



Le modèle MOTHY et ses évolutions

Pierre DANIEL, Météo-France

Journée de discussions techniques du Cedre
21 novembre 2019

Le modèle MOTHY et ses évolutions

Contexte institutionnel et responsabilités de Météo-France

Description du modèle MOTHY

- version nappes d'hydrocarbures;
- version conteneurs;
- version Recherche & Sauvetage;
- le système MOTHY, forçages météo-océaniques

Exemples d'utilisation

- Ulysse / CSL Virginia (octobre 2018);
- Grande America (mars 2019);
- Service sargasses ;
- quelques utilisations particulières

Contribuer, avec nos partenaires, à la sécurité des personnes et des biens

- Lutter contre les pollutions accidentelles avec les autorités maritimes
 - instructions POLMAR
 - mettre en œuvre, en relation avec le Cedre, des prévisions de dérive de polluants et fournir l'expertise humaine nécessaire à leur interprétation ;
 - participer au comité de dérives
 - convention avec le Cedre
 - depuis 1996

- Fournir les données nécessaires à la gestion des opérations de recherche et sauvetage
 - convention avec la Direction des Affaires Maritimes



International

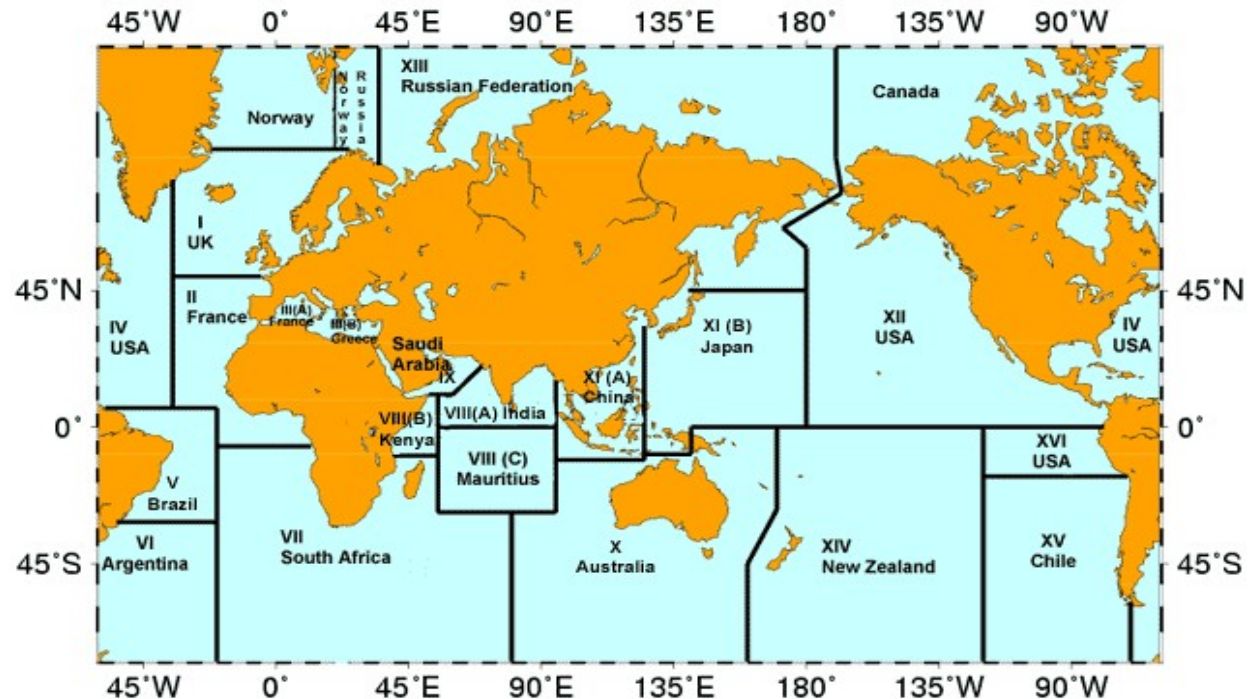
Systeme d'Intervention d'Urgence en cas de Pollution de la Mer (SIUPM) Marine Pollution Emergency Support System (MPERSS)

Coordonné par l'OMM et la COI



<http://www.maes-mperss.org/>

Assistance fournie par
Météo-France sur les zones
I, II, III, VII et VIII



Prévisions de dérive en mer à Météo-France

Systeme MOTHY

(Modèle Océanique de Transport d'Hydrocarbures)

- Dérive en surface/subsurface des hydrocarbures (depuis 1994)
- Dérive des conteneurs, parallélépipèdes rectangle (depuis 1998)
- Cibles SAR - Recherche et Sauvetage (depuis 2009)

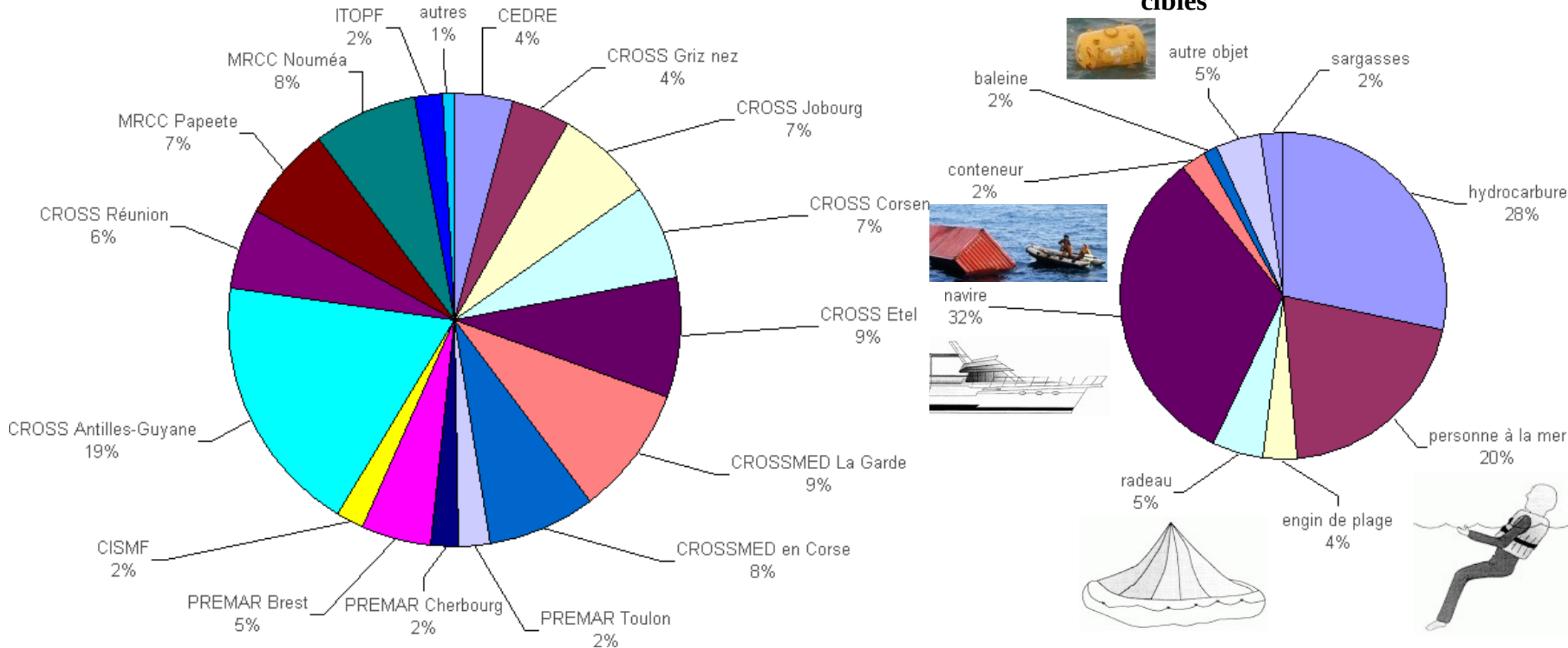
Un service d'intervention d'urgence:

- temps de réponse < 30 min
- disponibilité h24
- capacité de réponse sur tout le globe
- accès en temps réel aux données de forçage (vents, courants)

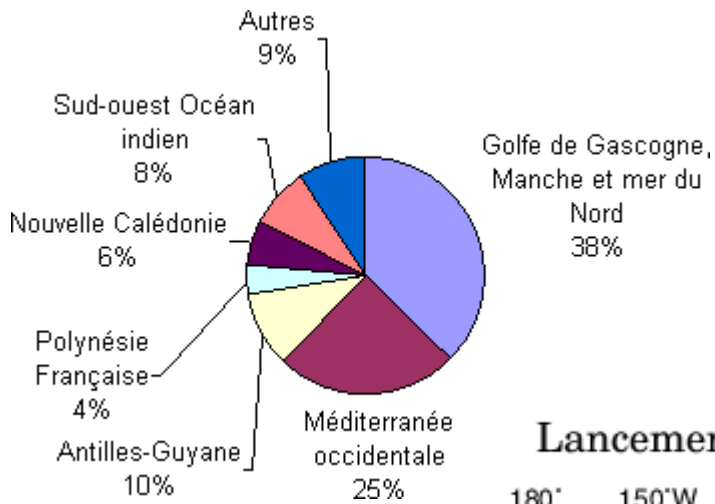


Contexte

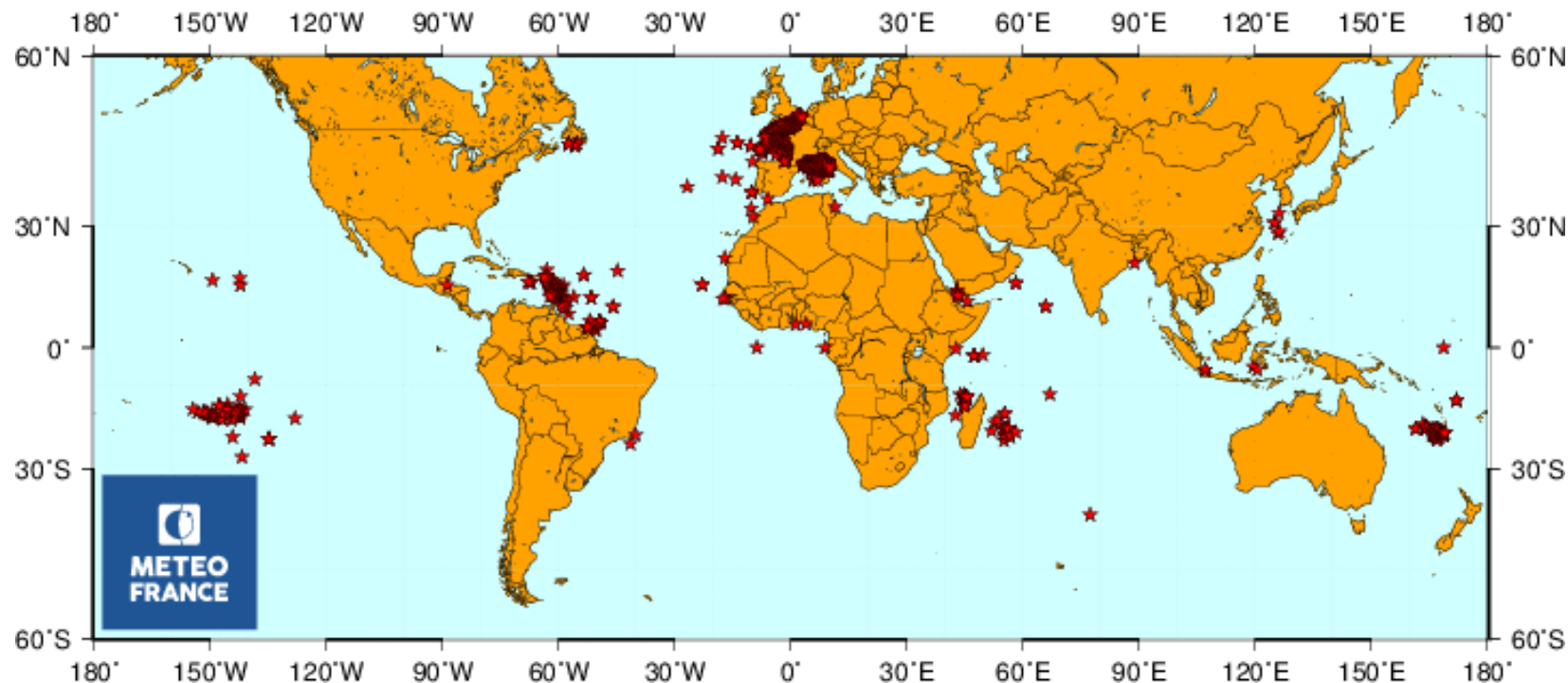
Environ 1000 demandes par an



Répartition géographique des demandes de dérive



Lancements MOTHY en 2018: 998

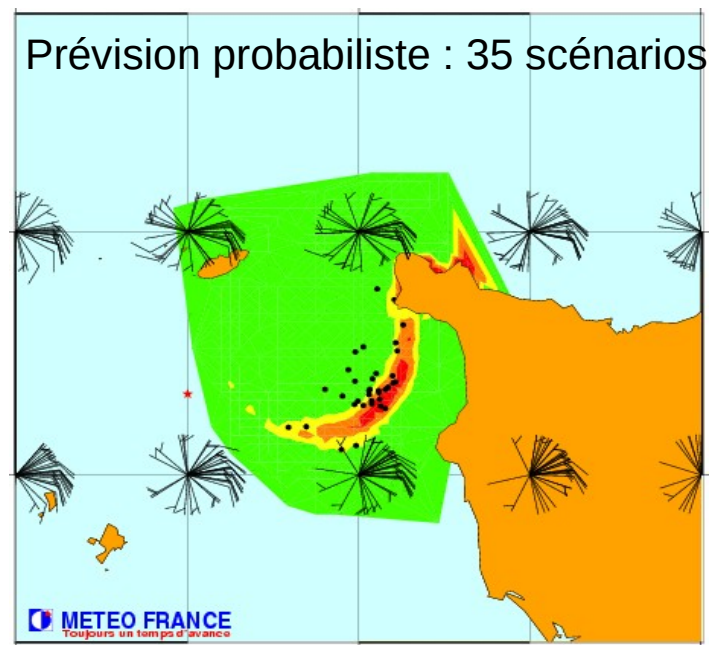
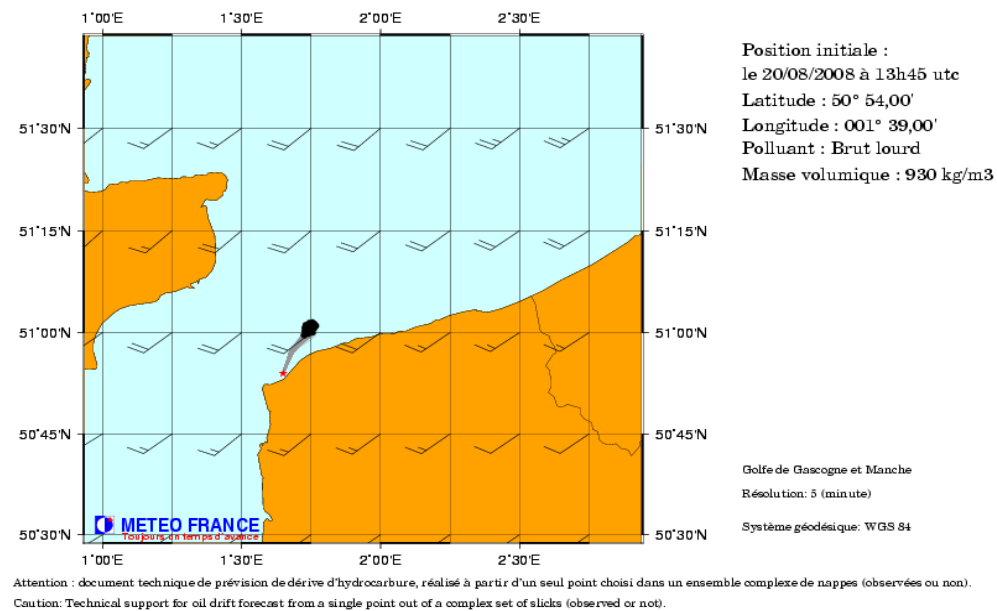
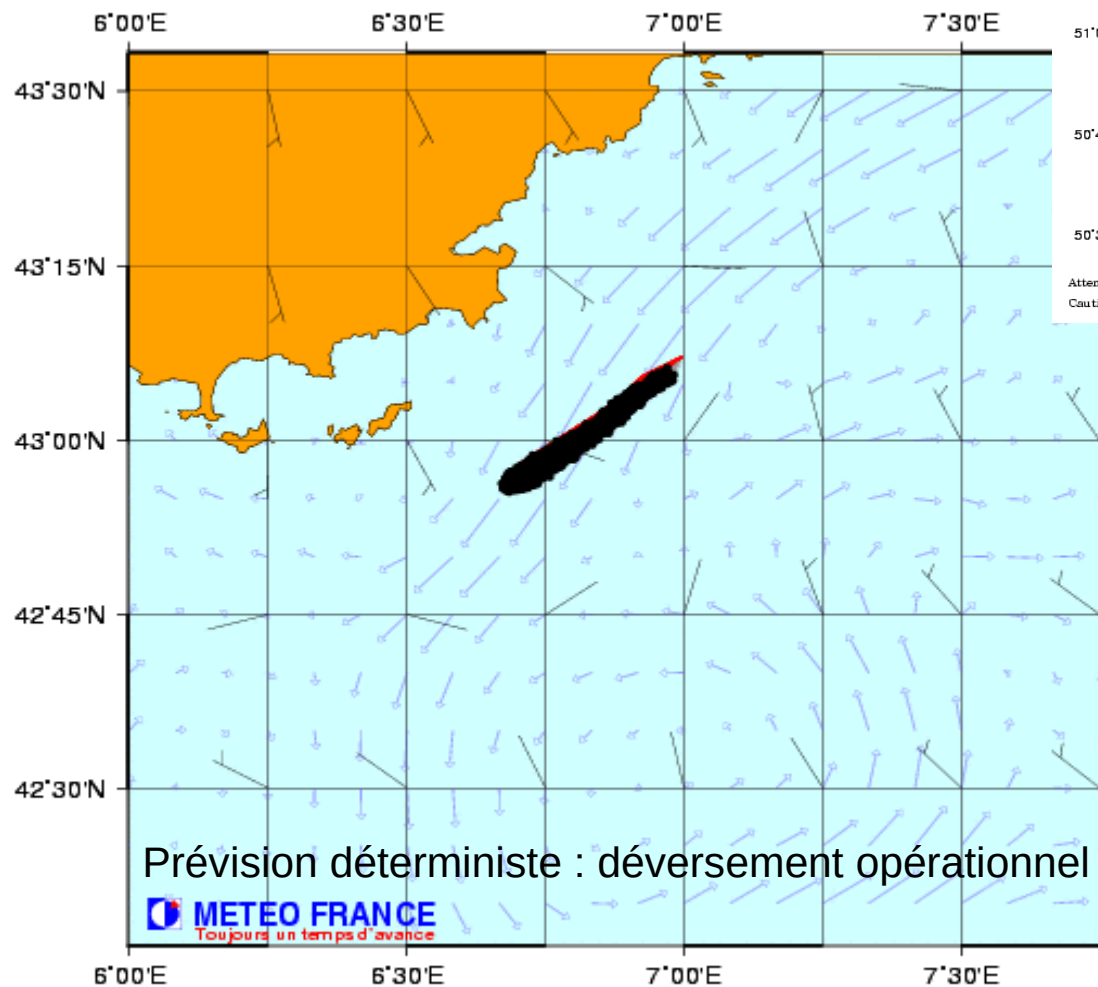


MOTHY

Version hydrocarbures

MOTHY/ARPEGE : Prédiction pour le 20/08/2008 à 18 utc

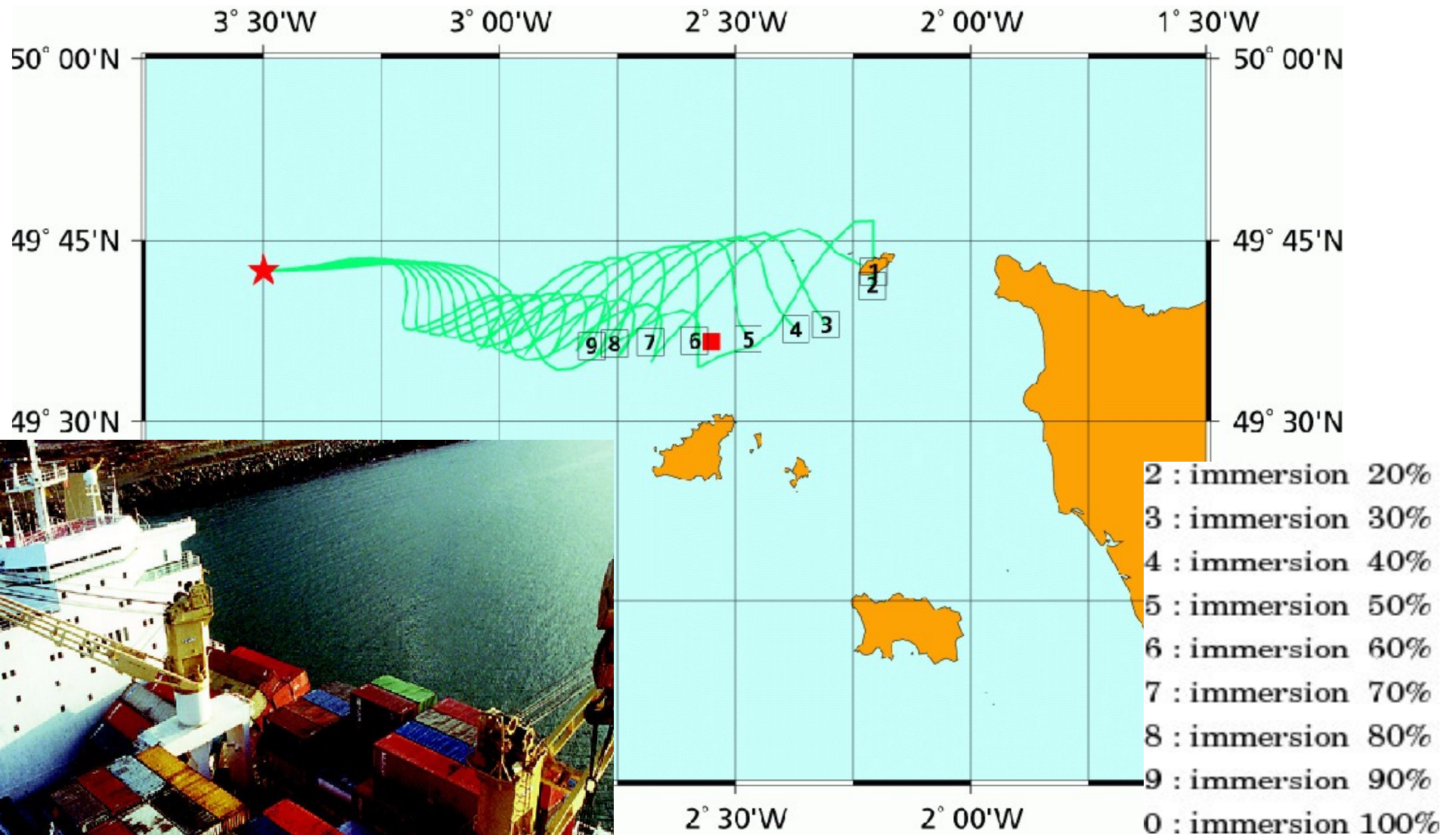
MOTHY/ARPEGE MERCATOR : Prédiction



Attention : document technique de prédiction 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 version conteneurs

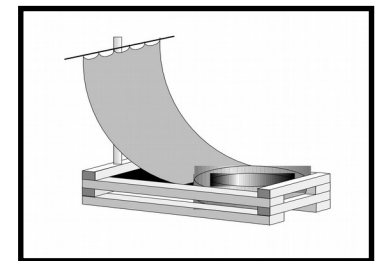
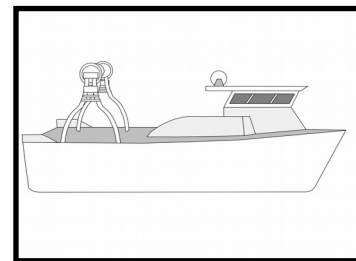
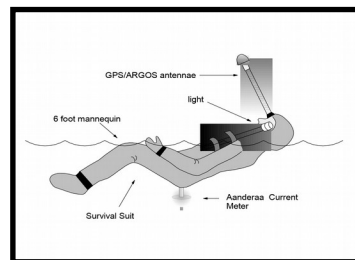
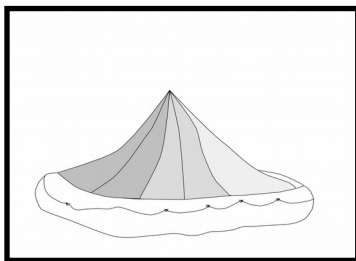


MOTHY version recherche et sauvetage

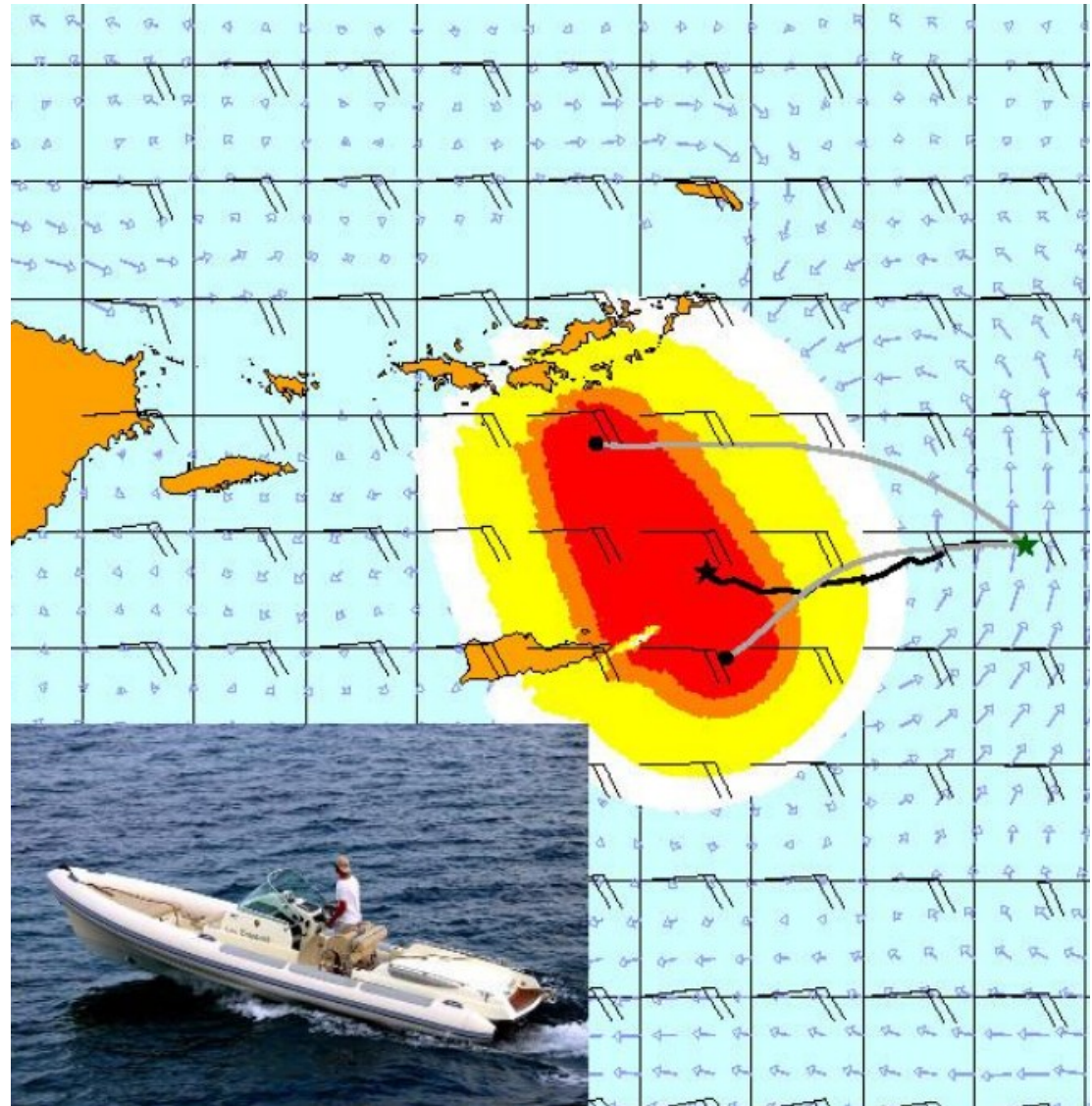
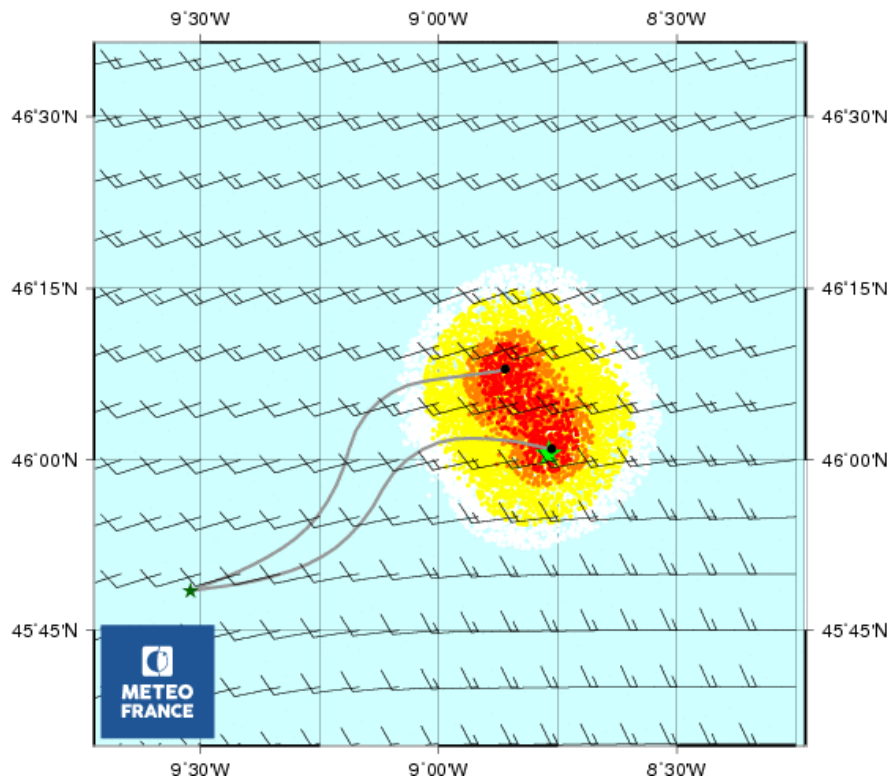
Base de données de coefficients de dérive pour 72 classes d'objets:

- U.S. Coast Guard
- experimentations Europe/Japon
- RETEX des CROSS et MRCC

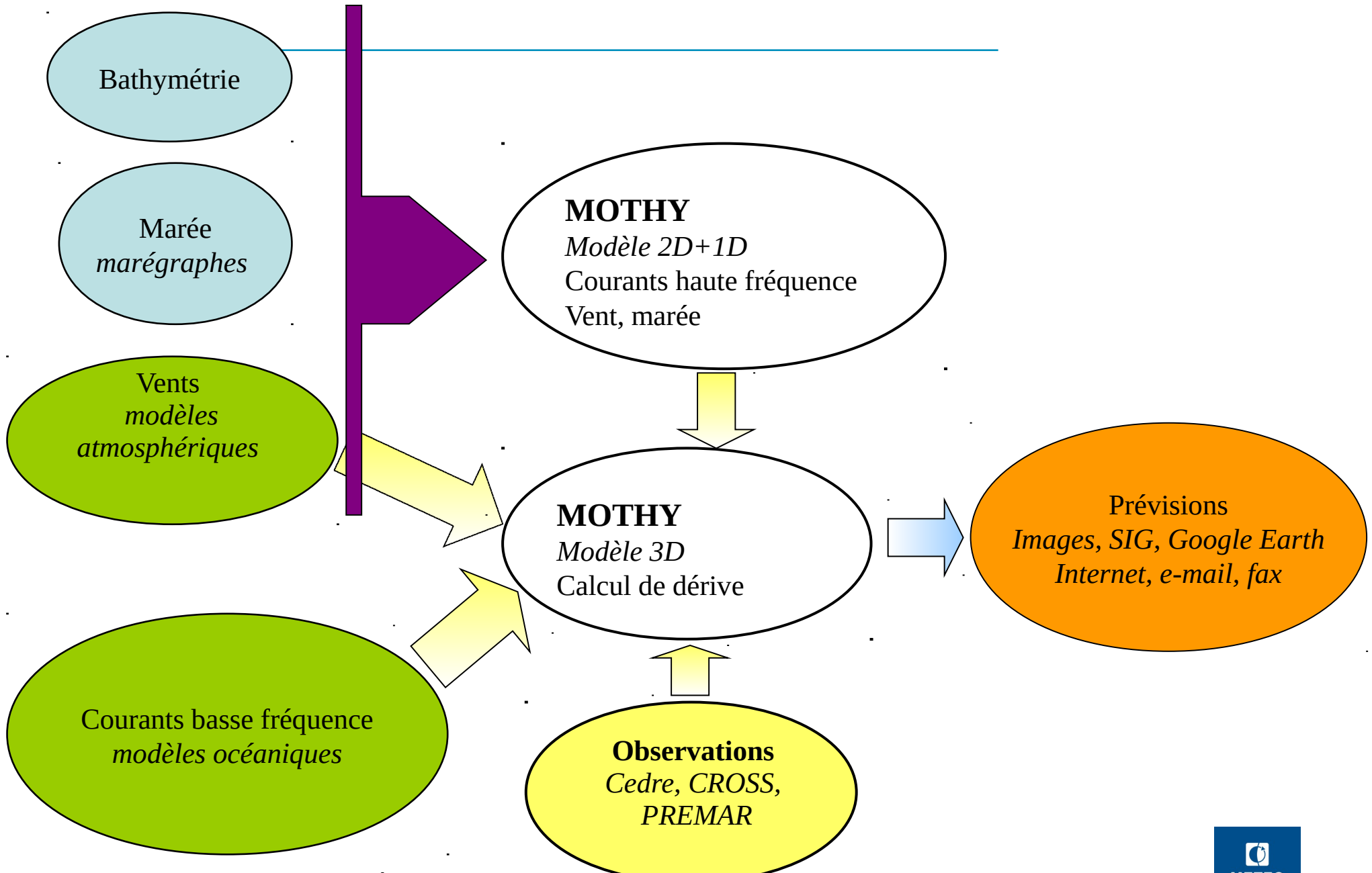
<http://www.meteorologie.eu.org/mothy/doc/sar/cibles-sar.html>



MOTHY version recherche et sauvetage



Le système MOTHY



L'élément clef: les données environnementales

Importance de l'expertise du prévisionniste marine

Modèles atmosphériques

Domaine global:

CEP $1/8^\circ$

ARPEGE $1/2^\circ$

Domaine régional:

ARPEGE $1/10^\circ$

AROME Indien $1/40^\circ$

AROME Antilles $1/40^\circ$

AROME Guyane $1/40^\circ$

AROME Nouvelle Calédonie $1/40^\circ$

AROME Polynésie Française $1/40^\circ$

AROME France $1/60^\circ$

Modèles océaniques

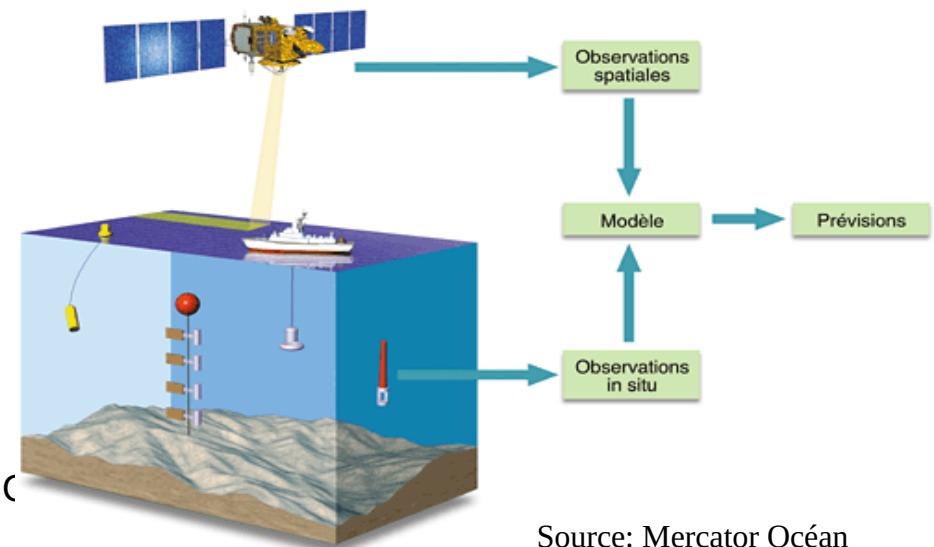
COPERNICUS
MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE
Providing PRODUCTS and SERVICES for all marine applications

3 systèmes:

Mercator: global $1/12^\circ$

Mercator IBI $1/36^\circ$

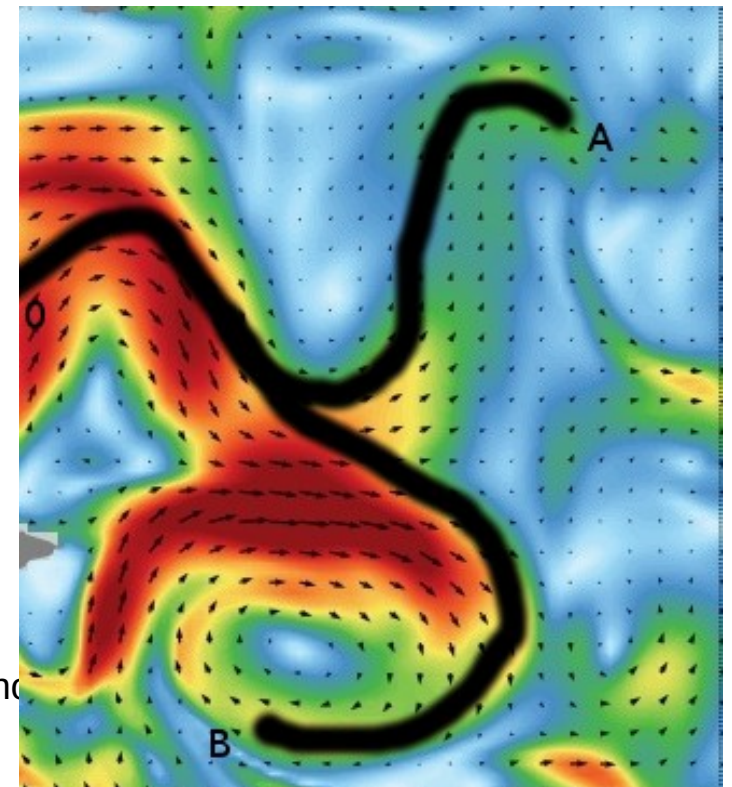
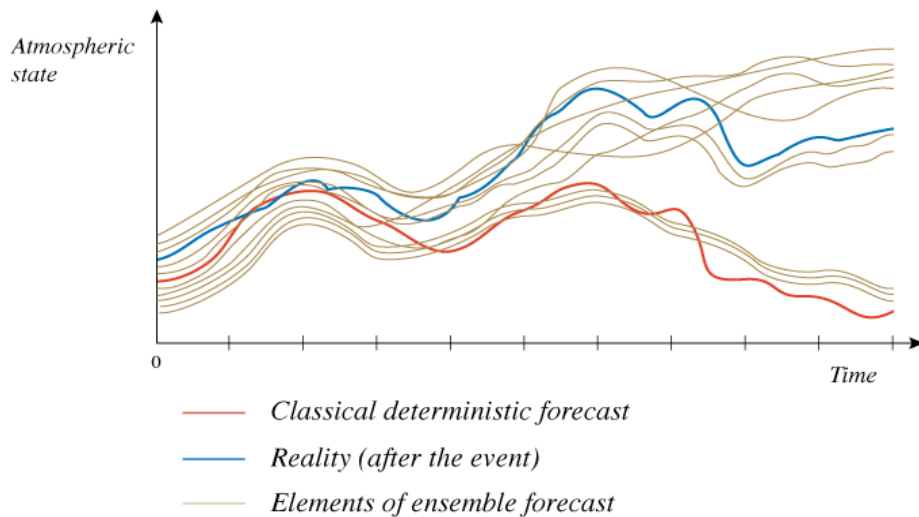
MFS: Méditerranée $1/24^\circ$



Précision des prévisions de dérive

L'incertitude sur les données météo-océaniques est la principale cause d'erreur de prévision

- Région dominées par le vent et la marée (Manche, Mer du Nord)
 - utilisation de prévision d'ensemble atmosphérique
- Région dominées par les tourbillons océaniques (Mer Méditerranée)
 - multi forçage océanique, multi modèles

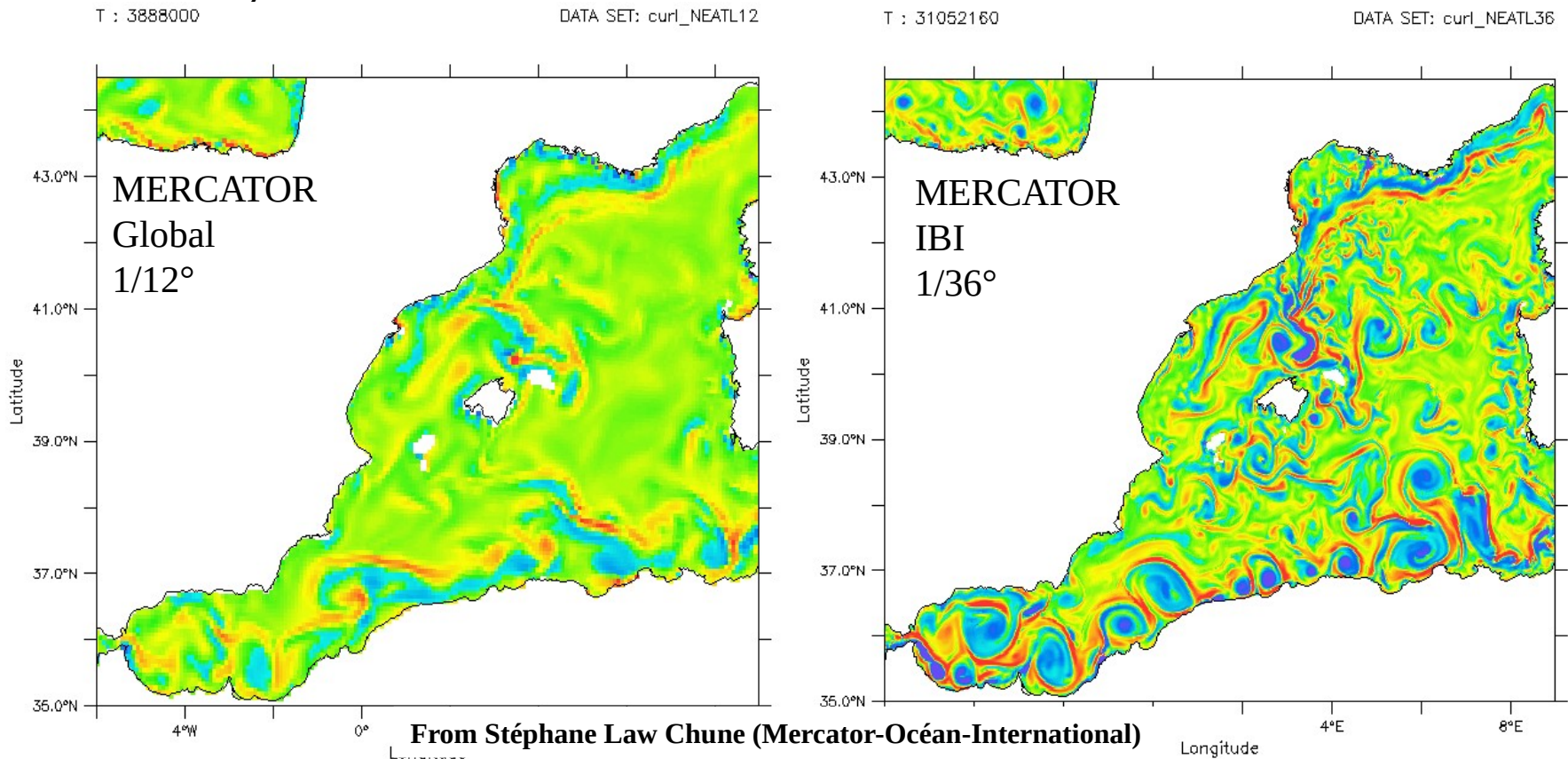


Gestion de la méso-échelle océanique

Un challenge pour la prévision de dérive en Méditerranée:

- forts courants,
- grande variabilité,
- petites structures

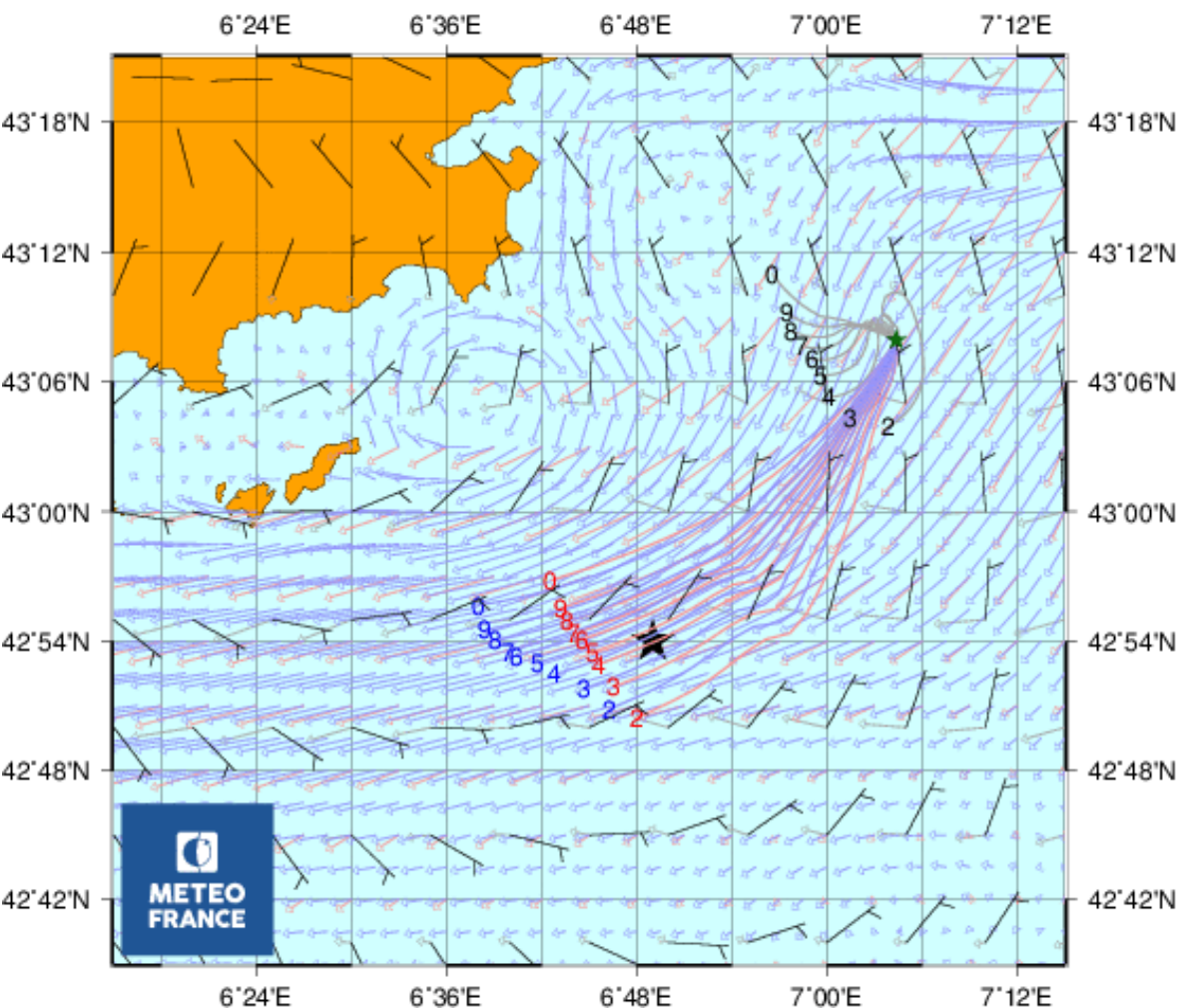
Meilleur système actuellement en Méditerranée : MFS 1/24°



Grandes différences entre modèles océaniques

Dérive de barge/ponton dans le courant liguro-provençal

MOTHY/ARPEGE_01 MULTI3 : Prédiction pour le 28/11/2018 à 12 UTC



Ponton - Barge

Position initiale :
le 27/11/2018 à 14h30 UTC
Latitude : 43° 07,95'
Longitude : 7° 04,40'

- 2 : immersion 20%
- 3 : immersion 30%
- 4 : immersion 40%
- 5 : immersion 50%
- 6 : immersion 60%
- 7 : immersion 70%
- 8 : immersion 80%
- 9 : immersion 90%
- 0 : immersion 100%

MERCATOR PSY4 1/12°
MFS 1/24°
MERCATOR IBI 1/36°

Golfe du Lion - Cote d Azur
Résolution: 1 (minute)

Système géodésique: WGS 84



Améliorer la prise en compte des courants

Collaborations nationales :

Ifremer : 2001 (Golfe de Gascogne) et 2011 (Méditerranée) : MARS3D

- **Mercator-Océan International** :

- fourniture de produits dédiés aux calculs de dérive depuis 2007 ;
- thèse de doctorat, 2008-2012 (S. Law-Chune)

Shom : interfaçage avec HYCOM, Golfe de Gascogne, contrat de recherche, 2012-2015

IRD : MOTHY-lagon interfacé avec SCHISM, Nouvelle Calédonie, 2015-2019

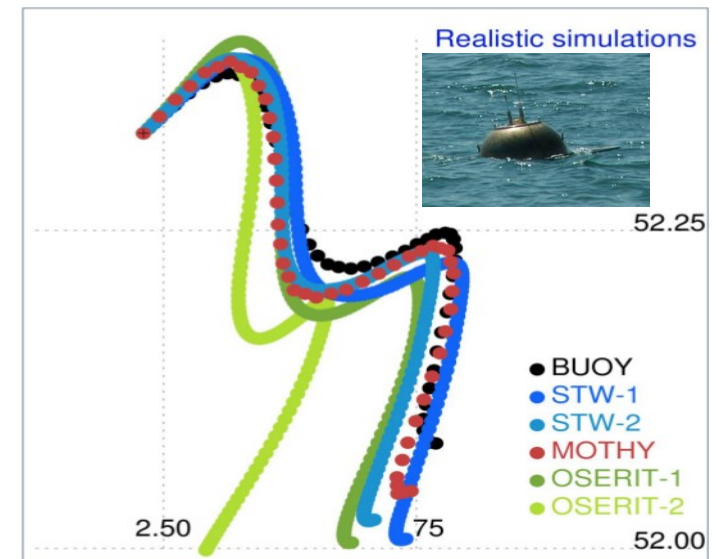
Contrats européens :

MERSEA (2004-2008)

MEDESS4MS (2012-2015)

Copernicus NOOS-Drift (2018-2019)

Exercices, intercomparaisons de modèles

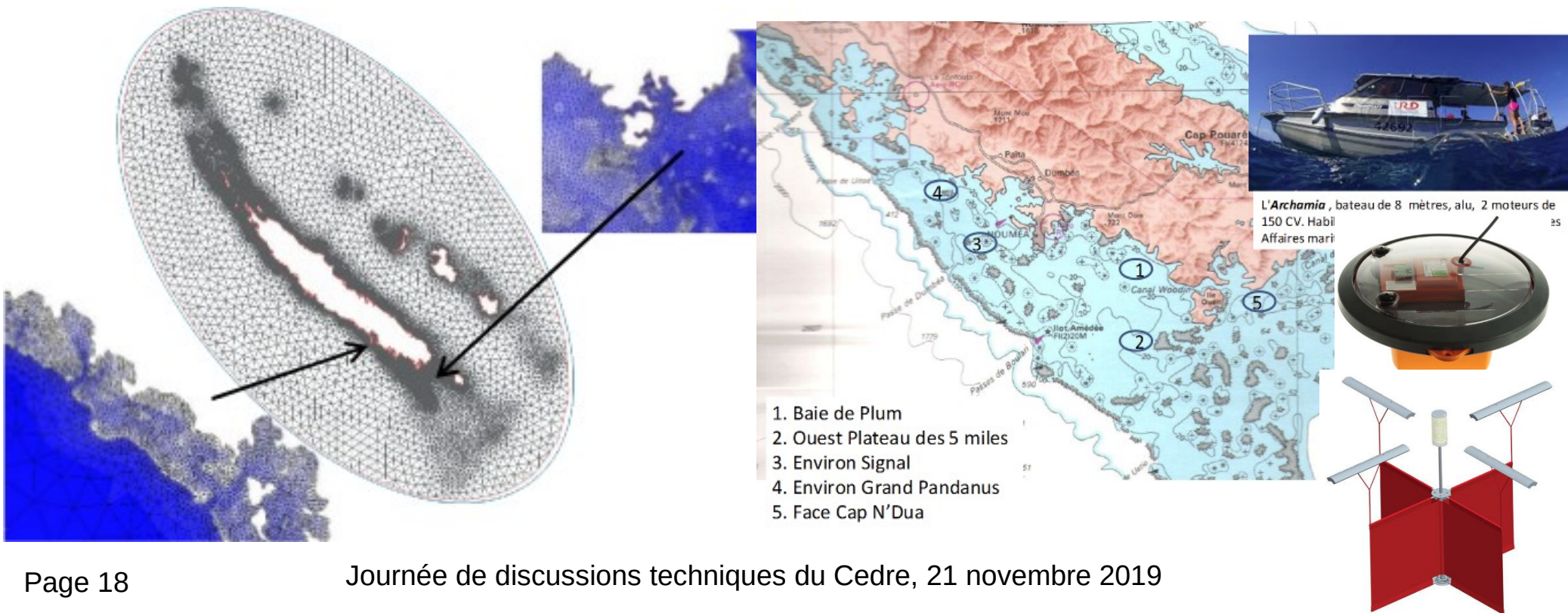


Dérive dans les lagons

Les courants dans les lagons peuvent être mal représentés dans MOTHY, car pas de marée, et résolution pas toujours suffisante

Exemple : Lagon de Nouvelle Calédonie

- collaboration avec IRD Nouméa : modèle SCHISM
- expérimentation en cours avec lâcher de bouées



Interoperabilité des systèmes de prévision de dérive

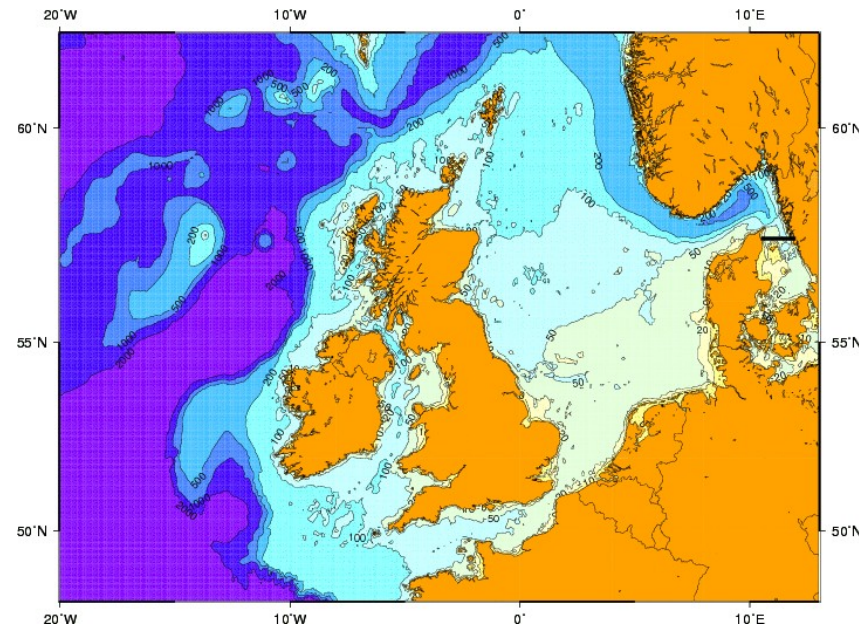
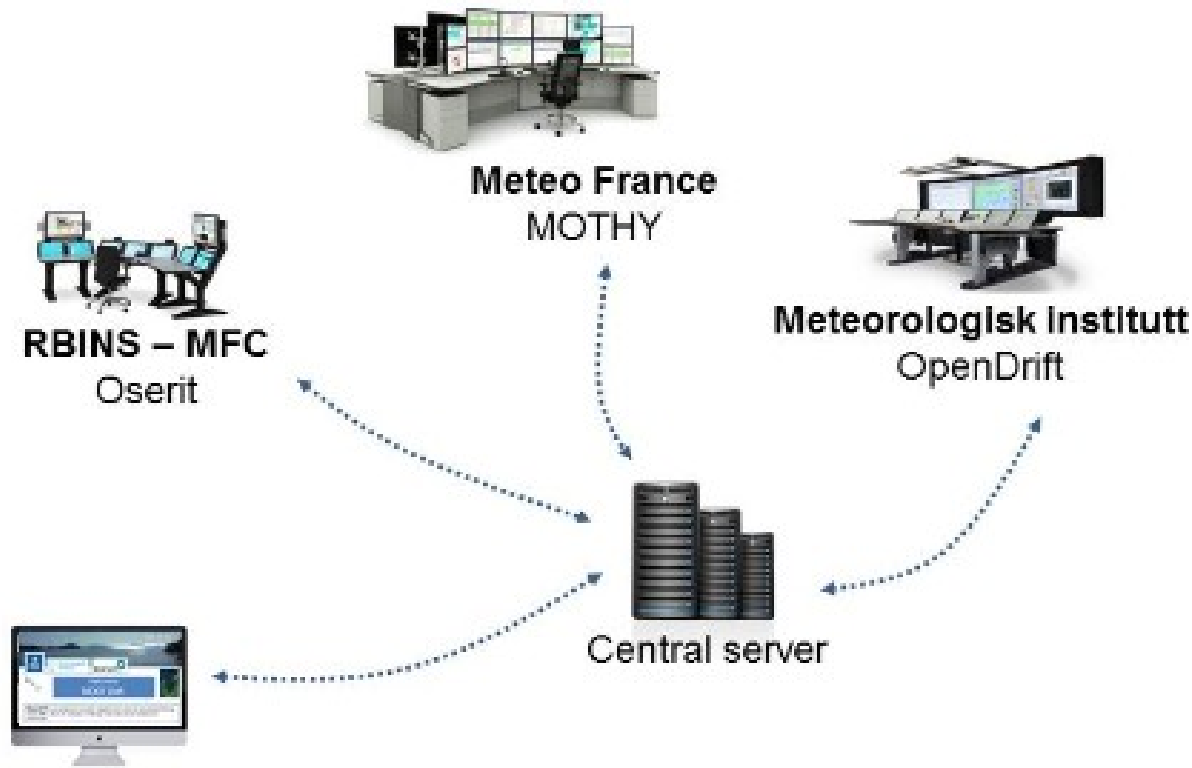
Projet CMEMS NOOS-Drift

Dérive multi-modèles sur les mers du nord-ouest de l'Europe

Mai 2018 – novembre 2019

Engagement de maintenir le service jusqu'en mars 2021.

<https://odnature.naturalsciences.be/noosdrift/>



Limites d'utilisation

MOTHY n'est pas prévu pour fonctionner:

- à proximité immédiate des côtes dans des zones à topographie complexe, par exemple, la rade de Brest, le golfe du Morbihan, l'étang de Berre, etc...
- dans les estuaires (pas de fleuve, pas de changement de densité, résolution généralement pas suffisante)

Fonctionne moins bien

- pour des objets de plus de 30 m de long (grands navires) par mer forte



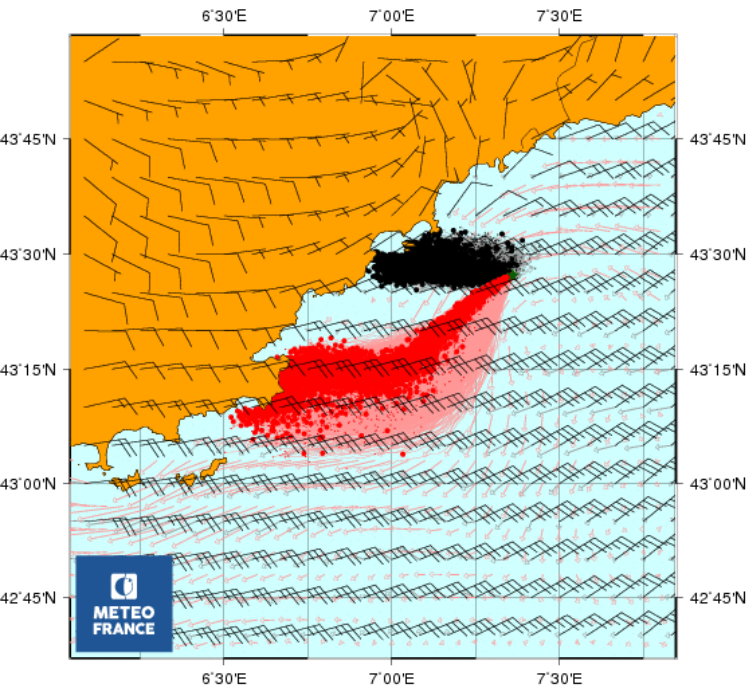
Ulysse / CSL Virginia

Échouement sur la presqu'île de St Tropez

- parfaitement prévue avec courants MFS



MOTHY/ARPEGE_01 MULTI1 : Prévion pour le 16/10/2018 à 09 UTC



Position initiale :
le 14/10/2018 à 09h25 UTC
Latitude : 43° 27,22'
Longitude : 07° 21,67'
Polluant : Produit lourd
Masse volumique : 1020 kg/m3
Duree du deversement : 48heures

Barycentre tête de nappe
43°27,69'N / 7°08,59'E
43°17,17'N / 6°57,12'E

MERCATOR PSY4 1/12°
MFS 1/24°

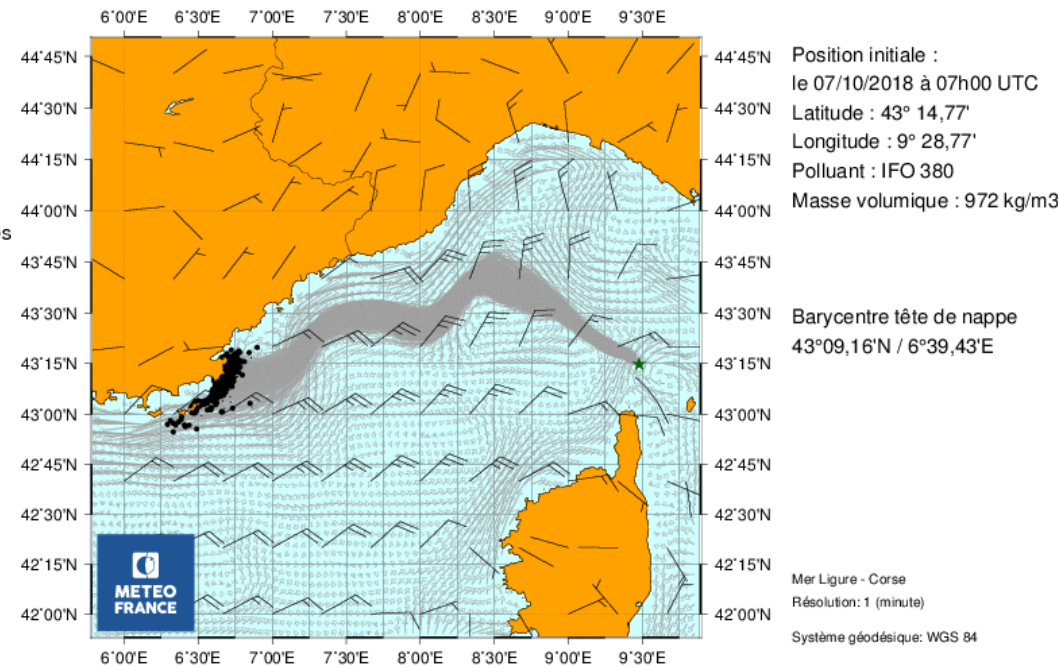
Mer Ligure - Corse
Résolution: 1 (minute)

Système géodésique: WGS 84

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).

Prévion à 2 jours

MOTHY/ARPEGE_01 MFS : Prévion pour le 17/10/2018 à 07 UTC



Position initiale :
le 07/10/2018 à 07h00 UTC
Latitude : 43° 14,77'
Longitude : 9° 28,77'
Polluant : IFO 380
Masse volumique : 972 kg/m3

Barycentre tête de nappe
43°09,16'N / 6°39,43'E

Mer Ligure - Corse
Résolution: 1 (minute)

Système géodésique: WGS 84

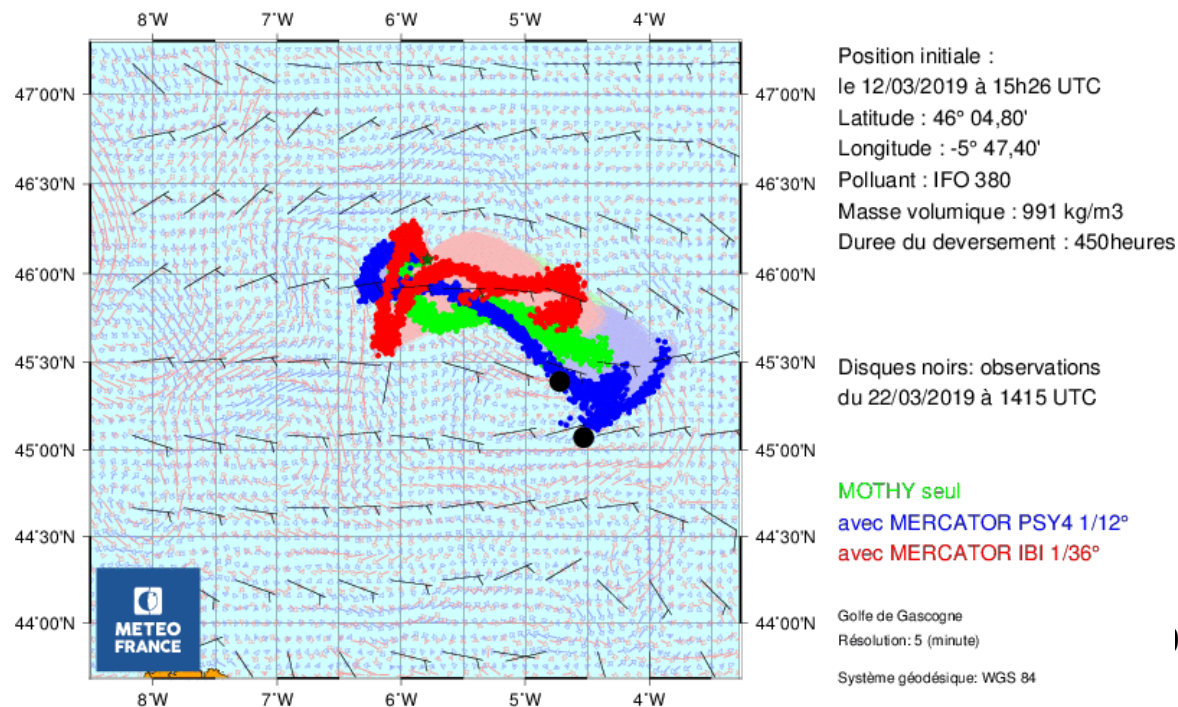
Attention : document technique de prévision de dérive d'hydrocarbure, réalisé à partir d'un seul point choisi dans un ensemble complexe de nappes (observées ou non).
Caution: Technical support for oil drift forecast from a single point out of a complex set of slicks (observed or not).

Simulation à 10 jours (avec analyses vents/courants)

Grande America : production Météo-France

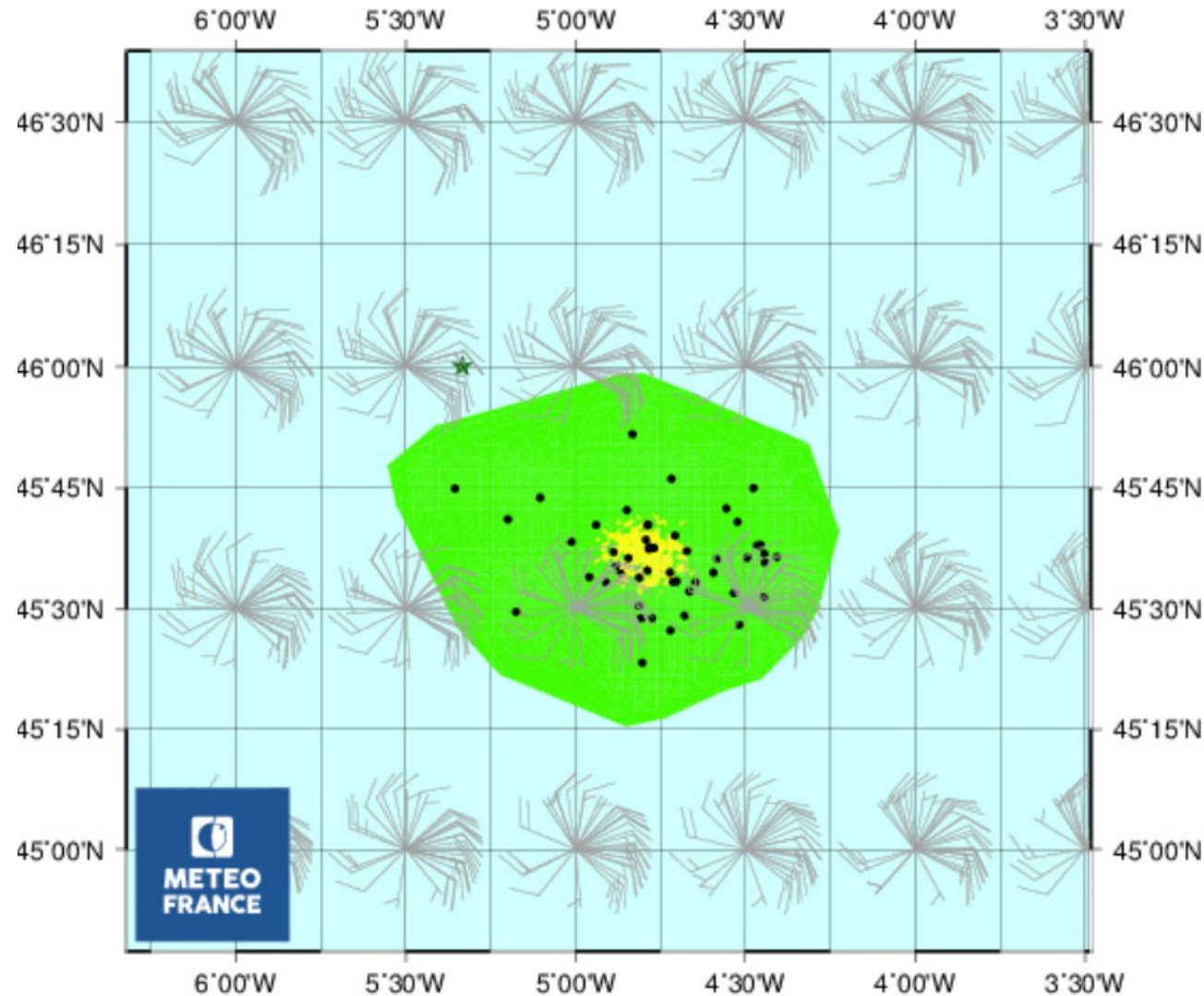
- Production quotidienne :
 - Prévisions déterministes à 3 jours ;
 - Prévisions probabilistes à 10 jours ;
 - Fuite continue de l'épave
- Choix du courant à utiliser (rôle du Comité de dérives):
 - MERCATOR Global 1/12° ou MERCATOR IBI 1/36°

MOTHY/ARPEGE_01 MULTI : Prévion pour le 22/03/2019 à 14 UTC



Grande America : production Météo-France

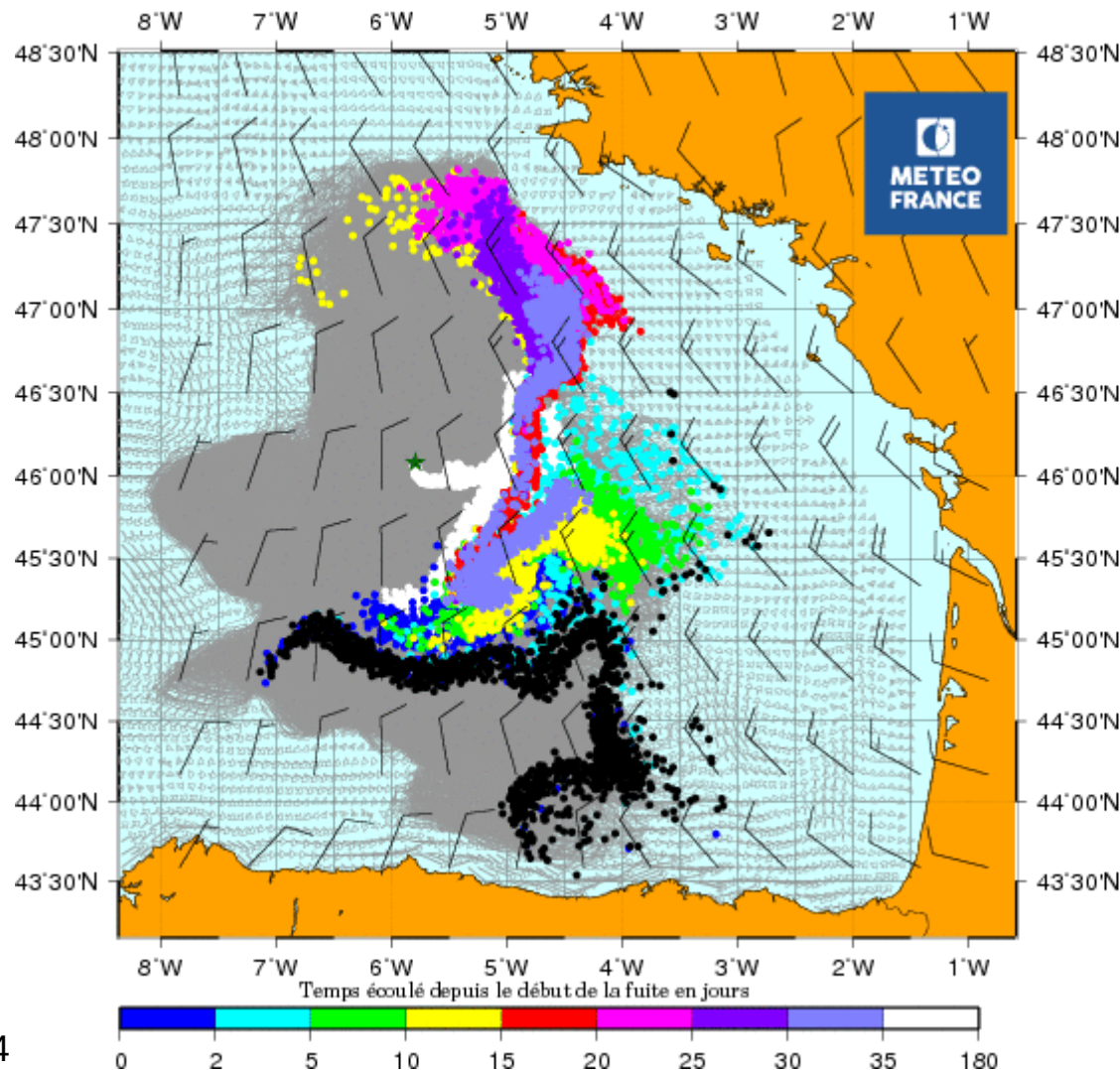
- Prévisions probabilistes à 10 jours



Grande America : production Météo-France

■ Fuite continue de l'épave

MOTHY/ARPEGE_01 MERCATOR_PSY4 : Prévission pour le 11/05/2019 à 15 UTC



Position initiale :

le 12/03/2019 à 15h26 UTC

Latitude : 46° 04,80'

Longitude : -5° 47,40'

Polluant : IFO 380

Masse volumique : 991 kg/m³

Particules : 18754

Durée du déversement: 60 jours

Points noirs:

Déversement instantané

le 12/03/2019 à 1526 UTC

+ observations FALCON 50

du 20/03/2019 à 1415 UTC

et du 30/03/2019 à 1240 UTC

Points de couleur:

Fuite continue depuis

le 12/03/2019 à 1526 UTC

Points blancs:

Les fuites ont été colmatées

le 16/04/2019 (après 35 jours)

Le risque de fuite après cette date

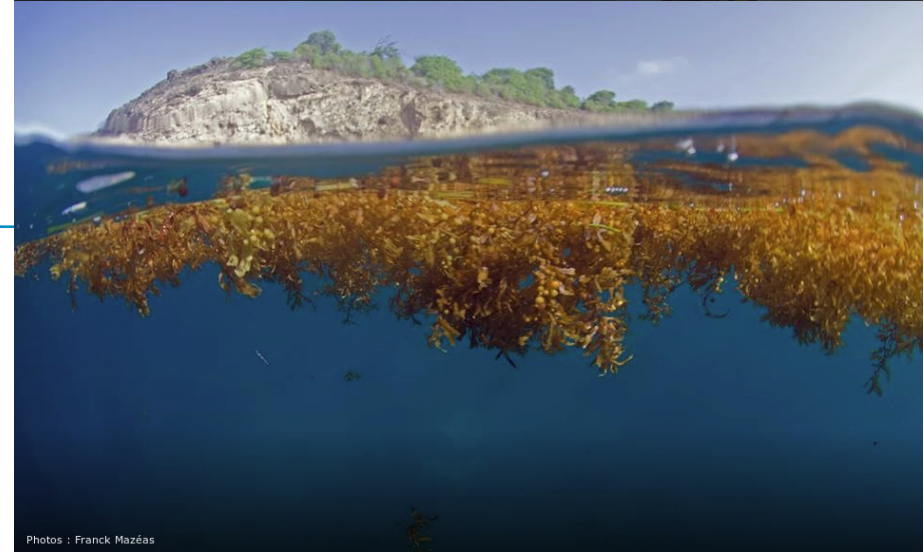
est simulé par des point blancs

en arrière plan

Système géodésique: WGS 84

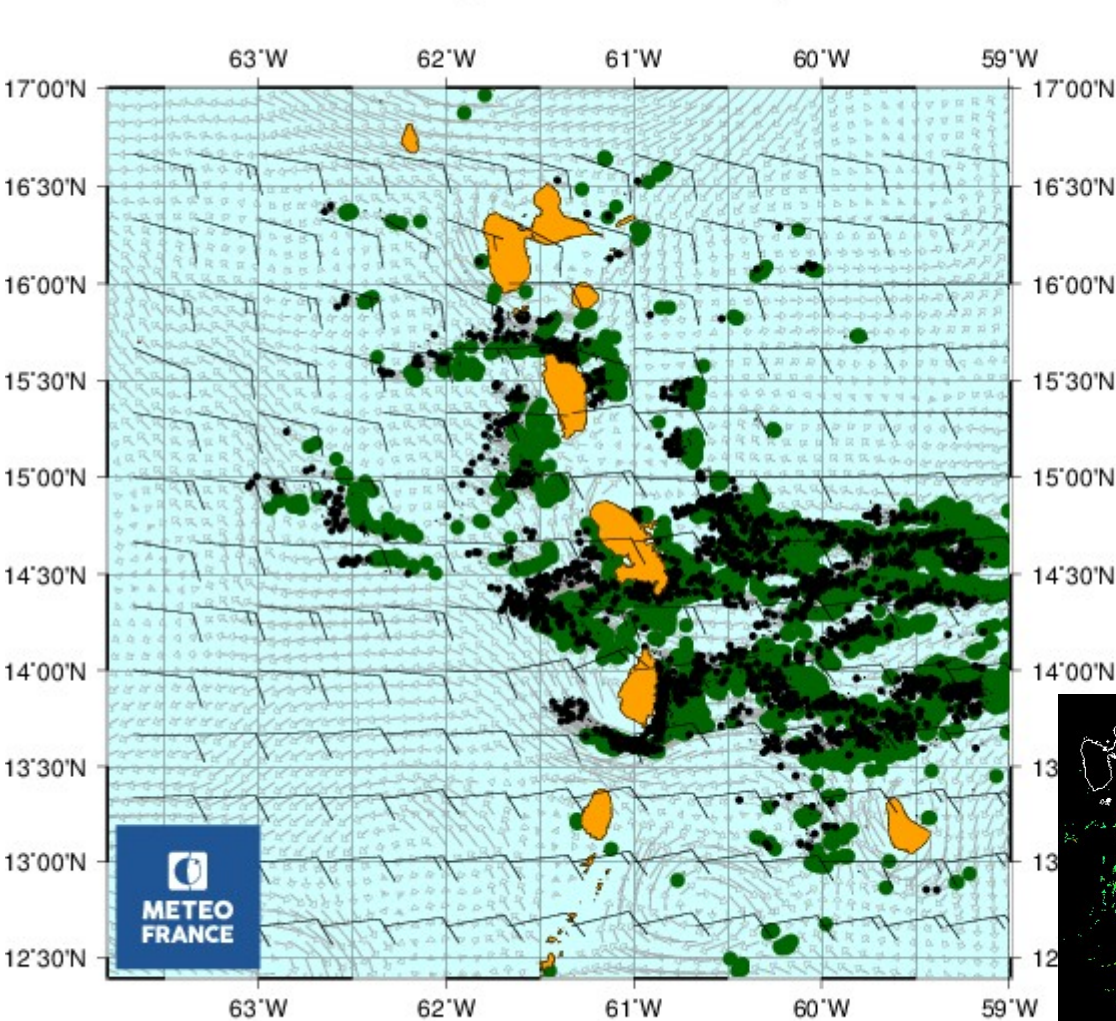
Service sargasses

- Surveillance et prévision des échouages de bancs de sargasses
- Contrat Météo-France / MTES
- Opérationnel depuis mars 2019
- Automatisé en juin 2019
- Acteurs :
 - CLS & NovaBlue : télédétection
 - Météo-France Toulouse : prévision de dérive
 - Météo-France Martinique : rédaction des bulletins à destination des autorités

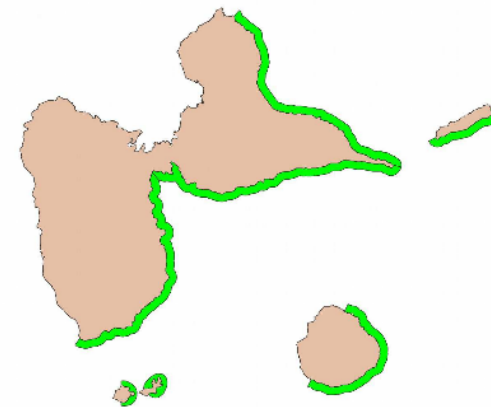


Service sargasses

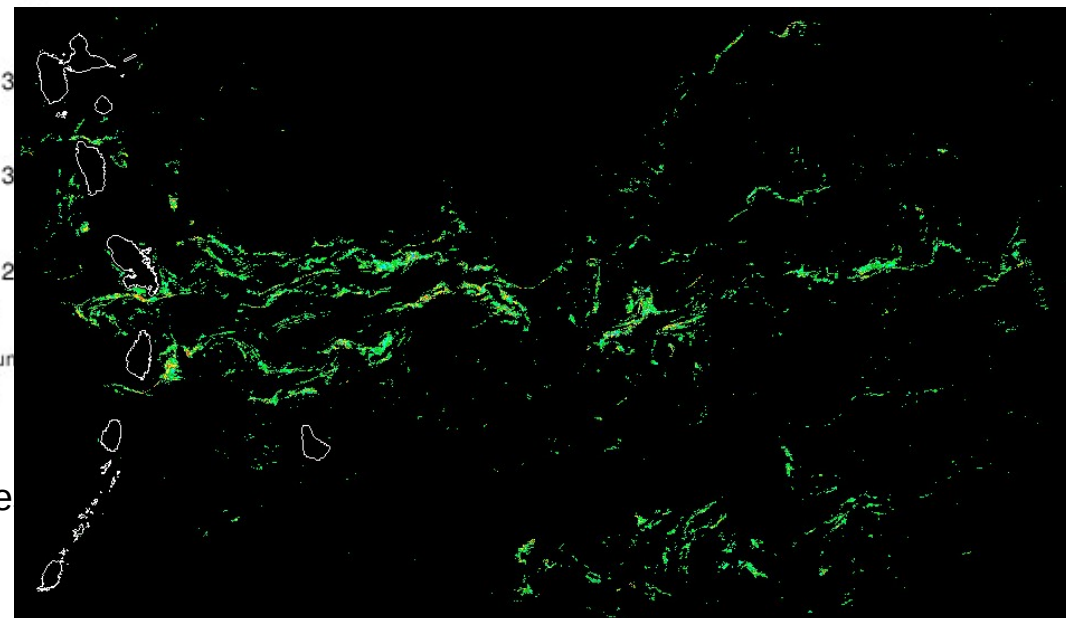
MOTHY/CEP MERCATOR_PSY4 : Prévision pour le 09/01/2019 à 17 UTC



**Bulletin de surveillance et de prévision
d'échouages des sargasses pélagiques
pour la Guadeloupe**
Lundi 4 Novembre 2019
Carte de risque d'échouages pour les 4 prochains jours :



Risque d'échouages Faible (green)
Risque d'échouages Moyen (yellow)
Risque d'échouages Fort (orange)
Risque d'échouages Très Fort (red)



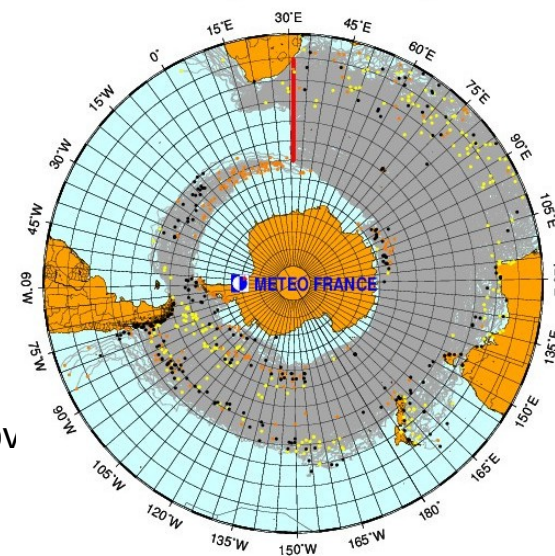
Attention : document technique de prévision de dérive d'hydrocarbure, réalisé à partir d'un seul point choisi dans un ensemble complexe de slicks (observés ou non).
Caution: Technical support for oil drift forecast from a single point out of a complex set of slicks (observed or not).

Demandes ou études particulières

- dérives à rebours (10% des demandes);
- météo fictive (exercices);
- rétro-dérives de pièces d'avion (AF447 dans l'Atlantique équatorial, MH370 dans l'Océan Indien, MS804 en Méditerranée);
- dérives directes ou rétro-dérives de corps avec différentes hypothèses sur la nature du décès impactant la flottabilité (réquisition judiciaire);
- impact de scénarios de lutte contre une marée noire (Agence Européenne de Sécurité Maritime);
- dérive du PolarPod autour de l'Antarctique (projet J.L. Etienne);
- dérives de graines de betterave maritime en Manche (Université de Lille);
- dérives de carcasses de cétacés (Université de La Rochelle);
- ballots de cocaïne (réquisition judiciaire)



Marinha do Brasil



MOTHY : un système qui évolue

- **Version 2.0** (juillet 2007): forçage par les systèmes d'océanographie opérationnelle
- **Version 3.0** (septembre 2009): recherche et sauvetage avec 63 classes d'objets flottants
- **Version 4.0** (septembre 2013): prévision d'ensemble + multi-forçage océanique
 - **Version 4.6** (mars 2019) : Gestion des nappes de sargasses télédétectées
 - **version 4.7** (avril 2019) : capacité à gérer des nappes de grande étendue géographique
 - **version 4.8** (juin 2019) : amélioration en Méditerranée (courant MFS) et en Polynésie Française (Archipel des Tuamotu, Fakarava)
- **Version 5** (prévue en 2020):
 - nouvelle IHM intégrée à l'environnement du prévisionniste marine
 - courants à haute fréquence temporelle :
 - ▶ SCHISM (15 min) lagon Nouvelle Calédonie
 - ▶ CMEMS-NWS (60 min) nord-ouest Europe

<http://www.meteorologie.eu.org/mothy/>