



# 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

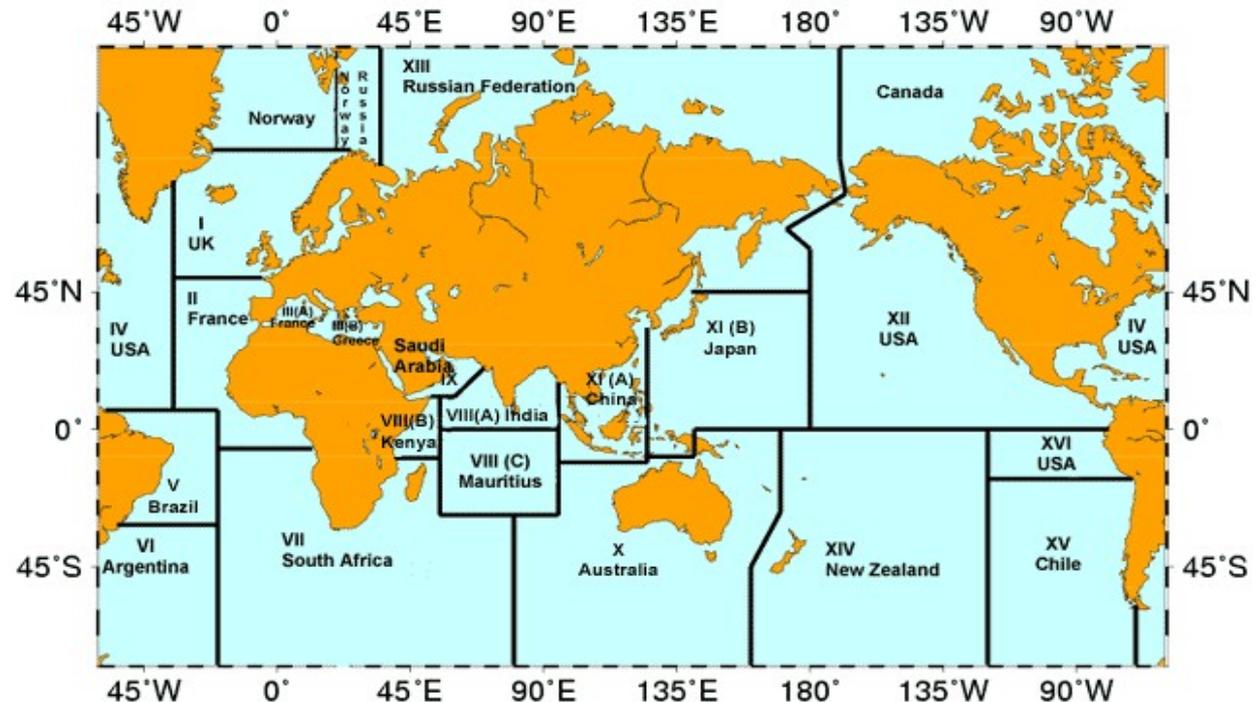
## Systeme d'Intervention d'Urgence en cas de Pollution de la Mer (SIUPM) Marine Pollution Emergency Support System (MPERSS)

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

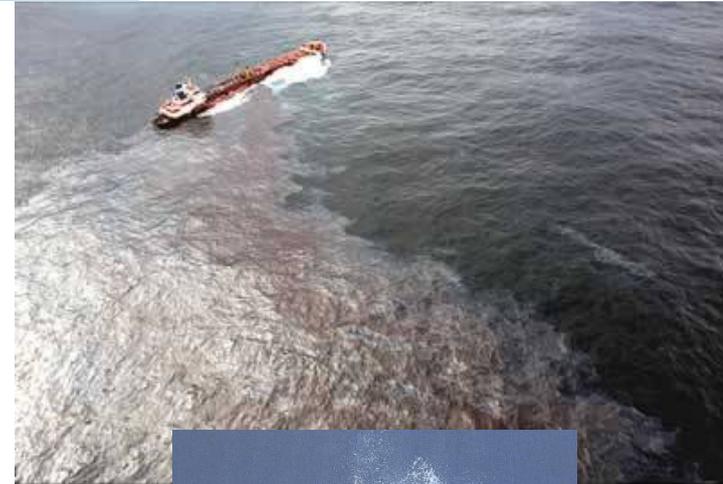
## Systeme MOTHY

### (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)

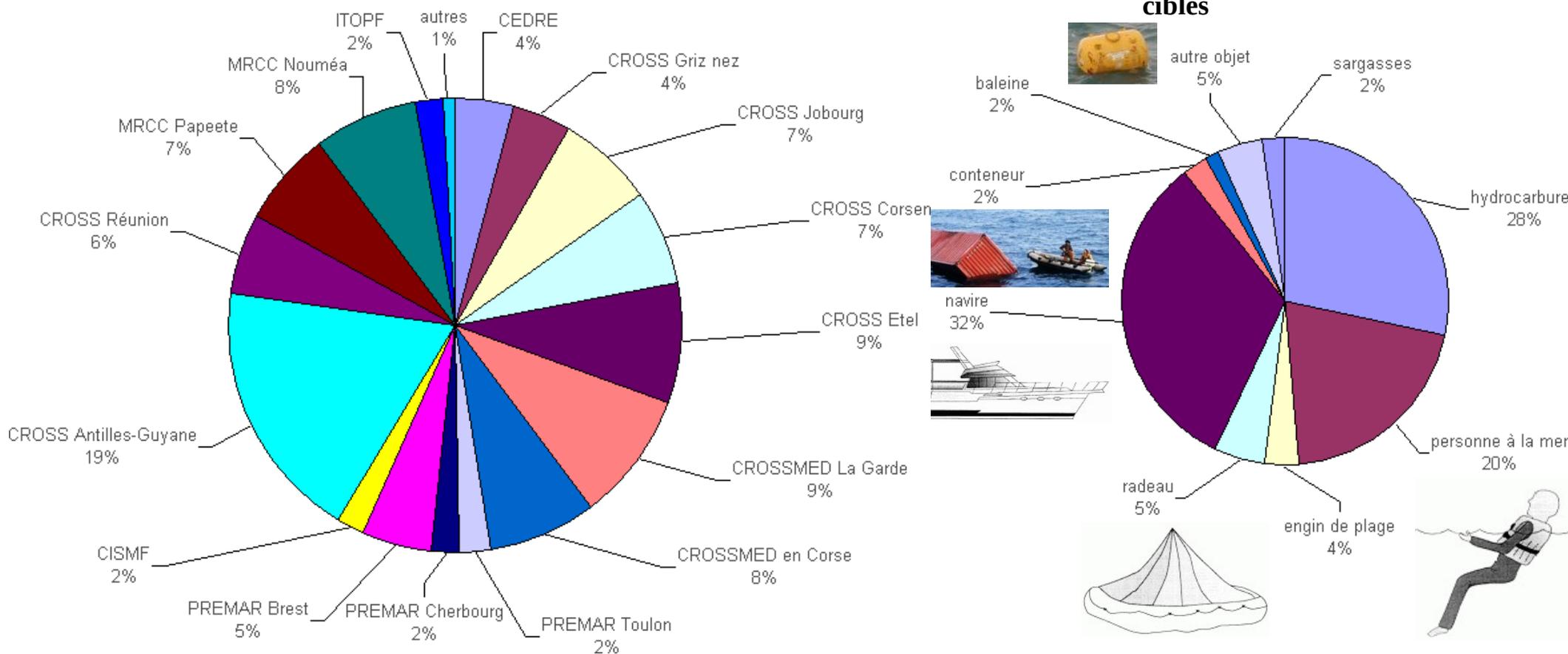
### Un service d'intervention d'urgence:

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

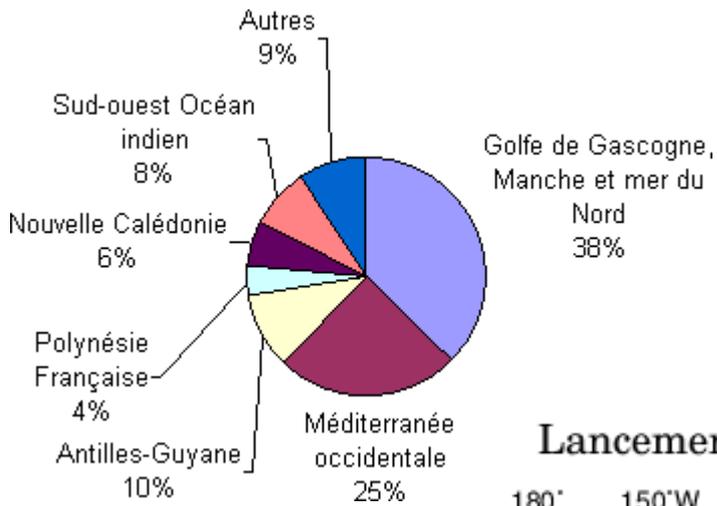


# Contexte

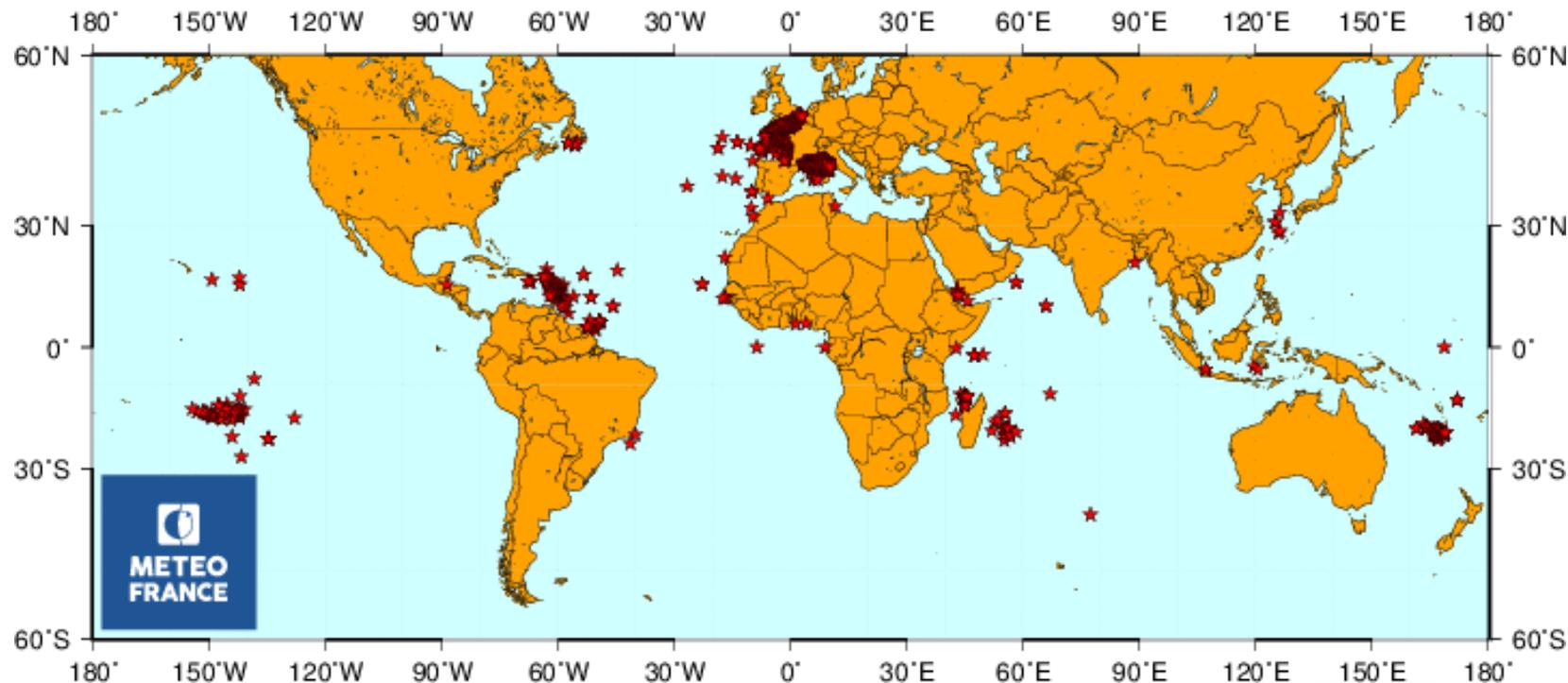
Environ 1000 demandes par an



# Répartition géographique des demandes de dérive



Lancements MOTHY en 2018: 998

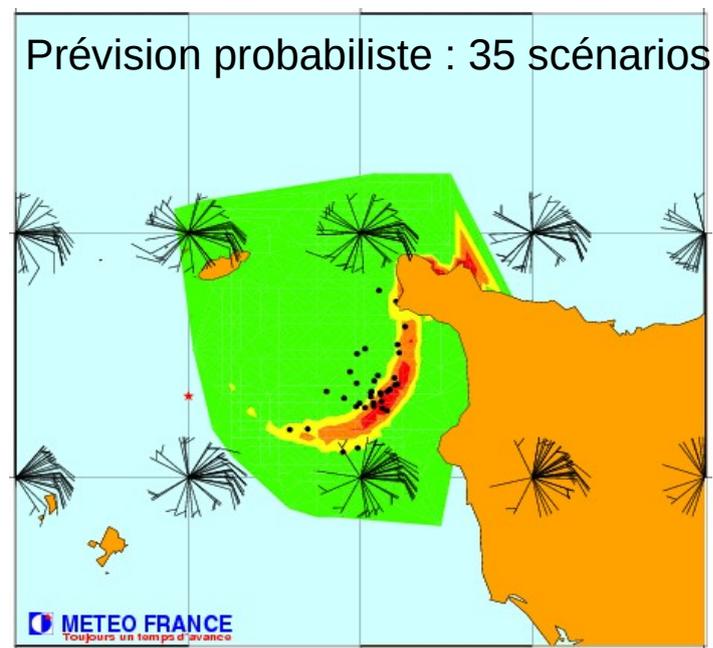
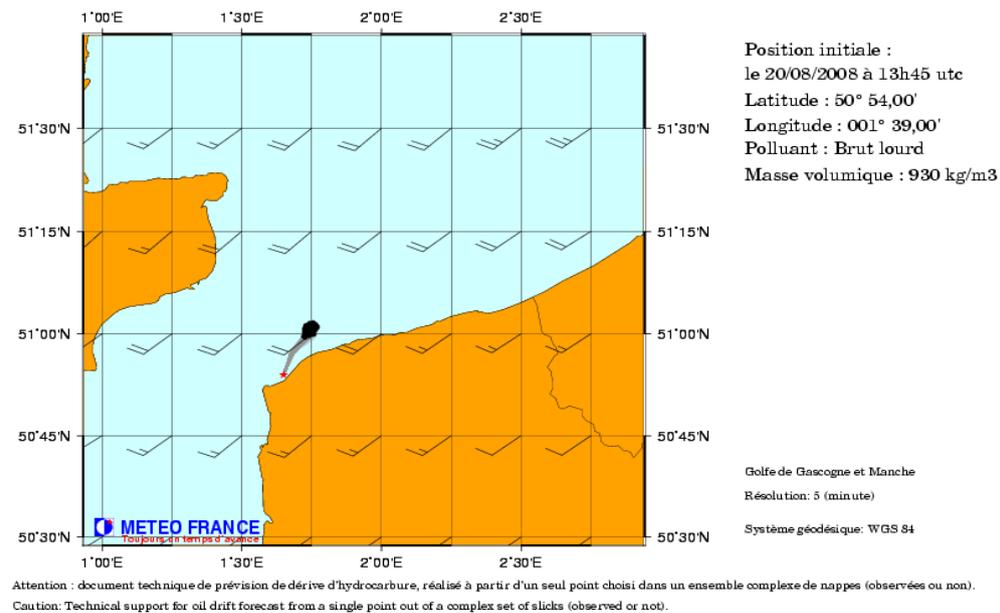
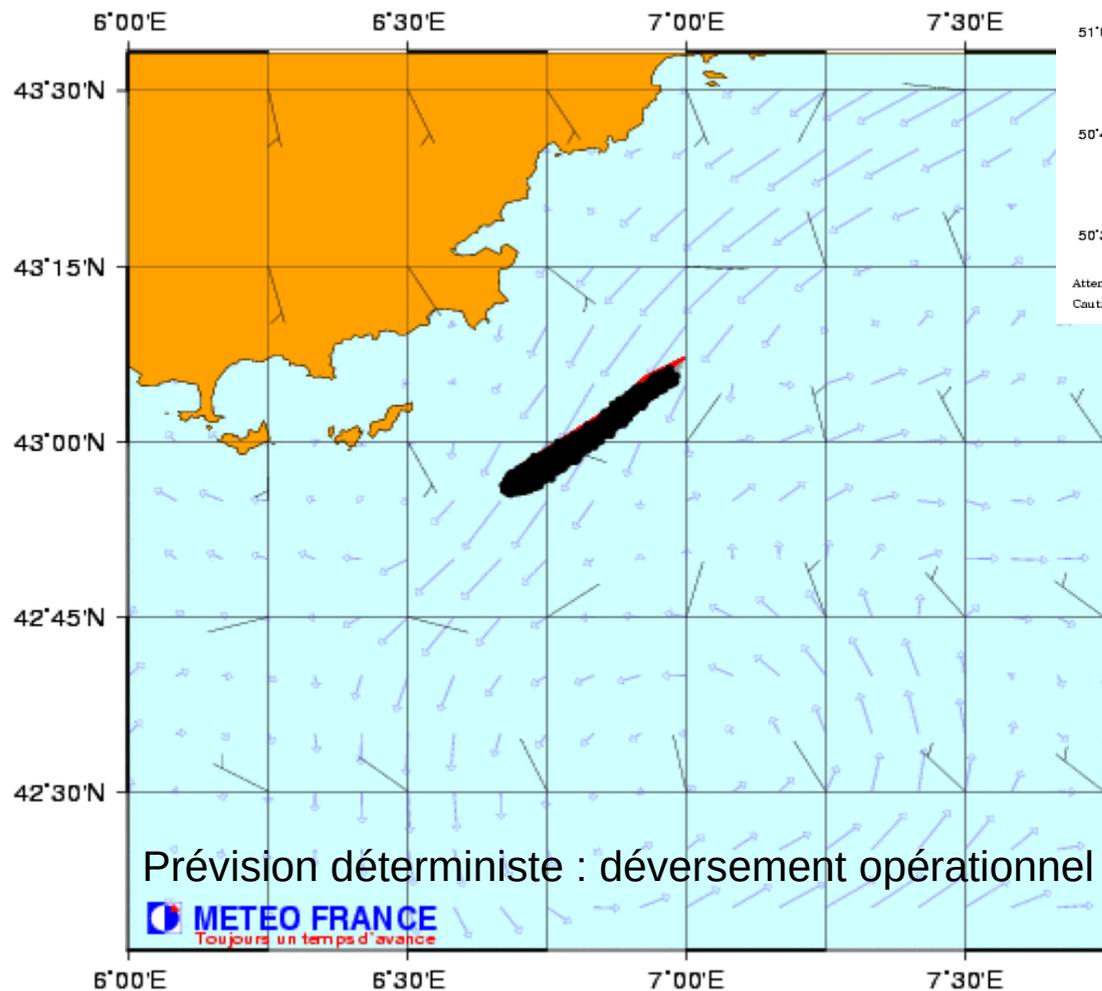


# MOTHY

## Version hydrocarbures

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

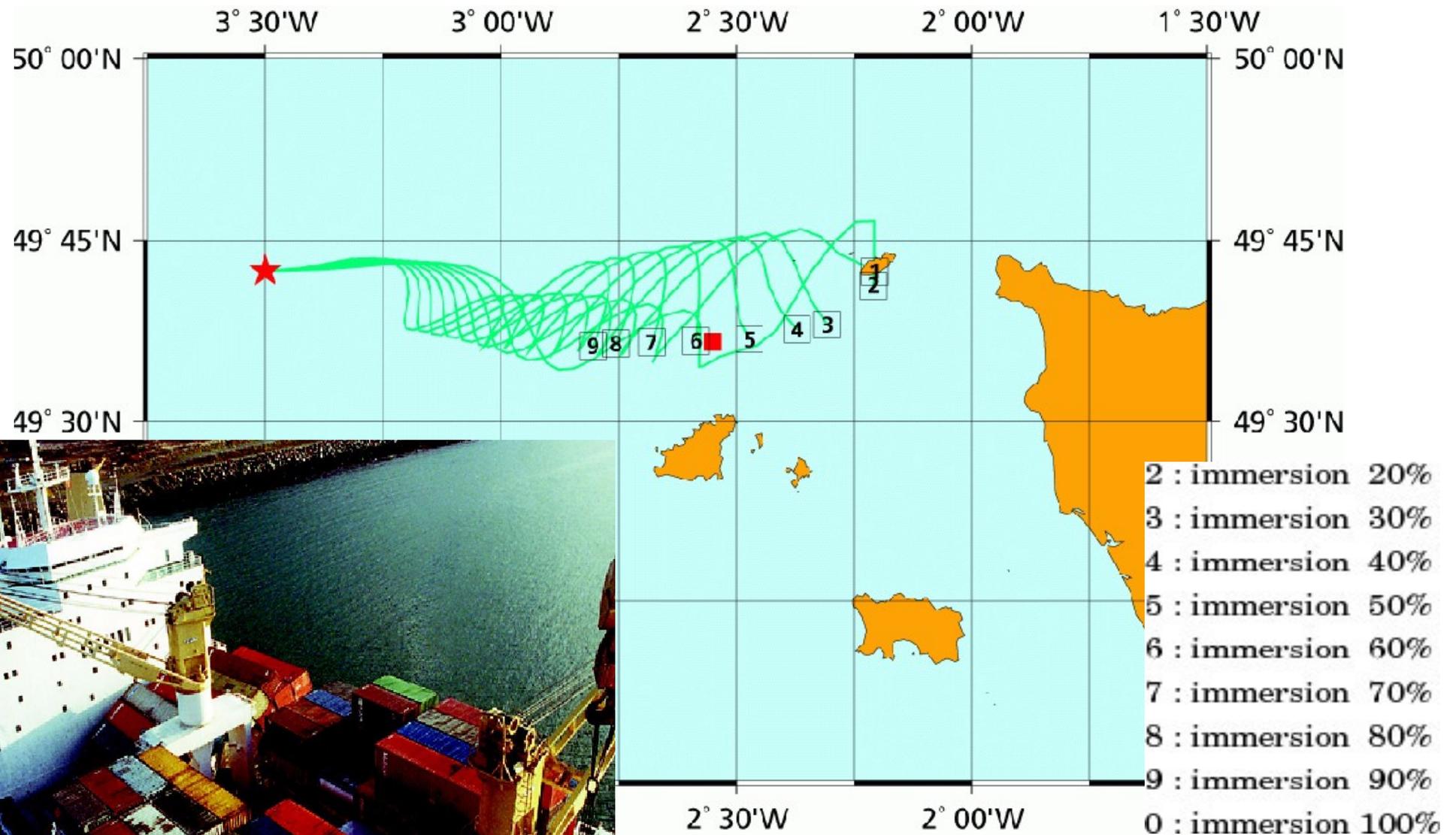
MOTHY/ARPEGE MERCATOR : Prédiction



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



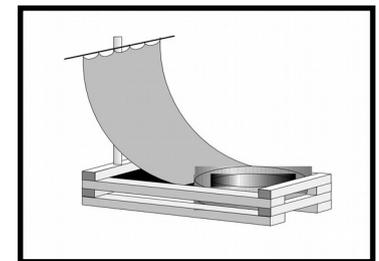
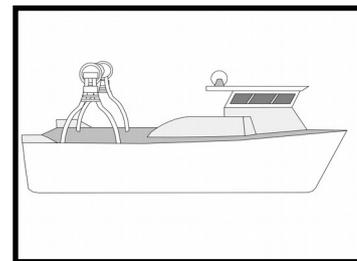
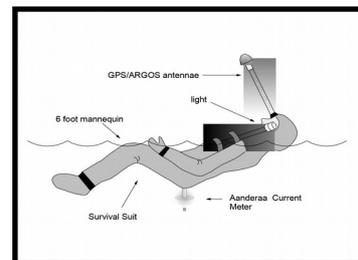
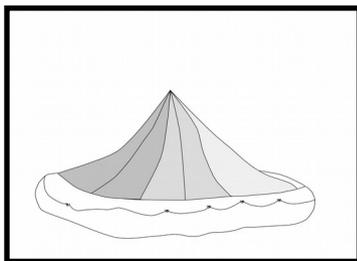
# MOTHY version recherche et sauvetage

---

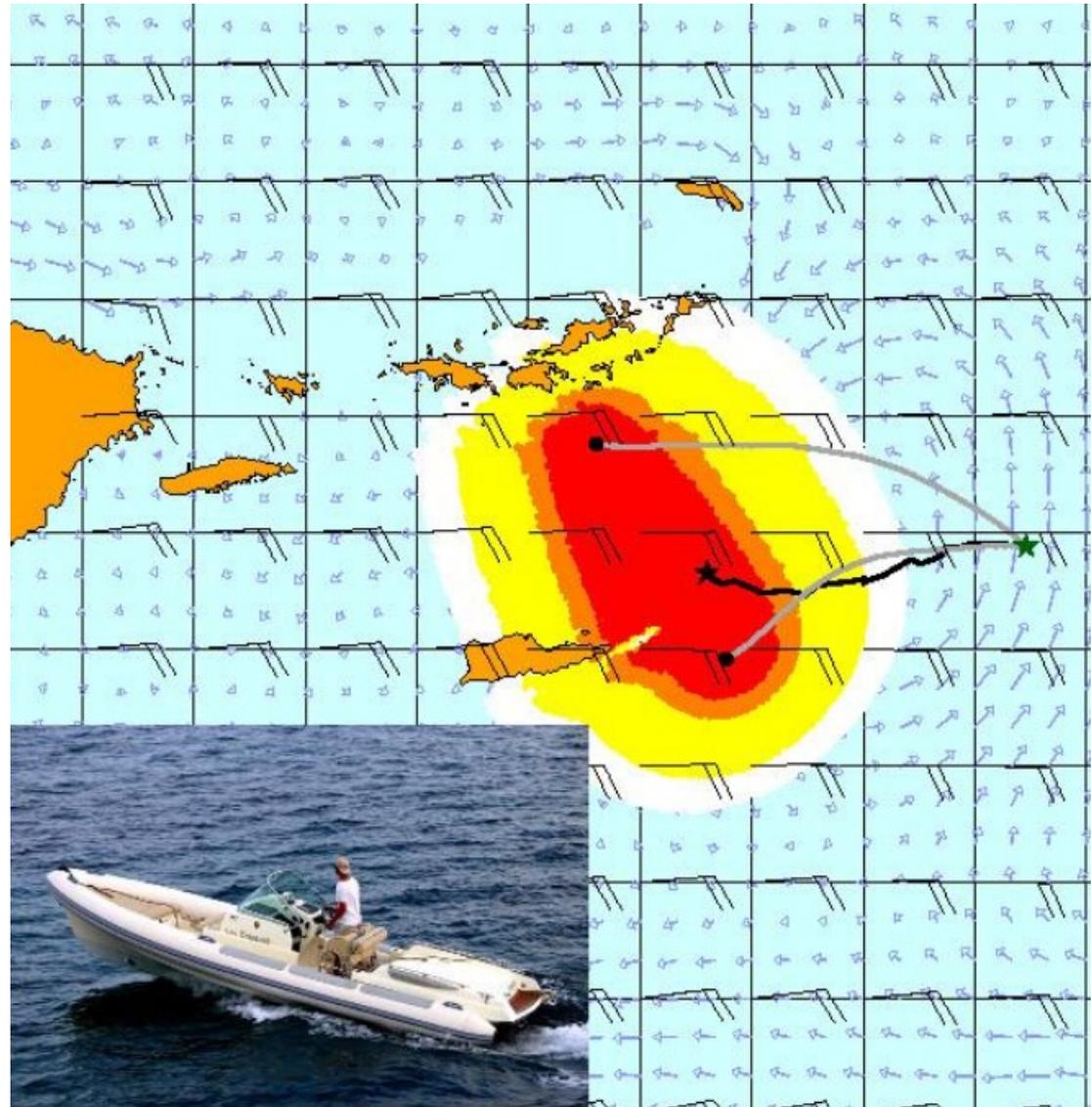
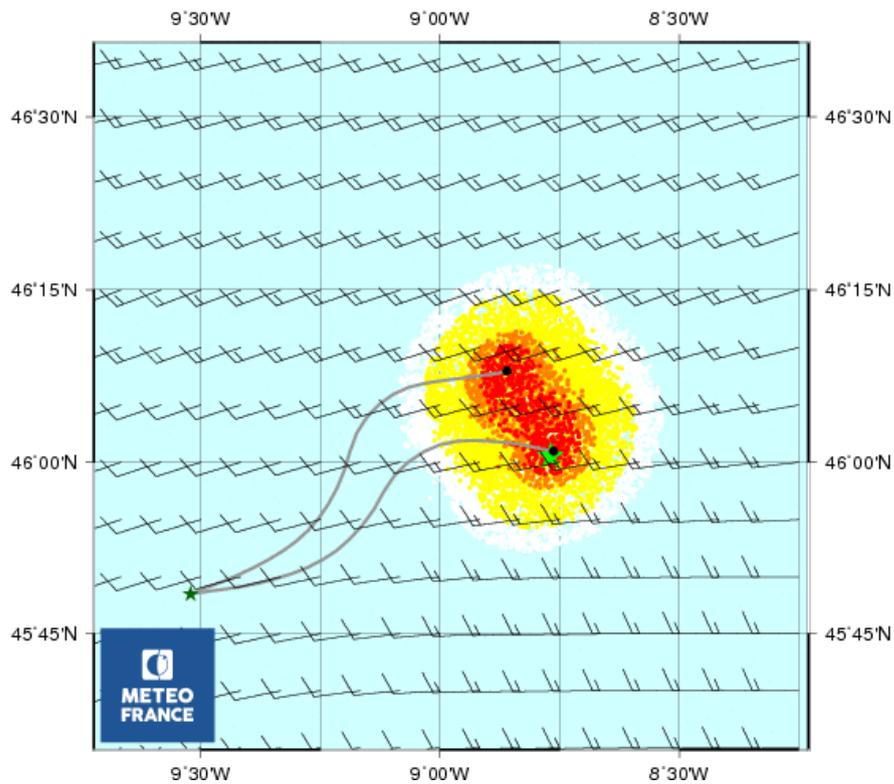
Base de données de coefficients de dérive pour 72 classes d'objets:

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

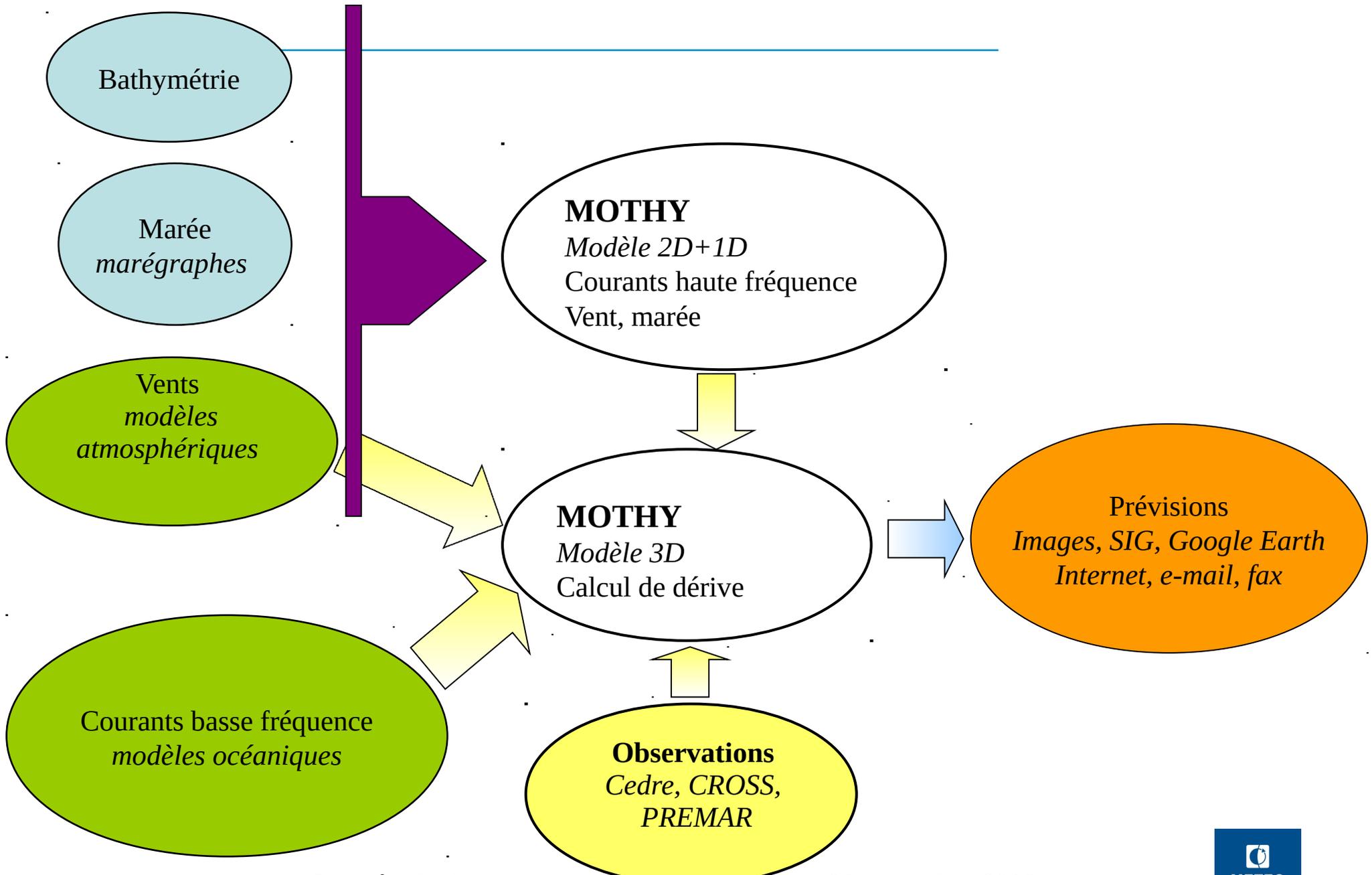
<http://www.meteorologie.eu.org/mothy/doc/sar/cibles-sar.html>



# 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

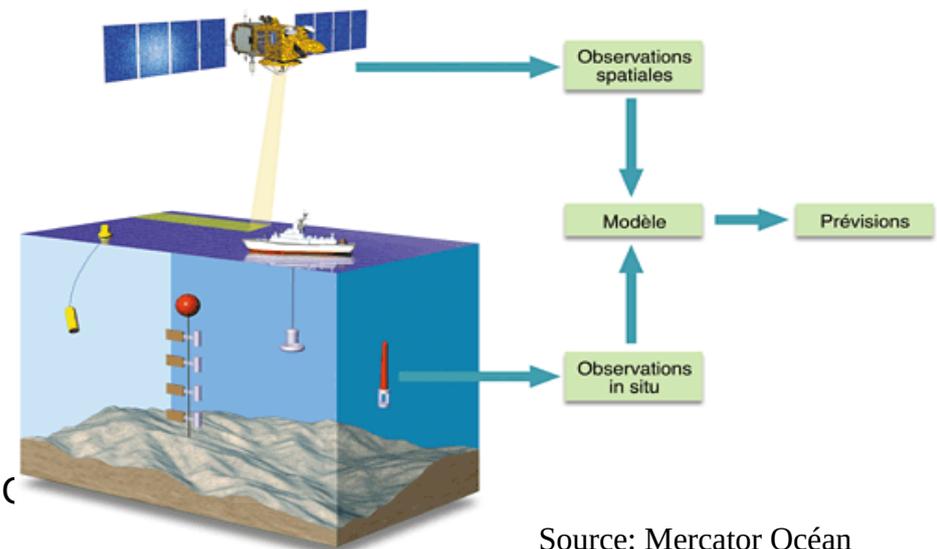
Providing PRODUCTS and SERVICES for all marine applications

### 3 systèmes:

**Mercator:** global  $1/12^\circ$

**Mercator IBI**  $1/36^\circ$

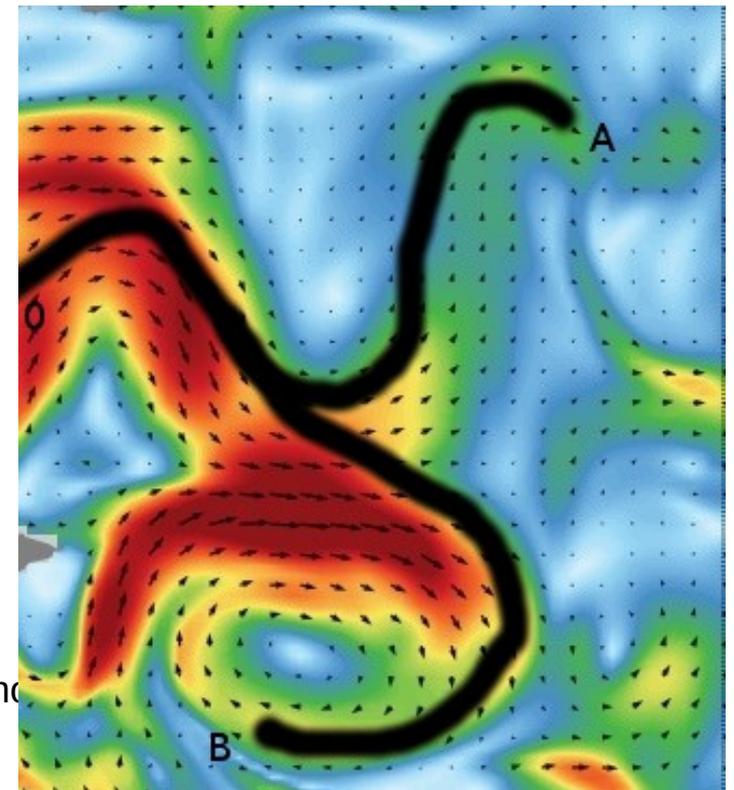
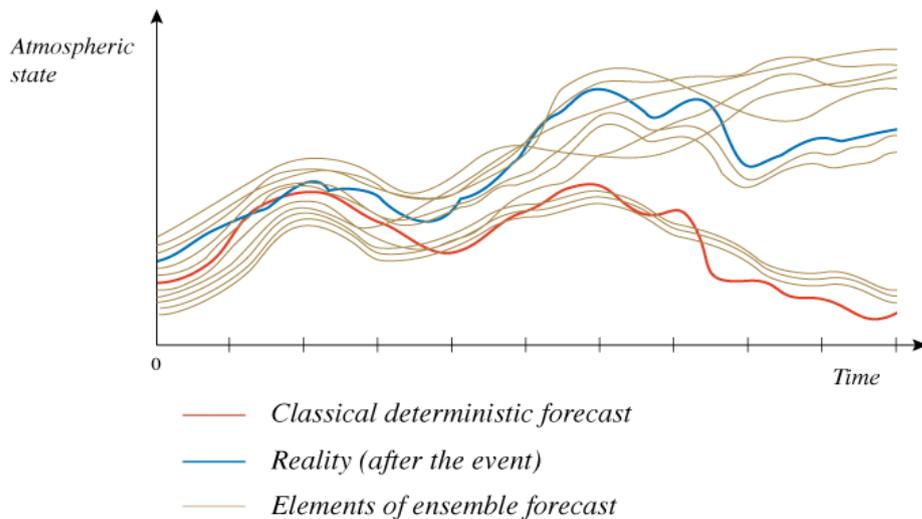
**MFS:** Méditerranée  $1/24^\circ$



# 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

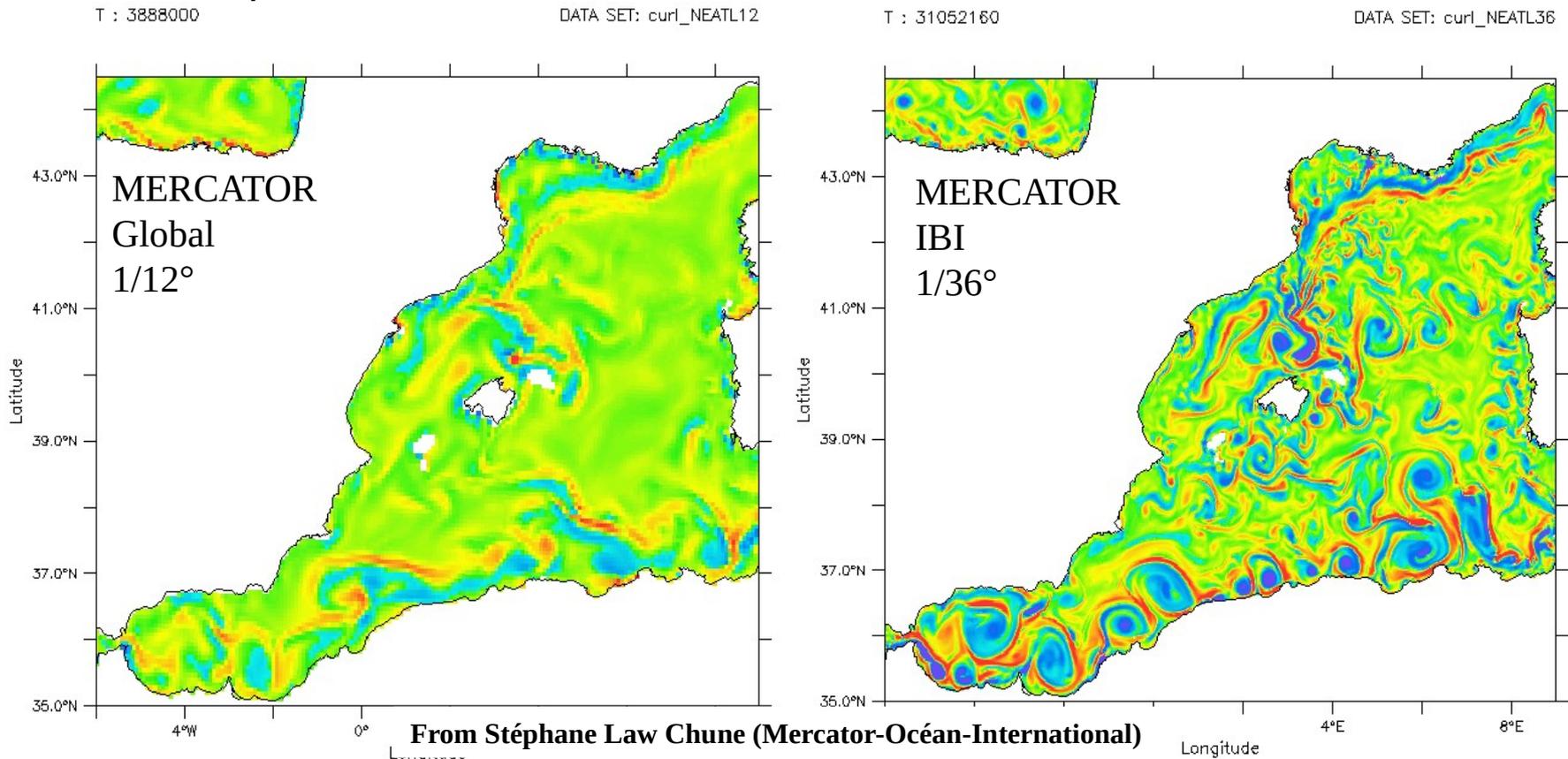


# Gestion de la méso-échelle océanique

Un challenge pour la prévision de dérive en Méditerranée:

- forts courants,
- grande variabilité,
- petites structures

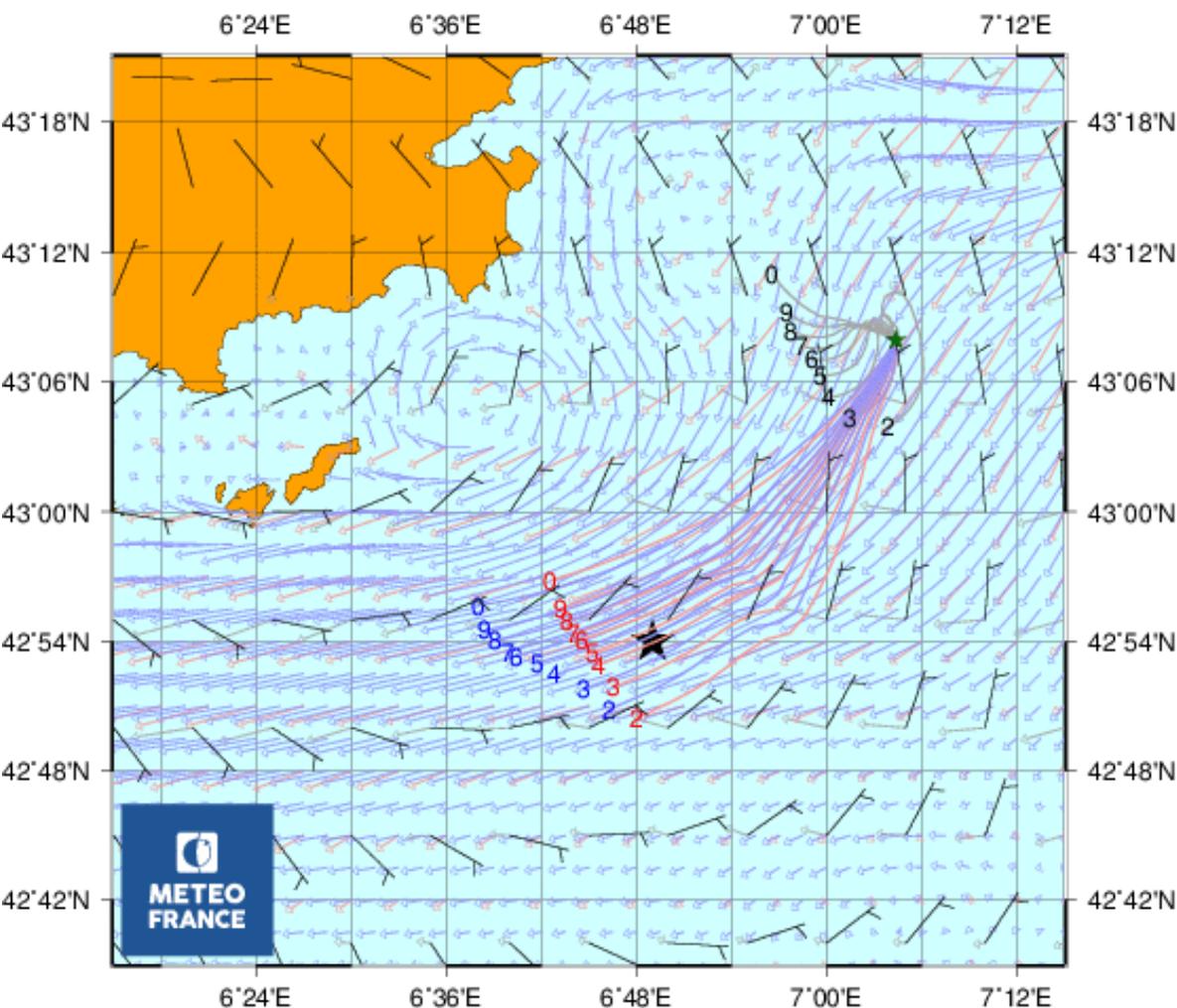
Meilleur système actuellement en Méditerranée : MFS 1/24°



# 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

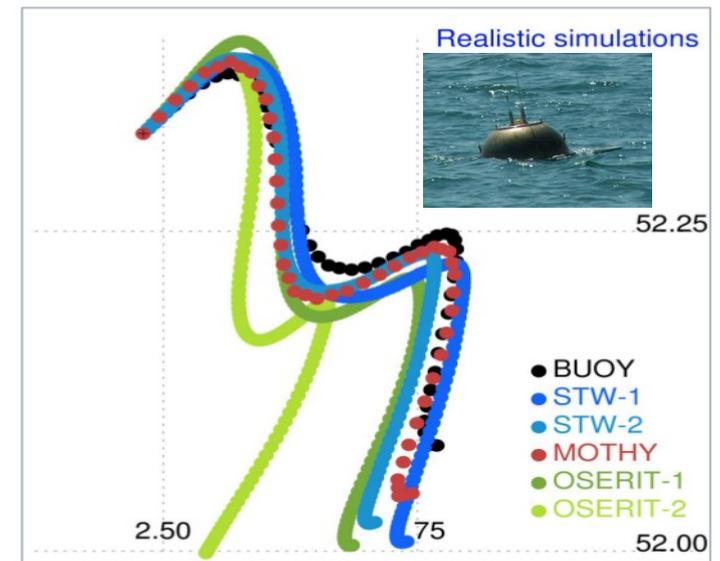
## Contrats européens :

MERSEA (2004-2008)

MEDESS4MS (2012-2015)

Copernicus NOOS-Drift (2018-2019)

## Exercices, intercomparaisons de modèles

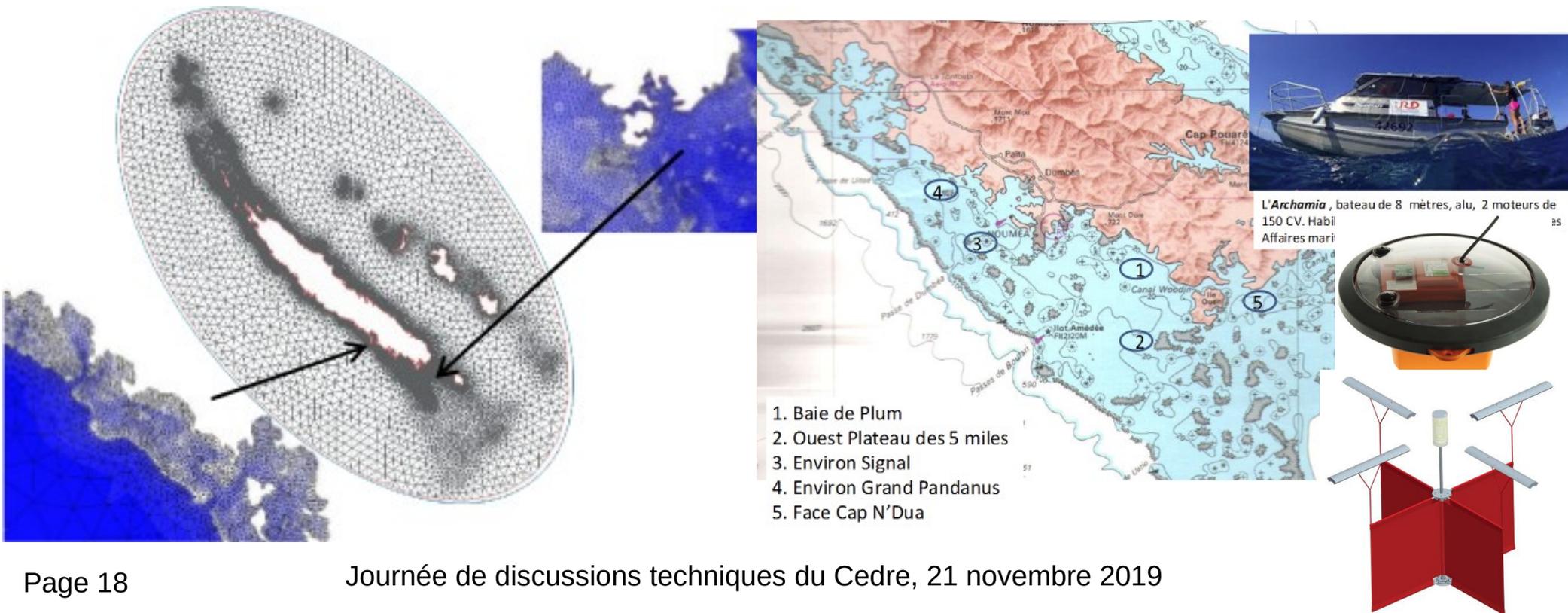


# Dérive dans les lagons

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

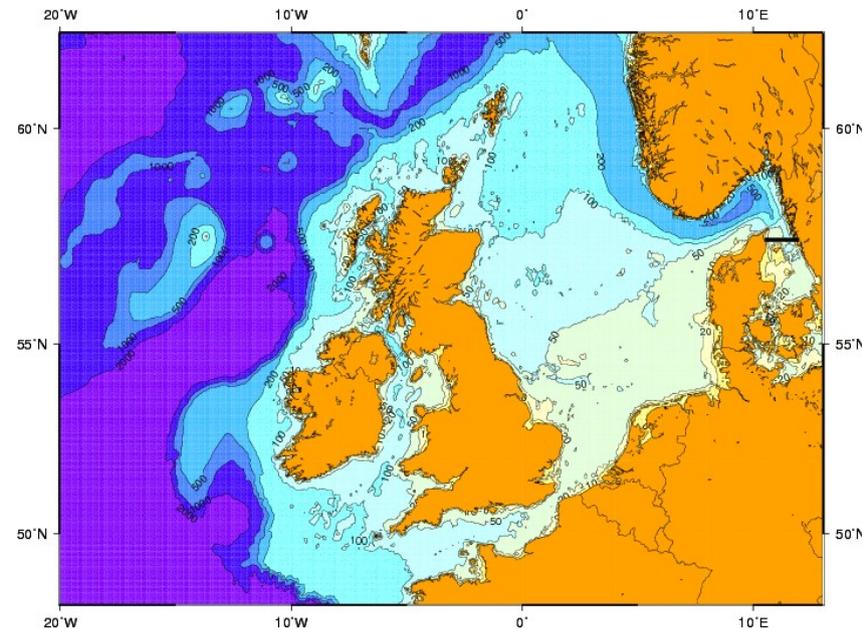
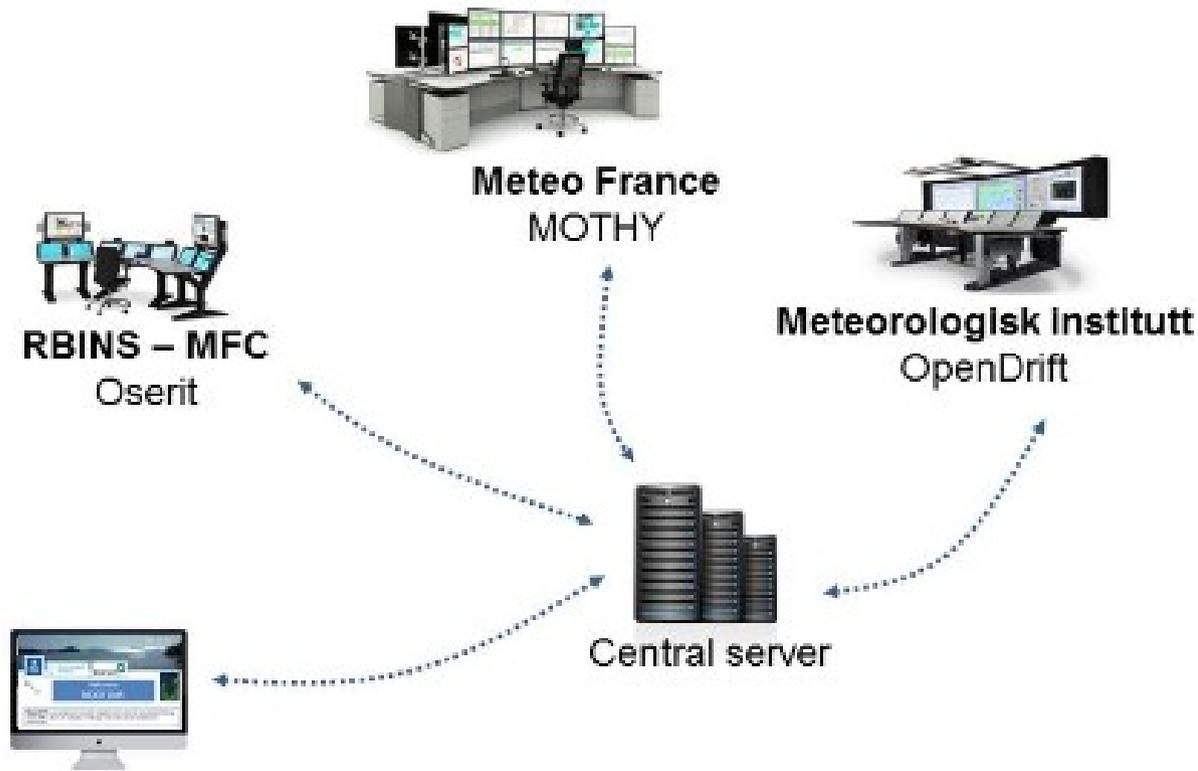
## Projet CMEMS NOOS-Drift

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



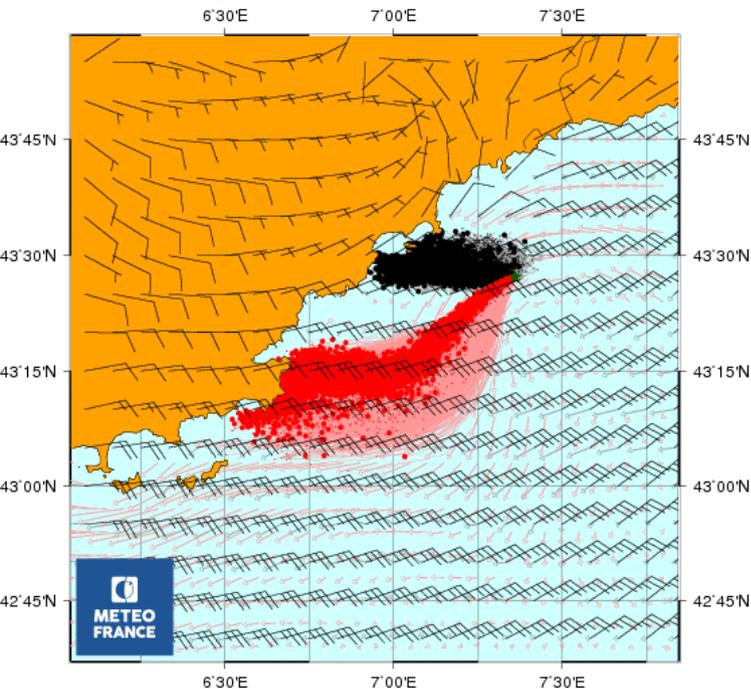
# Ulysse / CSL Virginia



## 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°

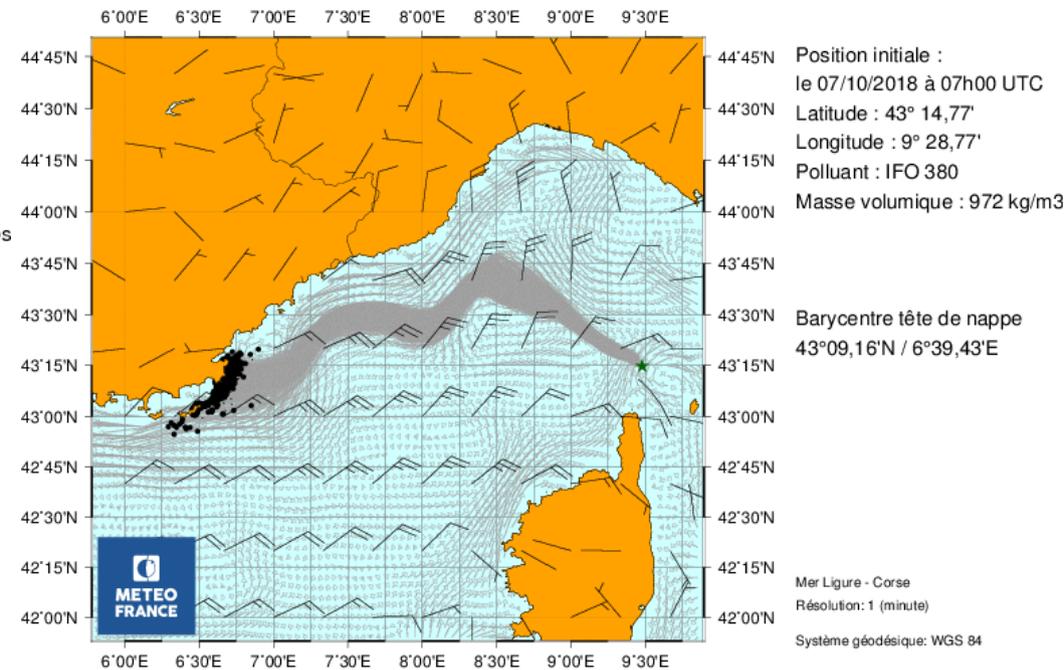
Mer Ligure - Corse  
Résolution: 1 (minute)

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

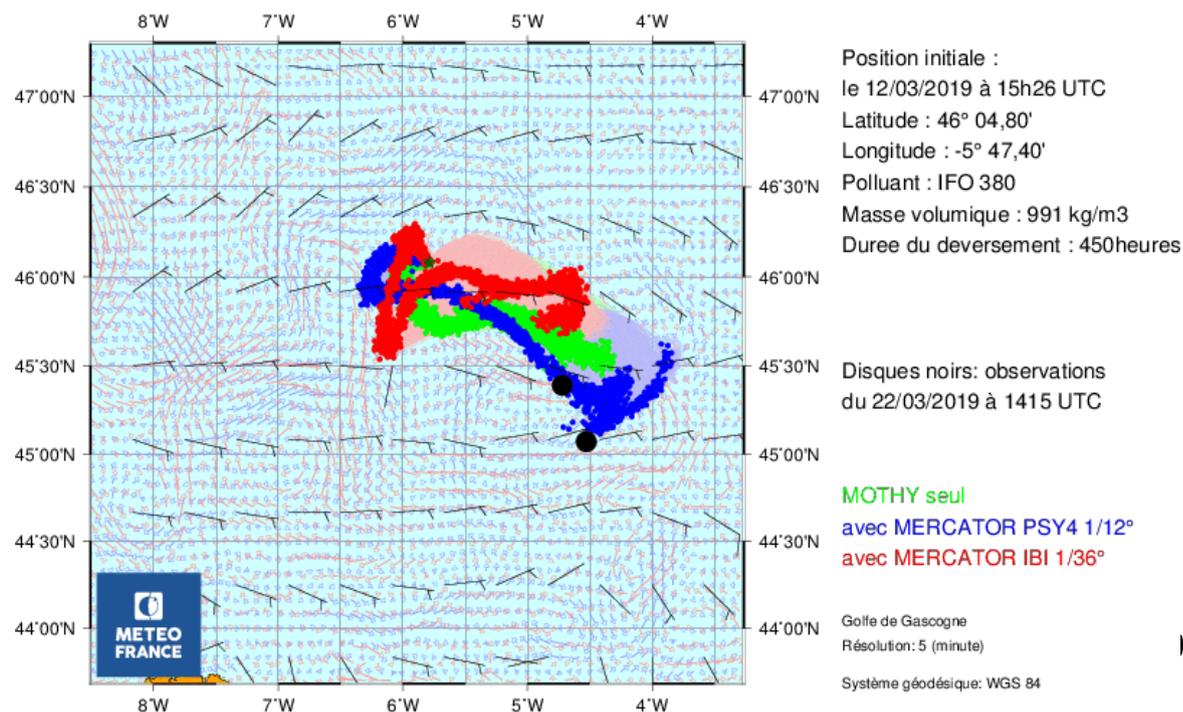
Attention : document technique de prévision de dérive d'hydrocarbure, réalisé à partir d'un seul point choisi dans un ensemble complexe de nappes (observées ou non).  
Caution: Technical support for oil drift forecast from a single point out of a complex set of slicks (observed or not).

Simulation à 10 jours (avec analyses vents/courants)

# Grande America : production Météo-France

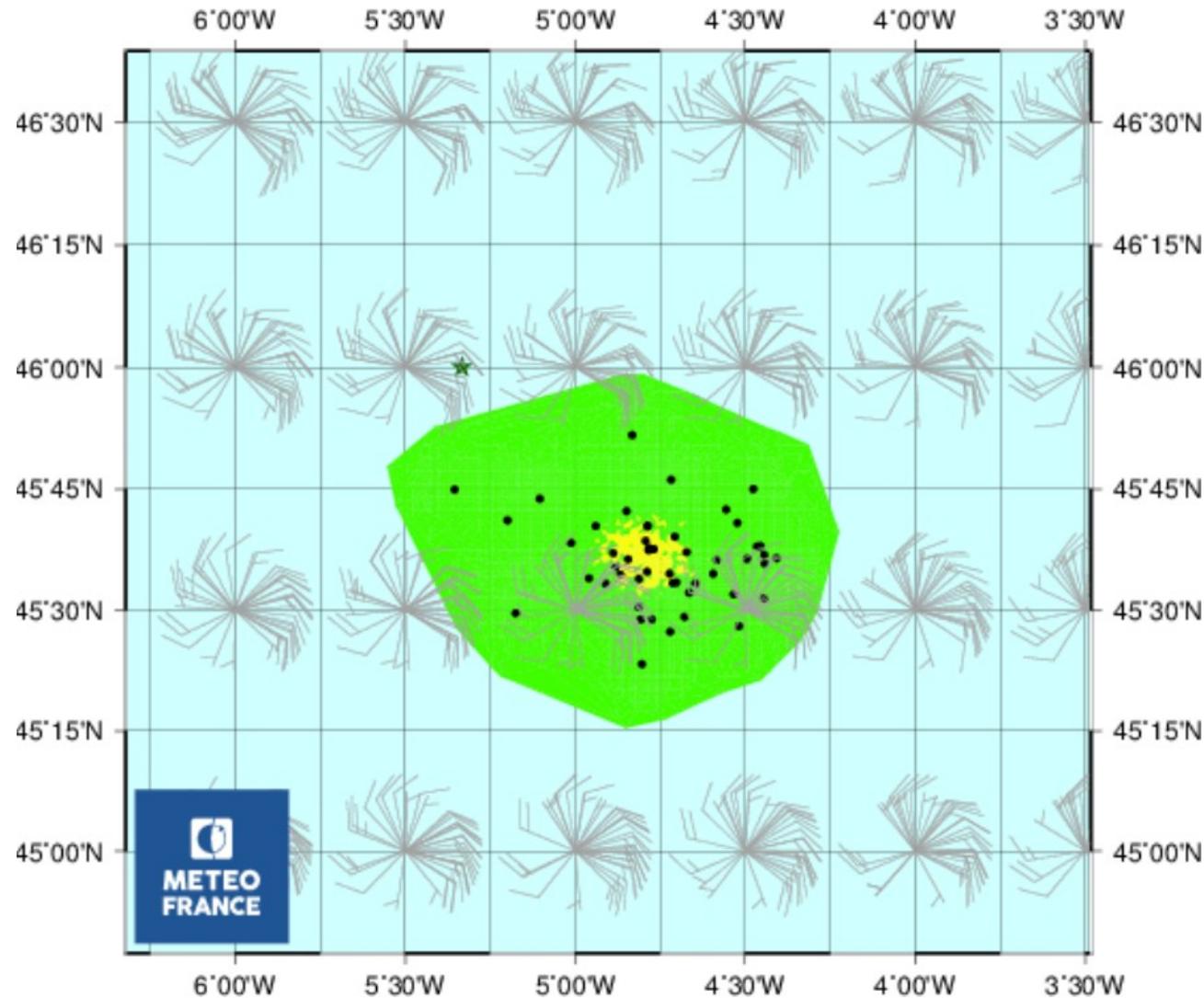
- Production quotidienne :
  - Prévisions déterministes à 3 jours ;
  - Prévisions probabilistes à 10 jours ;
  - Fuite continue de l'épave
- Choix du courant à utiliser (rôle du Comité de dérives):
  - MERCATOR Global 1/12° ou MERCATOR IBI 1/36°

MOTHY/ARPEGE\_01 MULTI : Prévion pour le 22/03/2019 à 14 UTC



# Grande America : production Météo-France

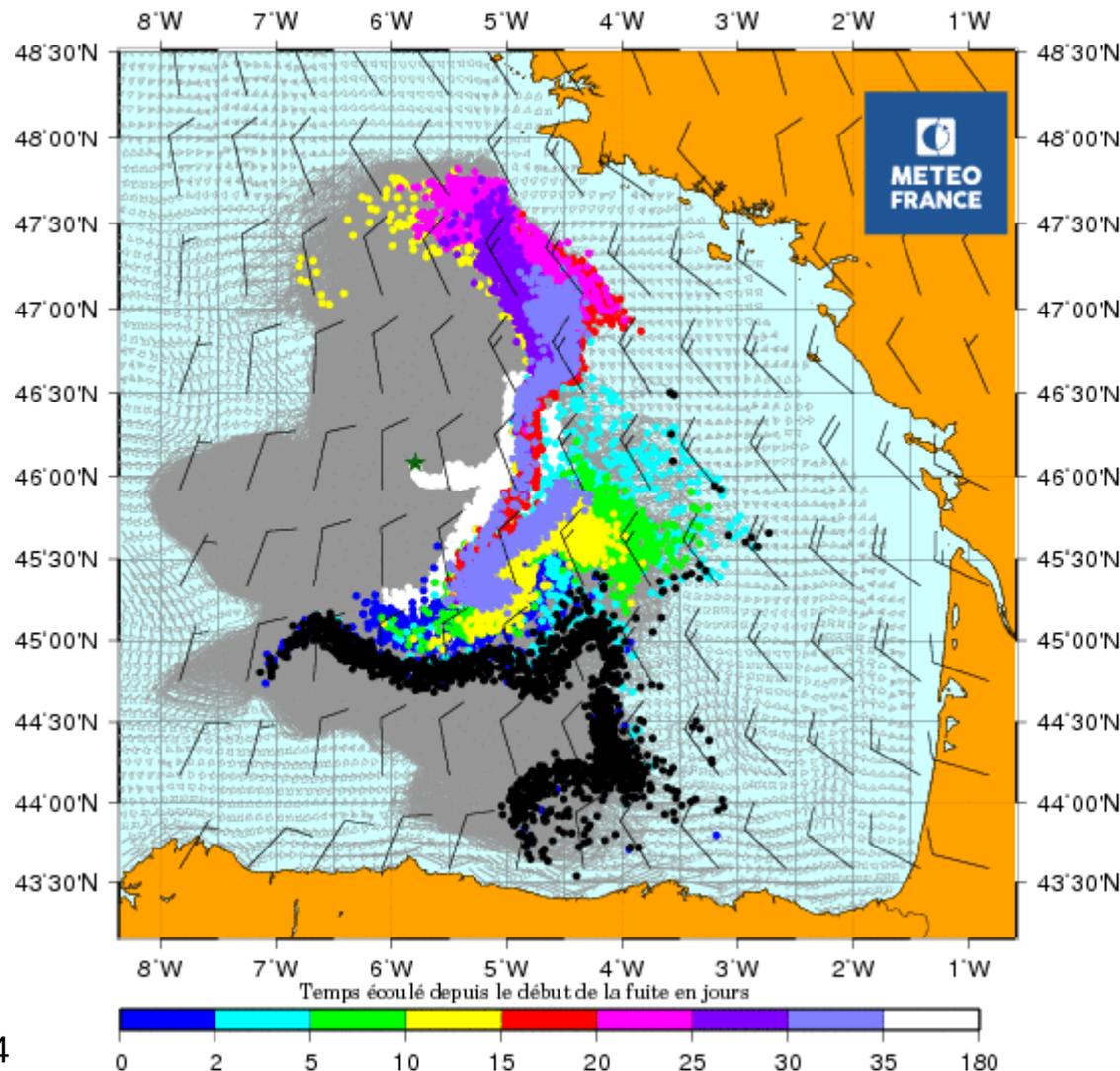
- Prévisions probabilistes à 10 jours



# 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/m<sup>3</sup>

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

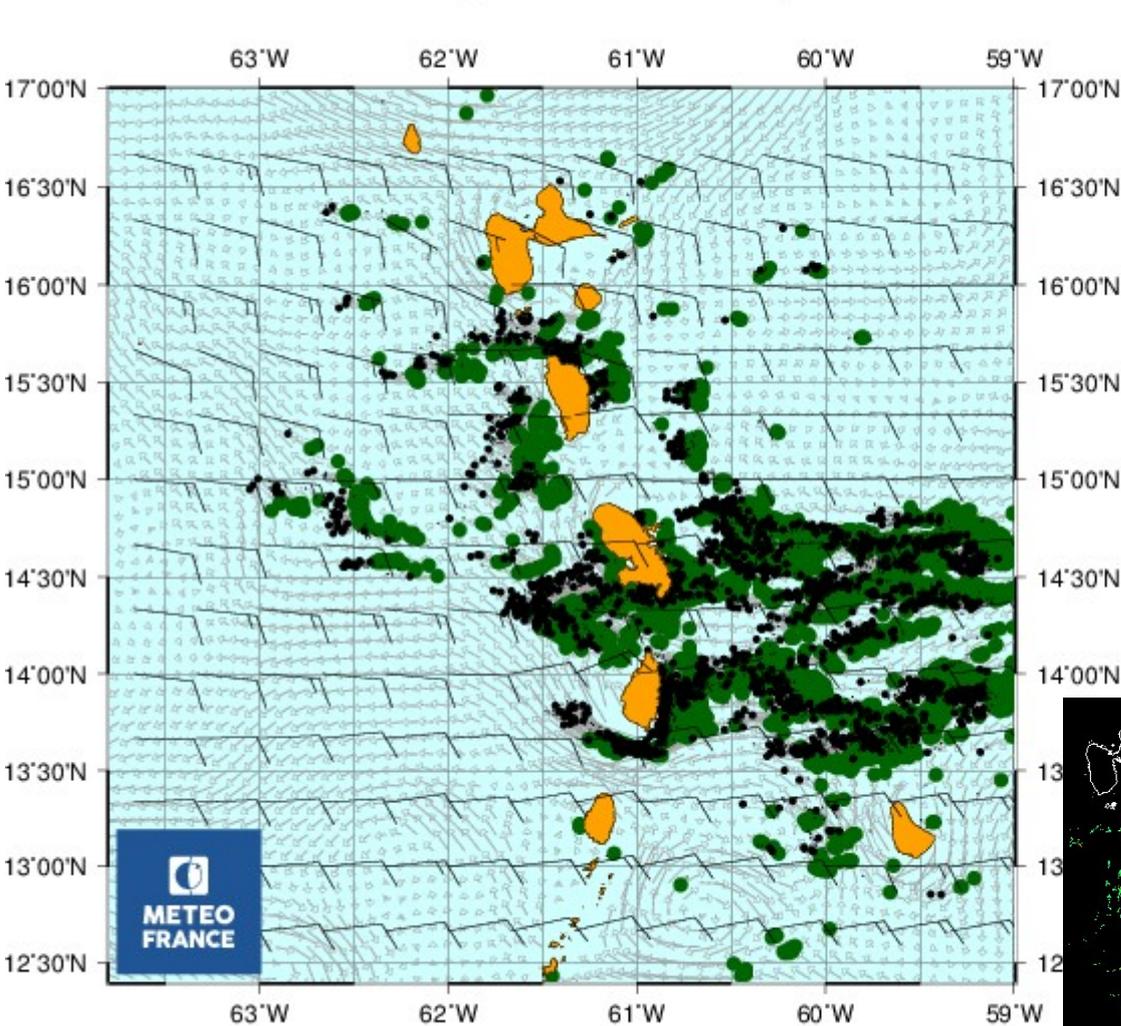
# Service sargasses

- 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

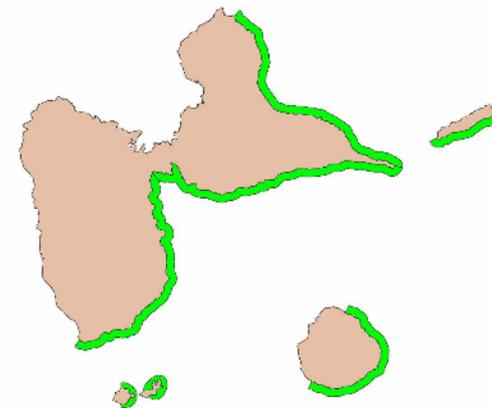


# Service sargasses

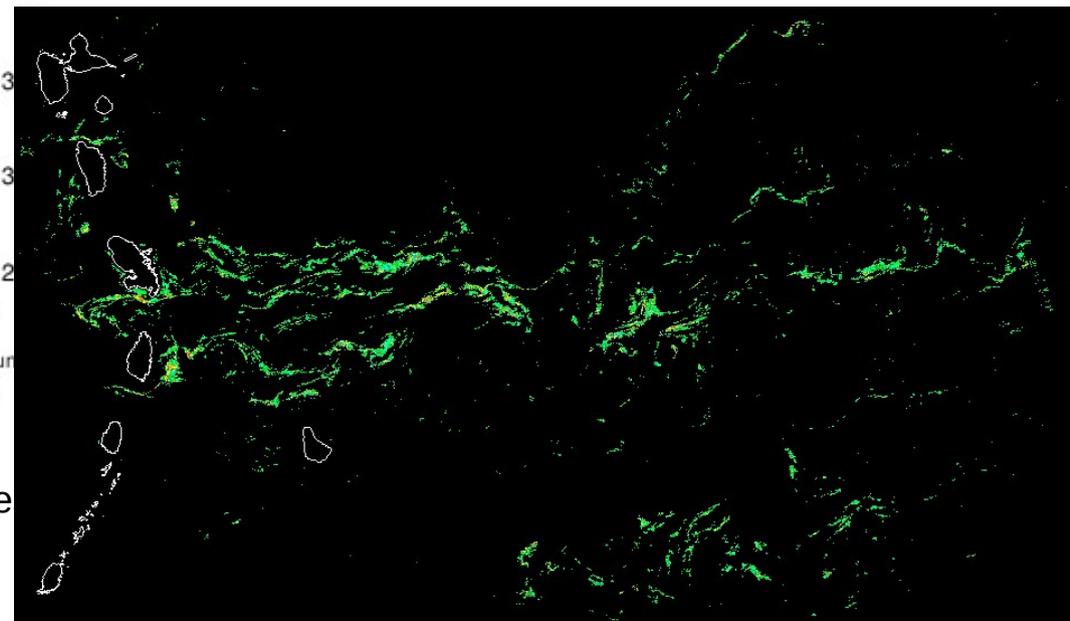
MOTHY/CEP MERCATOR\_PSY4 : Prévision pour le 09/01/2019 à 17 UTC



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



**Vert** Risque d'échouages Faible      **Orange** Risque d'échouages Fort  
**Jaune** Risque d'échouages Moyen      **Rouge** Risque d'échouages Très Fort



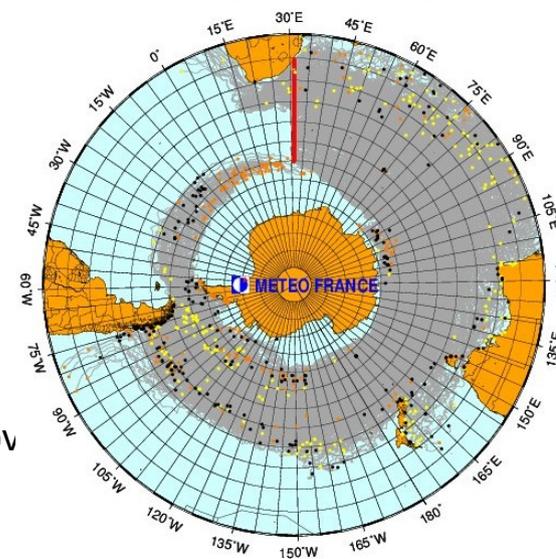
Attention : document technique de prévision de dérive d'hydrocarbure, réalisé à partir d'un seul point choisi dans un ensemble complexe de slicks (observés ou non).  
Caution: Technical support for oil drift forecast from a single point out of a complex set of slicks (observed or not).

# 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/>