les eaux canadiennes.



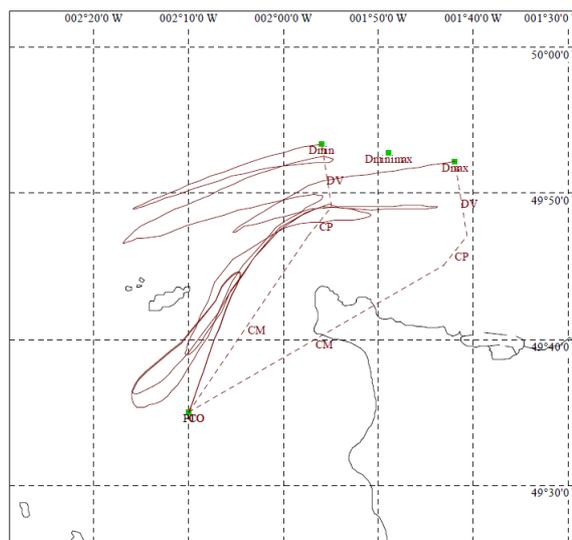
Exemple de carte de CANSARP

3.4.3 Logiciel français

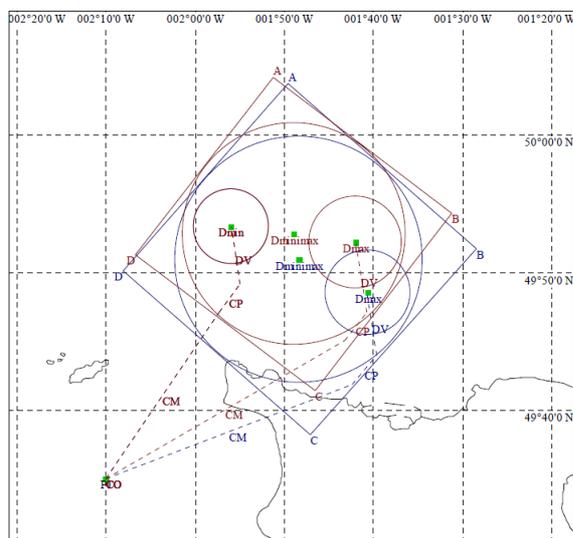
Le logiciel SARCROSS est un logiciel d'aide aux opérations de recherche et de sauvetage en mer, du calcul de la dérive à la planification de la recherche.

Ce logiciel a été mis en place pour les CROSS et il met en œuvre une méthode conforme aux recommandations de l'Organisation Maritime Internationale.

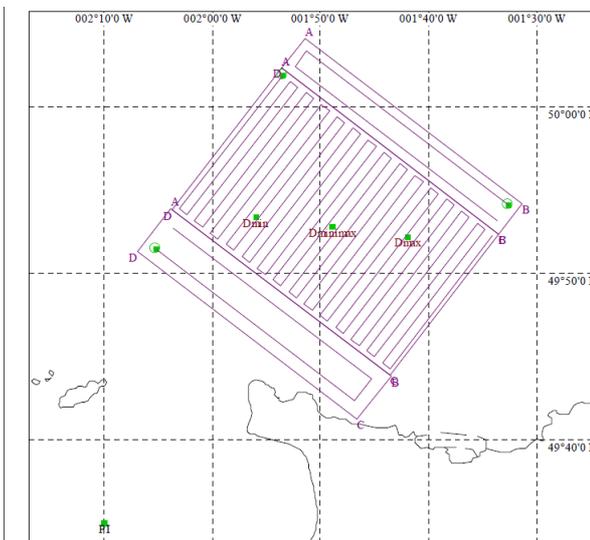
Il est de moins en moins utilisé car il est fastidieux à mettre en œuvre. Il faut rentrer, à la main et dans un certain ordre, les données vent et marée.



Carte de la dérive



Carte de la zone de recherche



Carte de la planification des recherches

La France va se doter d'un logiciel SAR du même type que les logiciels SAROPS et CANSARP. C'est le projet Marylin expliqué plus en détail dans le paragraphe suivant.

3.4.4 Le projet Marylin

Le projet MARYLIN est un système français d'information opérationnelle permettant d'assurer la mission Recherche et Sauvetage des Personnes en mer, il est en cours de réalisation.

Ses objectifs sont les suivants :

- Aider à améliorer la sécurité maritime.
- Être un système d'information performant conforme aux directives IAMSAR.
- Fournir à la France (Direction des Affaires Maritimes) des moyens d'interopérabilité avec d'autres états membres de l'Union Européenne en matière de recherche et de sauvetage des personnes en détresse en mer.

Il est construit pour être le système support de la mission de recherche et le sauvetage maritime, en utilisant toutes les sources d'informations disponibles (Radar, AIS, Goniomètre et Systèmes de données satellite) pour définir, générer et utiliser au mieux les zones de recherches et les unités contribuant au sauvetage en mer.

MARYLIN est adapté aux moyens et projets existants des CROSS et prendra en compte les spécificités des CROSS :

- Nature des équipements et moyens disponibles.
- Caractéristiques de la zone de responsabilité.
- Caractéristiques des opérations les plus fréquentes

Ce système est destiné aux opérateurs français; par conséquent l'intégralité des éléments accessibles aux opérateurs et administrateurs du logiciel, dont l'interface homme machine et la documentation en ligne, sont en français. La documentation fournie, les formations et les supports de formation sont également en français.

De plus, MARYLIN pourra être utilisé dans un contexte international. Un outil de traduction permettra d'éditer automatiquement des documents en anglais.

En ce qui concerne le calcul de dérive, il y aura deux systèmes. Un système embarqué qui calcule en trois minutes une estimation de dérive en prenant en compte principalement le courant de marée puis le courant dû au vent et MOTHY.

Conclusion

Nous avons vu dans ce mémoire comment il était possible de calculer des prévisions de dérive à partir des données vent, courant, marée,... et les possibilités d'utilisation de MOTHY.

Ce logiciel est une aide pour les opérations SAR et la pollution en mer mais il ne faut pas oublier que MOTHY ne nous donne que des prévisions de dérive basées sur des hypothèses de scénario, de comportement de produits et sur le choix des modèles de vent et de courant de grandes échelles fait par le prévisionniste marine.

MOTHY a, comme tout système, des limites d'emploi. En effet le maillage est grossier donc certains hauts-fonds, banc de sable peuvent ne pas être représentés ; il faut transposer les données de prévisions sur une carte marine pour pouvoir exploiter ces données correctement. Ces prévisions peuvent être faussés dans les baies ou à l'embouchure des fleuves.

MOTHY est un logiciel en constante évolution. Tous les progrès qui pourront être réalisés en climatologie et océanographie permettront d'améliorer les précisions des dérives MOTHY.

Les modèles d'évolution des hydrocarbures peuvent se perfectionner car tous les phénomènes affectant une nappe ne sont pas pris en compte par MOTHY.

L'accident du Ievoli Sun nous a montré que le danger de pollution ne vient pas que des pétroliers. Actuellement, il n'existe pas de modèle pour les produits chimiques et nous ne connaissons que très peu le comportement des produits chimiques en mer et leur impact sur l'environnement en cas de déversement important.

Bibliographie

Sciences et Avenir, Avril 2007, « Prévoir la dérive des objets en mer »

MOTHY : www.meteorologie.eu.org/mothy/

Réglementation française : www.legifrance.gouv.fr

CEDRE : www.cedre.fr

Seatrack Web : <http://seatrack.smhiu.se/seatrack/>

OilMap : www.asascience.com/software/oilmap/index.shtml

OSIS :

http://media.bmt.org/bmt_media/bmt_services/17/FL29BMT_CordahOSISFlyerV01.pdf

SAROPS : www.uscg.mil

CANSARP : www.ccg-gcc.gc.ca

SARCROSS : www.abaksystemes.fr/jml/

Formulaire de demande de dérive : http://www.maes-mperss.org/form_mperss.pdf

Annexes

Annexe 1 : Article de Sciences et Avenir d'avril 2007.....	35
Annexe 2 : Formulaire de demande de dérive.....	36
Annexe 3 : Les 63 cibles SAR.....	37

Prévoir la dérive des objets en mer

Le logiciel français Mothy calcule avec précision la trajectoire des pollutions d'hydrocarbures, mais aussi des conteneurs voire des hommes perdus en mer.



Conteneurs échoués sur les côtes du Devon (Angleterre) le 21 janvier, provenant du « MSC Napoli » (au fond, à gauche).

Encore une fois, Mothy ne s'est pas trompé. Le Modèle océanique de transports d'hydrocarbures a suivi, fin janvier, les courants et marées de la Manche pour déterminer l'itinéraire des pièces automobiles et, plus préoccupant, des galettes d'hydrocarbures échappés des flancs du porte-conteneurs *MSC Napoli* en perdition sur la côte anglaise. Le logiciel a déterminé avec certitude le point de départ de la pollution et donné avec précision les points d'échouage des déchets. Les maires des communes littorales ont pu immédiatement intervenir sur leurs plages et rochers tout en entamant sans tarder les procédures juridiques contre l'armateur.

Mothy est une création de Météo France: « C'est logique, assure Denis Paradis, ingénieur à la Division de la prévision marine, car le principal moteur des dérives d'objets sur la mer, c'est le frottement du vent sur les quelques millimètres d'eau de surface. » Le modèle, purement mathématique, combine trois variables essentielles : la force et la direction du vent, le coefficient et le flux ou reflux de la marée, et la constante des courants océaniques profonds. Les calculs prennent en compte les résistances moléculaires entre les différentes couches de la colonne d'eau, la profondeur de la mer et, bien sûr, la consistance et la morphologie du corps flottant.

Créé en 1994, le modèle ne s'est d'abord intéressé qu'aux marées noires. La catastrophe de l'*Erika*, le 12 décembre 1999, a prouvé son efficacité : « Dès les premières heures du naufrage, Mothy s'est révélé d'une précision redoutable, se souvient Christophe Rousseau, du Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (Cedre). Le modèle a su prévoir que le pétrole resterait longtemps en mer. Cette information essentielle a permis de faire appel à des navires d'intervention étrangers parce que les autorités savaient qu'ils auraient le temps de rejoindre la zone. » Et Météo France a annoncé deux jours à l'avance l'ar-

rivée de boulettes sur l'estuaire de la Loire et la côte vendéenne. Ses experts ont d'ailleurs témoigné en mars lors du procès de l'*Erika*.

Ce succès a donné des idées aux responsables de la sécurité maritime. Si Mothy marche pour le pétrole, pourquoi pas pour un homme à la mer, un conteneur égaré ? Les centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage (Cross) ont donc pris l'habitude de solliciter: « Avant, nous estimions les dérives d'objets ou de naufragés en faisant des calculs à la main, raconte Alexandre Ely, administrateur des affaires maritimes au Cross Corsen (Finistère). Désormais, nous envoyons des demandes types par fax à Météo France. Elles comportent les circonstances de l'accident et les caractéristiques de l'objet en dérive. » Dans 34 % des cas, la réponse est obtenue dans le quart d'heure, dans 38 % dans la demi-heure. En 2006, Mothy a été sollicité à 320 reprises. Les pollutions par hydrocarbures ne représentent plus que 31 % des demandes si bien qu'il faudra peut-être songer à changer de nom. D'autant que le modèle est promis à un grand avenir. Le GIE Mercator Océan (qui regroupe Météo France, le Cnes, le CNRS, l'Ifremer et l'IRD) développe en effet un système opérationnel d'analyse et de prévision des courants dans tous les océans du monde. **Loïc Chauveau**

Annexe 2 : Formulaire de demande de dérive

MPERSS	FAX	
---------------	------------	---

From : To : Météo France/DPrévi/MAR
 Date :

Request for drift forecast within the framework of MPERSS

Delay required for the answer :

immediate	1 h	3 h	6 h	12 h	> 12 h
-----------	-----	-----	-----	------	--------

Meteorological bulletin required : YES / NO

Your tel/fax	Tel :	Fax :
Météo-France (DPrévi/Mar)	Tel 24h/24: +33 561 07 82 28	Fax 24h/24: +33 561 07 84 84

ALL THE FAX REQUEST MUST BE CONFIRMED BY PHONE

Type of request :

Incident	Exercise
-----------------	-----------------

Relevant data (to be provide by the client)

	position ° min and 1/100 ° min		Date (day/month/year)	Time (GMT)	Nature, volume (and number if object)
	Latitude	Longitude			
1					
2					
3					

Possible Pollutant :

gasoline (720 kg/m3)	kerosene(780 kg/m3)	Light crude oil (820 kg/m3)	Gas oil (850 kg/m3)
Heavy crude oil (930kg/m3)	Fuel oil (960 kg/m3)	Fuel oil n°6 (1020 kg/m3)	other : give estimated density

Possible objects :

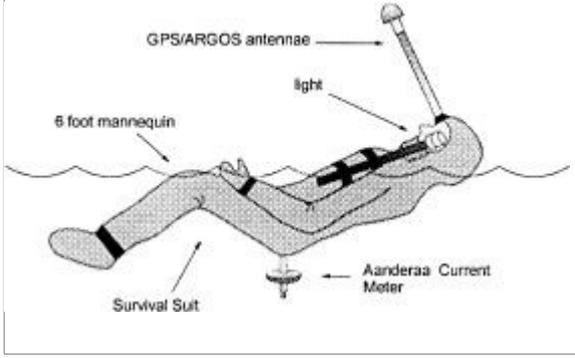
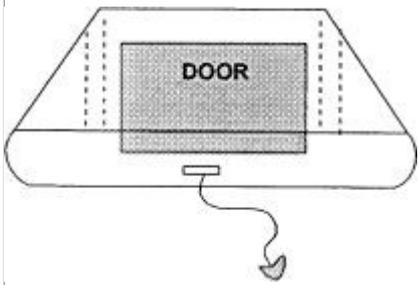
Sailboat	Container 20 ft	Container 40 ft	Whale
Life-raft	skiff	Person in water	other : give the dimensions

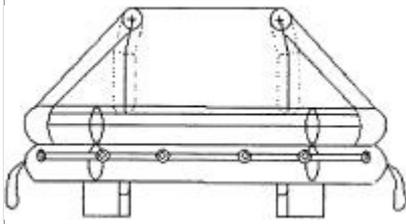
Total drift simulation 12h 24h 48h (2 days) 72h (3 days) 96h (4 days) 120h (5days)

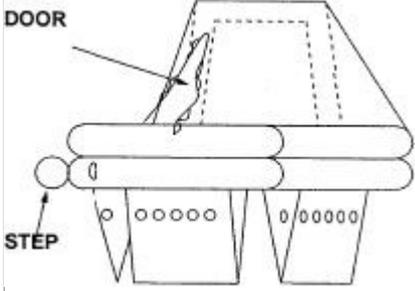
Answer by fax	<input type="checkbox"/> YES Your fax number : _____	<input type="checkbox"/> NO
Answer by email	<input type="checkbox"/> YES Your email address : _____	<input type="checkbox"/> NO

Complementary information (poured volume, gravity of accident, ...)

Annexe 3 : Les 63 cibles SAR

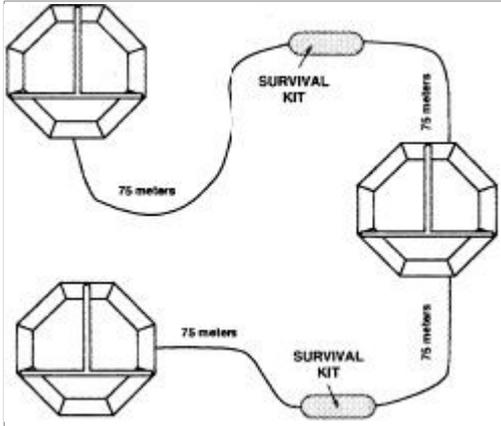
1	Person-in-water	unknow state (mean values)	Personne à la mer, état inconnu	
2		vertical	vertical	
3		sitting	assis	
4		horizontal	survival suit Horizontal, combinaison de survie	
5			scuba suit Horizontal, combinaison de plongée	
6			deceased Horizontal, décédé	
7	Life-raft	no ballast system general (mean values)	Canot de survie, sans lest	

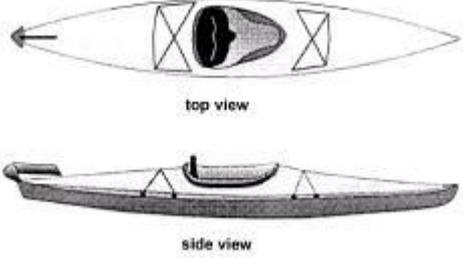
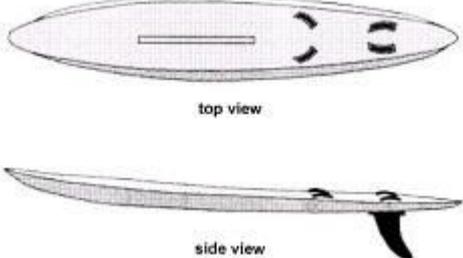
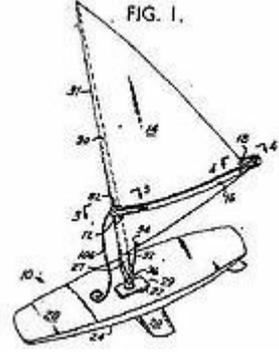
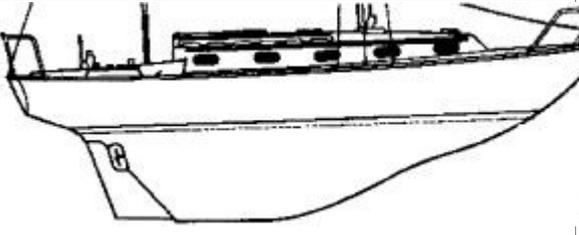
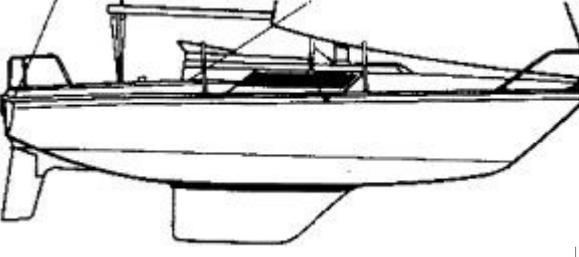
8			no canopy, no drogue	Canot de survie, sans lest, ni tente, ni ancre flottante	
9			no canopy, with drogue	Canot de survie, sans lest, ni tente, avec ancre flottante	
10			with canopy, no drogue	Canot de survie, sans lest, avec tente, sans ancre flottante	
11			with canopy, with drogue	Canot de survie, sans lest, avec tente et ancre flottante	
12		shallow ballast system AND canopy	general (mean values)	Canot de survie, lest peu profond, tente	
13			no drogue	Canot de survie, lest peu profond, tente, sans ancre flottante	

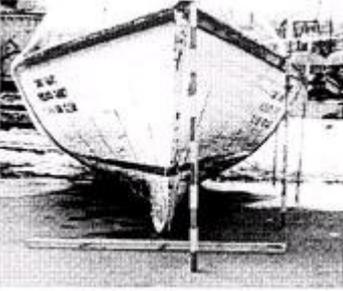
14			with drogue	Canot de survie, lest peu profond, tente avec ancre flottante	
15			capsized	Canot de survie, lest peu profond, tente, retourné	
16		deep ballast system	general, unknow capacity and loading (mean values)	Canot de survie avec lest profond	 <p>The diagram shows a cross-section of a survival boat. A dashed line indicates the position of a door on the upper hull. Below the hull, there are two sets of ballast tanks, each containing several small circles representing ballast. A circular step is shown on the side of the hull, labeled 'STEP'.</p>
17		4-6 person capacity, deep ballast system	general (mean values)	Canot de survie de capacité 4 à 6 personnes, avec lest profond	
18			no drogue	Canot de survie de capacité 4 à 6 personnes, avec lest profond, sans ancre flottante	

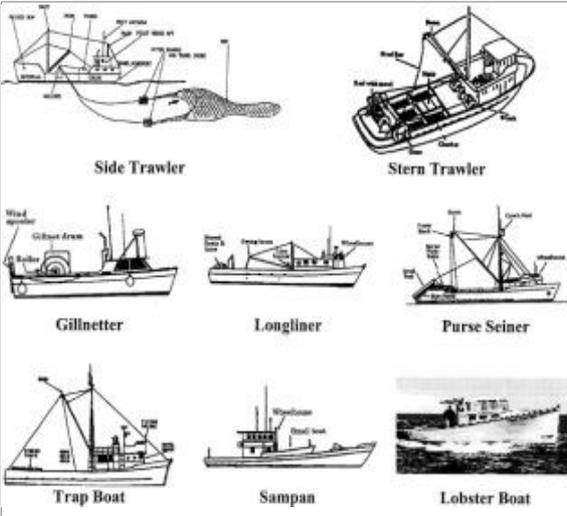
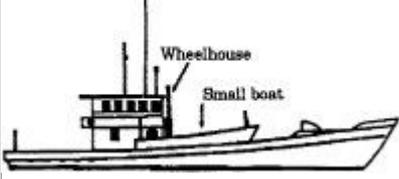
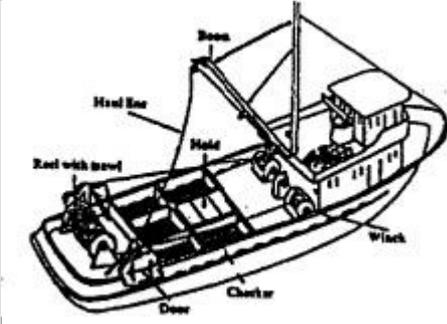
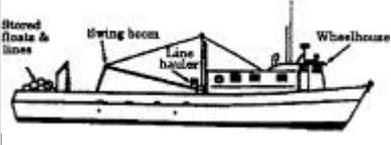
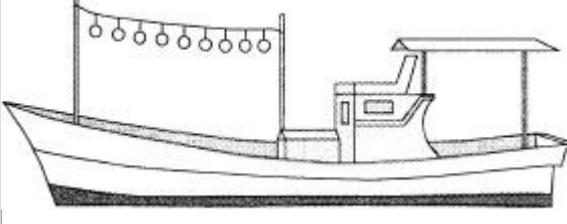
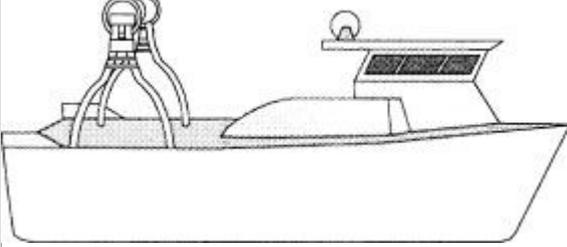
19			no drogue, light loading	Canot de survie de capacité 4 à 6 personnes, avec lest profond, sans ancre flottante, légèrement chargé	
20			no drogue, heavy loading	Canot de survie de capacité 4 à 6 personnes, avec lest profond, sans ancre flottante, lourdement chargé	
21			with drogue	Canot de survie de capacité 4 à 6 personnes, avec lest profond, avec ancre flottante	
22			with drogue, light loading	Canot de survie de capacité 4 à 6 personnes, avec lest profond, avec ancre flottante, légèrement chargé	

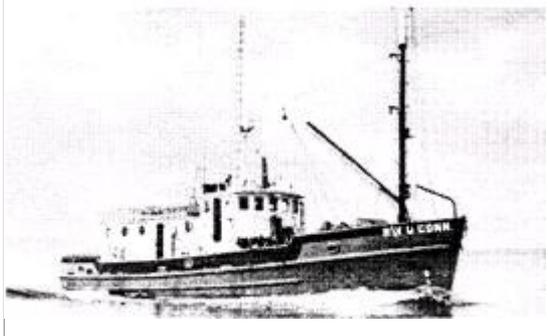
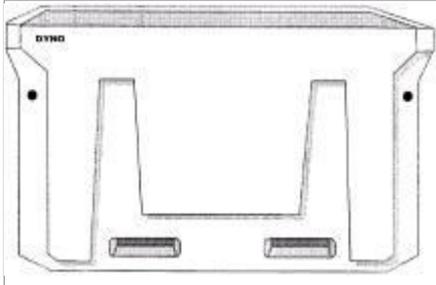
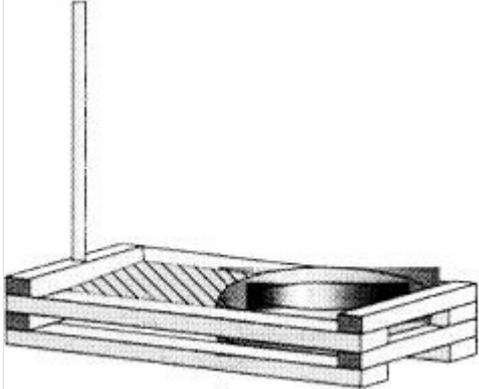
23			with drogue, heavy loading	Canot de survie de capacité 4 à 6 personnes, avec lest profond, avec ancre flottante, lourdement chargé	
24		15-25 person capacity, deep ballast system	general (mean values)	Canot de survie de capacité 15 à 25 personnes, avec lest profond	
25			no drogue, light loading	Canot de survie de capacité 15 à 25 personnes, avec lest profond, sans ancre flottante, légèrement chargé	
26			with drogue, heavy loading	Canot de survie de 15 à 25 personnes, avec lest profond, avec ancre flottante, lourdement chargé	

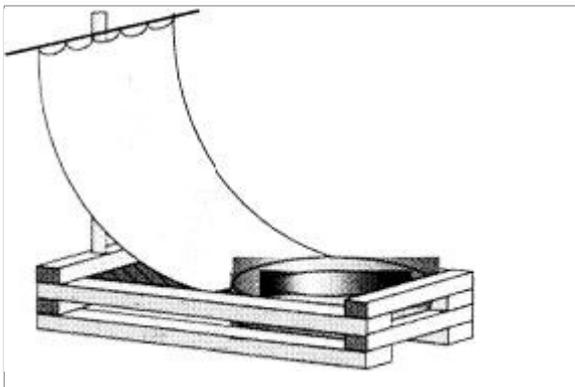
27		deep ballast system, general (mean values)	capsized	Canot de survie avec lest profond, retourné	
28			swamped	Canot de survie avec lest profond, rempli d'eau	
29	Life capsule			Capsule de survie	
30	USCG Sea Rescue Kit			USCG Sea Rescue Kit	
31	Aviation life-raft, 4-6 person capacity, no ballast, with canopy, no drogue			Canot de survie de capacité 4 à 6 personnes, avec tente, sans lest ni ancre flottante	

32	Evacuation slide with life-raft, 46 person capacity	Tobogan d'avion, capacité 46 personnes	
33	Sea Kayak with person on aft deck	Kayak de mer avec une personne	
34	Surf board with person	Planche de surf avec une personne	
35	Windsurfer with mast and sail in water	Planche à voile avec gréement dans l'eau	
36	Mono-hull, full keel, deep draft	Monocoque de plaisance à tirant d'eau élevé	
37	Mono-hull, fin keel, shoal draft	Monocoque de plaisance à faible tirant d'eau	

38	Skiff	flat bottom	Yole plate	
39		V-hull	Yole coque en V	
40		V-hull, swamped	Yole coque en V, remplie d'eau	
41	Sport boat, no canvas, modified V-hull	Bateau de sport: navire de 15 à 28 pieds de long, sans voile, coque en V modifiée.		
42	Sport fisher, center console, open cockpit	Bateau de pêche sportive: navire de 17 à 100 pieds de long, tableau de bord central, cockpit ouvert.		

43	Fishing vessel	general (mean values)	Navire de pêche	 <p>Side Trawler</p> <p>Stern Trawler</p> <p>Gillnetter</p> <p>Longliner</p> <p>Purse Seiner</p> <p>Trap Boat</p> <p>Sampan</p> <p>Lobster Boat</p>
44		Hawaiian Sampan	Sampan hawaïen	 <p>Wheelhouse</p> <p>Small boat</p>
45		Japanese side-stern trawler	Chalutier japonais	 <p>Boom</p> <p>Haul line</p> <p>Hold</p> <p>Keel with trawl</p> <p>Chock</p> <p>Door</p> <p>Winch</p>
46		Japanese Longliner	Palangrier japonais	 <p>Storage trawl & lines</p> <p>Haul boom</p> <p>Line hauler</p> <p>Wheelhouse</p>
47		Korean fishing vessel	Navire de pêche coréen	
48		Gill-netter with rear reel	Fileyeur avec enrouleur arrière	

49	Coastal freighter			Cargo côtier	
50	Fishing vessel debris			Débris	
51	Bait/wharf box	holds a cubic metre of ice	mean values	Boîte contenant un mètre cube de glace	
52			lightly loaded	Boîte contenant un mètre cube de glace, faiblement chargée.	
53			full loaded	Boîte contenant un mètre cube de glace, pleine charge.	
54	Immigration vessel	Cuban refugee-raft	no sail	Radeau sans voile	

55		Cuban refugee- raft	with sail	Radeau avec voile	
56	Sewage floatables, tampon applicator			Déchets flottants	
57	Medical waste	(mean values)		Déchets médicaux	
58		vials		Déchets médicaux: flacons	
59			large	Déchets médicaux: grands flacons	
60			small	Déchets médicaux: petits flacons	
61		syringes		Déchets médicaux: seringues	
62			large	Déchets médicaux: grandes seringues	
63			small	Déchets médicaux: petites seringues	