

Avril/Mai 2020

JOMÉ Mathilde  
GRANDEMANGE Alexandrine

## **Rapport de stage – Recherche du chalutier « Ravenel », disparu au large de Saint-Pierre-et-Miquelon**

Organisme ou service proposant le stage : Météo-France,  
Direction des Opérations pour la Prévision,  
Département Prévision Marine et Océanographique

Responsable du stage : Pierre DANIEL

## **Remerciements**

Nous tenons tout d'abord à remercier Pierre Daniel pour l'organisation de ce stage mais aussi pour son encadrement et ses conseils tout du long.

Nous remercions aussi les associations Ravenel et Recherches du Ravenel 2019/2020 pour avoir mis les documents qu'ils ont pu récolter durant toutes ces années à notre disposition ainsi que Nicolas Cormier (DTAM 975/SAMP) qui a su rendre ces documents accessibles.

Nous remercions de plus Cécile Sauvage et la DRASSM qui ont accepté de partager avec nous leurs informations ainsi que leur savoir.

## TABLE DES MATIÈRES

Remerciements.....	2
Table des matières.....	3
1. Résumé.....	4
2. Objectif du stage.....	5
3. Introduction.....	6
4. Description du modèle.....	8
4.1. Le modèle MOTHY-leeway .....	8
4.2. Le modèle MOTHY externe.....	10
5. Description des données.....	11
5.1. Données d'échouement des débris.....	11
5.2. Données atmosphériques (vent).....	12
5.3. Données océaniques.....	13
5.3.1. Bathymétrie.....	13
5.3.2. Courant dû au vent.....	14
5.3.3. Grande échelle.....	14
5.3.4. Marée.....	15
5.3.5. Hydrologie.....	15
6. Discussion des résultats.....	17
1. Discussion des résultats : lot n°1.....	17
2. Discussion des résultats : lot n°2.....	21
7. Conclusion.....	28
8. Perspectives.....	29
9. Bibliographie.....	30
Annexes.....	32
Annexe 1 – Synthèse des simulations réalisées sur le lot n°1.....	32
Annexe 2 – Synthèse des simulations réalisées sur le lot n°2.....	34

## **1. RÉSUMÉ**

Au cours de ces deux premiers mois de stage, nous avons effectué plusieurs travaux.

Tout d'abord, nous avons commencé par une étude bibliographique des différents documents qui ont pu être rassemblés par les associations Ravenel et Recherches du Ravenel 2019/2020. Ceci nous a permis de prendre connaissance de notre sujet plus en détails et de nous en imprégner.

À partir de ces recherches bibliographiques, nous avons par la suite réalisé un listing des différentes épaves retrouvées suite au naufrage du « Ravenel ». Ces résultats ont été présentés dans un tableau comportant le type d'objet, la date et l'heure de leur découverte, la position géographique où ils ont été trouvés.

Ce tableau a pu ensuite être complété à l'aide de simulations réalisées à partir du modèle MOTHY. Lors de ces simulations, nous sommes partis des différents débris retrouvés pour essayer d'obtenir une localisation possible du chalutier lors de son naufrage. Ces simulations nous ont pris du temps car il nous aura fallu au fur et à mesure trier les différentes informations obtenues et sélectionner les simulations les plus pertinentes afin de couvrir au mieux la zone supposée du naufrage. Nous avons finalement sélectionné 4 objets, et nous avons rangé dans des tableaux les simulations des trajectoires de ces objets à différentes dates et heures afin de pouvoir les comparer.

## **2. OBJECTIF DU STAGE**

Fin janvier 1962, le chalutier « Ravenel » a mystérieusement disparu au large de Saint-Pierre-et-Miquelon, comptant à son bord 15 marins. L'épave n'a jamais été retrouvée mais des objets provenant du navire ont été découverts sur la côte de Terre-Neuve.

L'objectif de ce stage est de déterminer une zone probable où peut se trouver l'épave du chalutier « Ravenel ».

Différents outils ont été mis à notre disposition pour le bon déroulement des recherches du chalutier. Les premiers outils dont nous avons disposé sont les données regroupées depuis le naufrage par les associations. Ces données sont regroupées dans des Google Drive et nous ont permis de dresser la liste des débris du « Ravenel » et des lieux et dates où ils ont été retrouvés. Les associations ont aussi pu regrouper les relevés météorologiques manuscrits des jours encadrant la disparition du chalutier.

Un second outil que nous avons eu à notre disposition est le modèle MOTHY. Ce modèle est utilisé au Centre National de Prévisions de Météo-France pour prévoir les dérives en mer de nappes de pétrole ou d'objets flottants. Sa version « rebours » permet de remonter dans le temps et d'indiquer d'où peut venir un objet qui a dérivé en mer. Il a notamment été utilisé avec succès pour retrouver des épaves d'avion.

De plus, le Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT) dispose de réanalyses de l'atmosphère à partir de septembre 1957 (ERA-40 et ERA-20C) et de l'océan à partir de 1958 (ORAS5). Ces données seront comparées et utilisées pour forcer le modèle MOTHY.

### **3. INTRODUCTION**

Dans le contexte de la crise sanitaire du coronavirus, notre stage qui aurait dû se dérouler à METEO-FRANCE a été effectué en télétravail pour les mois d'avril et de mai 2020.

En effet, quelques semaines avant le commencement du stage, la pandémie de COVID-19 apparaît en France et le 17 mars 2020 (soit quelques jours avant le début du stage), la France entre dans une phase de confinement. Compte tenu des consignes de confinement en vigueur, l'accueil de stagiaires n'était plus possible et le télétravail s'est imposé pour pouvoir maintenir ce stage en attendant que la situation s'améliore.

Le « Ravenel » était un chalutier de grande pêche appartenant à la Société de Pêche et de Congélation de Saint-Pierre (SPEC). Il fut construit en 1961 aux chantiers de Saint-Malo, France.



**Figure 1** - Photographie du chalutier "Ravenel" disparu au large de Saint-Pierre-et-Miquelon en 1962

Le 21 janvier 1962, le chalutier appareille pour une durée d'environ une semaine pour pêcher au Sud-Ouest du Grand Banc de Terre-Neuve. Le samedi 27 février à 14h<sup>1</sup>, le patron du « Ravenel » contacte son armateur pour lui annoncer que la pêche n'a pas été aussi fructueuse que ce qu'ils avaient espéré. Le patron du chalutier manifeste alors le désir de faire un crochet par le Banc de Saint-Pierre pour tenter quelques traits de chalut supplémentaires. L'armateur accepte mais lui demande d'être rentré avant le 29 janvier.

---

1 Sauf précision, toutes les heures sont des heures locales.

Le dimanche 28 janvier 1962 vers 9h30, plusieurs personnes à Saint-Pierre entendent un appel du « Ravenel » au chalutier le « Galantry » mais le contact ne s'établit pas. Dans la même journée à 14h, heure à laquelle les chalutiers de la société doivent être à l'écoute et recevoir les consignes, le « Ravenel » n'a pas parlé mais cela n'intrigue pas puisque les patrons des chalutiers négligent volontiers l'application de cette consigne. Cependant, lorsqu'à 18h le « Galantry » et l'armateur essaient tout deux d'entrer en contact avec le « Ravenel », ce dernier ne répond pas.

Le « Ravenel » avait annoncé son retour avant le 29 janvier 1962. Jusqu'à présent il n'y avait eu aucune inquiétude à son sujet. En effet, en étant en période hivernale, il arrivait assez souvent que des chalutiers ou autres navires aient leurs antennes brisées ou abîmées par le poids de la glace survenue à la suite des embruns, les empêchant ainsi de communiquer. Mais lorsque le 29 janvier 1962 à 15h le directeur de la SPEC n'a toujours aucune nouvelle du « Ravenel », il décide de demander à la base Aéronavale Américaine d'Argentia à Terre-Neuve d'alerter les pilotes susceptibles de survoler la zone où pourrait se trouver le chalutier.

Le lendemain, le « Ravenel » n'ayant émis aucun signal, la Société de Pêche et de Congélation (SPEC) alerte en plus des forces aériennes déjà déployées la veille tous ses bateaux auxquels vinrent s'ajouter des navires caboteurs et pêcheurs de Terre-Neuve, le bateau postal de Saint-Pierre et les avions de la Royal Canadian Air Force (RCAF) d'Halifax. Malgré toutes les recherches effectuées, la présence du « Ravenel » ne fut décelée nulle part sur l'océan. Les recherches prendront fin le 3 février 1962.

Les jours suivants le naufrage présumé du chalutier, plusieurs débris furent recueillis sur la côte Sud-Ouest de la péninsule de Burin. Certains de ces objets furent identifiés comme ayant appartenu au « Ravenel » ou à des marins du « Ravenel ».

Depuis, certaines recherches ont été effectuées comme des plongées, des explorations en scaphandre ou des recherches à l'aide de sonar mais le lieu du naufrage n'a jamais été déterminé avec précision et aucun des corps des marins à bord ne fut retrouvé.

C'est la position du naufrage que nous allons, lors de ce stage, essayer d'établir. Une fois qu'une zone probable où peut se trouver l'épave du chalutier sera établie, cela permettra de mieux cibler les prochaines recherches.

## **4. DESCRIPTION DU MODÈLE**

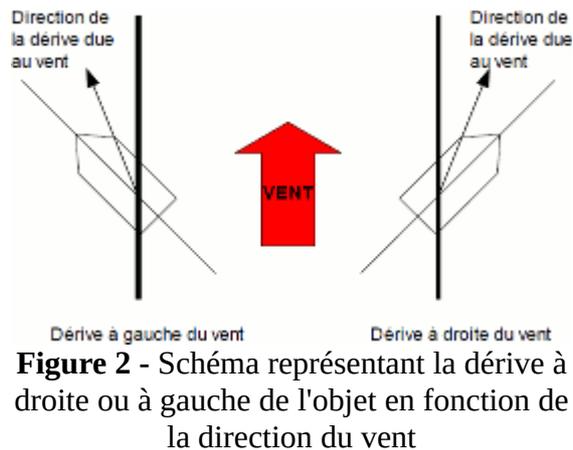
Afin de trouver une position probable du Ravenel, nous avons utilisé le modèle MOTHY (Modèle Océanique de Transport d'HYdrocarbures) développé par la division Marine et Océanographique de METEO-FRANCE à partir des années 1990. Le système MOTHY se compose d'un modèle hydrodynamique d'océan et de trois modules de calcul de dérive : hydrocarbures, conteneurs et autres objets flottants. Forcé par des données issues de modèles atmosphériques et parfois océaniques, ce modèle est utilisé pour prévoir la dérive en mer de nappes de pétrole ou d'objets flottants. Deux techniques sont utilisées pour prévoir la dérive d'objets flottants : le modèle MOTHY classique et le modèle MOTHY-leeway.

Dans le cadre du stage, nous avons choisi pour nos simulations, le modèle MOTHY-leeway et la dérive à rebours. En effet, nous ne connaissons que l'heure de la découverte de l'objet. La dérive à rebours va permettre, à partir de cette heure de découverte, de trouver d'où vient l'objet dérivant.

### **4.1. Le modèle MOTHY-leeway**

Le modèle MOTHY-leeway [7] est sorti en septembre 2009. Cette version du modèle est basée sur le résultat d'expérimentations en mer, menées par le service des Gardes Côtes américain [5], et mis en œuvre selon une technique élaborée par le service météorologique norvégien [10].

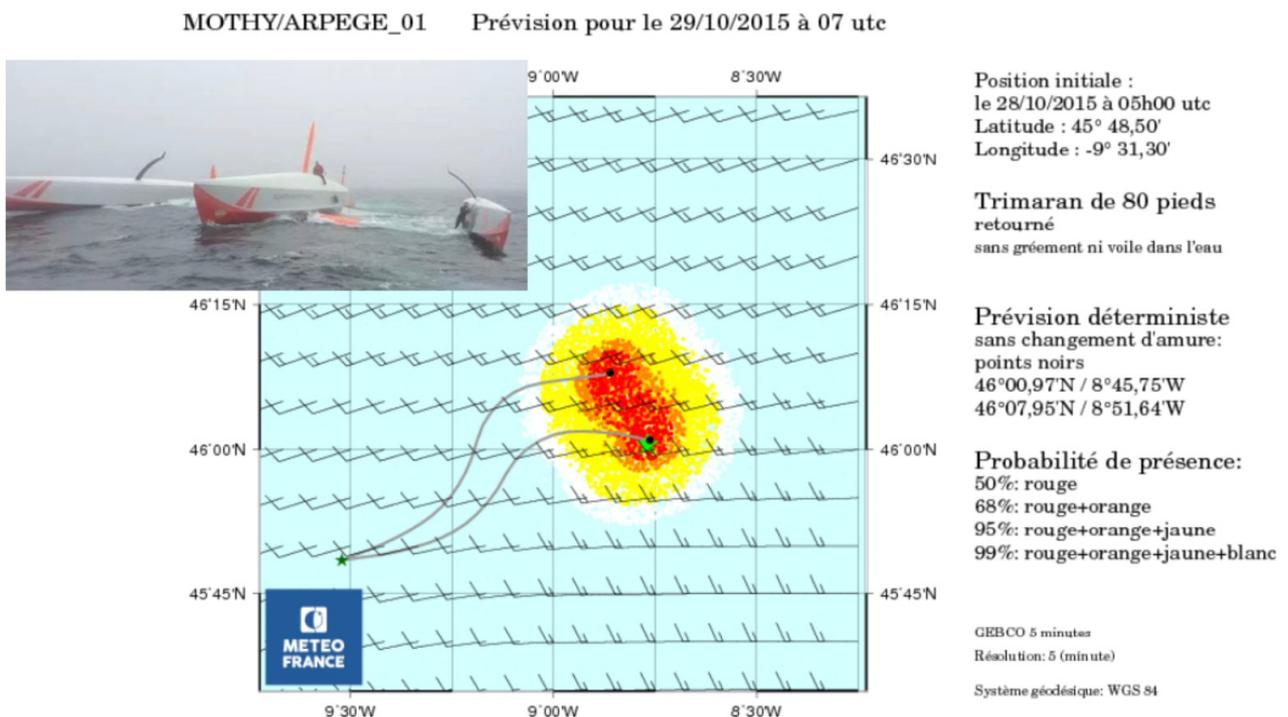
Ce modèle simule la dérive d'un grand nombre d'objets (8670 dans la version utilisée ici) dont les caractéristiques suivent une distribution statistique ce qui permet d'associer une probabilité aux prévisions de dérive. Les expériences ont montré que de petites différences dans l'orientation initiale de l'objet par rapport au vent peuvent conduire à une dérive soit à droite, soit à gauche de la direction du vent - les deux dérives ayant la même probabilité. L'orientation initiale étant généralement inconnue, la prévision est donc obligée de tenir compte de ces deux possibilités, ce qui conduit à deux zones de recherche. Mais ces deux positions ne sont pas stables. En effet, l'objet peut changer d'amure sous l'effet des conditions environnementales (principalement les vagues). Une fréquence de 4% par heure est recommandée [13] pour tenir compte de ces changements d'amure dans une simulation stochastique.



**Figure 2** - Schéma représentant la dérive à droite ou à gauche de l'objet en fonction de la direction du vent

Les deux probabilités de dérive sont représentées par deux points noirs (voir **Figure 3** en exemple ci-dessous) qui dérivent. Dans la dérive de ces deux points noirs, seule l'incertitude sur l'orientation initiale est prise en compte. 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 couleurs de ces points correspondent à une probabilité de présence selon la description suivante :

- 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



**Figure 3** - Exemple de simulation MOTHY-leeway [8] : Chavirage du trimaran Maxi 80 Prince de Bretagne dans le Golfe de Gascogne (dérive parfaitement prévue par MOTHY)

Lors de nos simulations avec le modèle MOTHY-leeway, nous avons utilisé la cible « débris de navire de pêche » incluant les objets suivants : un gilet de sauvetage, une bouée de sauvetage, des boules de pêche en verre, un couvercle de boîte de pêche et une planche en bois [5]. Les coefficients de dérive de ces objets sont issus d'une étude japonaise [9].

#### **4.2. Le modèle MOTHY externe**

Compte tenu des consignes de confinement en vigueur, nous n'avions pas accès au site de METEO-FRANCE. Nous avons donc utilisé le modèle MOTHY externe mis à notre disposition, c'est-à-dire que les simulations de dérives d'objet étaient effectuées sur un serveur hors réseau Météo-France. Ce serveur nous a permis de réaliser nos simulations à distance malgré des capacités de calcul limitées.

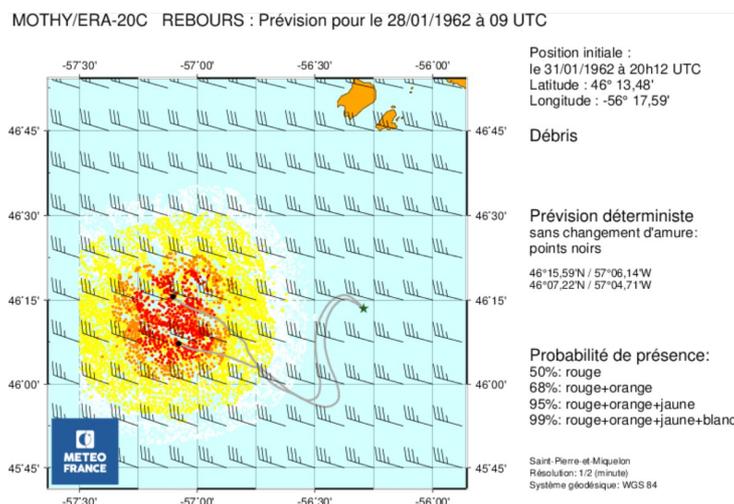
## 5. DESCRIPTION DES DONNÉES

### 5.1. Données d'échouement des débris

Dans un premier temps, il nous a fallu étudier les documents récoltés par les différentes associations : Ravenel et Recherches du Ravenel 2019/2020. Grâce à Nicolas Cormier, les documents récoltés par les deux associations ont pu être facilement accessibles car regroupés sur deux Drives. Nous avons aussi eu accès à certaines données du DRASSM [11] grâce à Cécile Sauvage [12] ce qui nous a permis d'approfondir nos recherches.

Le but de cette étude bibliographique était d'obtenir un maximum d'informations sur les débris retrouvés. Nous avons dressé un premier tableau à partir de ces débris. Mais au moment de commencer à réaliser les simulations de dérive de ces objets, nous nous sommes rendus compte qu'une partie de ces objets ne pouvaient pas être étudiée (absence de date, d'heure ou encore de lieu de découverte). Nous avons donc tout d'abord gardé les objets dont les simulations étaient possibles.

Une fois ces premières simulations réalisées, certains objets ne dérivait pas vers les terres comme la majorité mais semblaient se perdre en pleine mer. Nous avons donc choisi de laisser ces objets de côté. De plus, la plupart de ces objets qui dérivait de façon peu plausible étaient des objets aperçus durant les recherches aériennes mises en œuvre pour retrouver le chalutier. Puisque ces débris n'ont été qu'aperçus, rien ne permettait de certifier qu'ils aient appartenu au « Ravenel ».



**Figure 4** - Exemple de simulation dont la dérive ne semblait pas plausible

Après n'avoir gardé que les simulations qui semblaient converger vers une même zone et recadré nos simulations afin de pouvoir les comparer facilement, nous avons décidé de créer et

garder deux lots différents :

- Le lot n°1, comprenant deux débris (l'objet 4 et l'objet 6 de notre tableau, voir **Annexes**). Les objets que nous avons étudiés dans ce premier lot se sont échoués autour de Lories et sont les seuls dont nous sommes sûrs qu'ils proviennent du Ravenel (confirmation faite à partir de la carte de synthèse réalisée par la DRASSM).
- Le lot n°2, que nous avons établi à partir de la documentation que nous avons à notre disposition. Ce second lot a été modifié au fur et à mesure du stage. Nous avons en effet gardé dans ce lot les objets qui semblaient dériver dans la même direction. Dans ce second lot, nous ne sommes pas sûrs de l'appartenance de tous les débris au chalutier.

## **5.2. Données atmosphériques (vent)**

L'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon possède un climat très particulier. En effet, l'archipel est balayé par de nombreuses perturbations qui circulent rapidement d'ouest en est. Il pleut souvent, avec de la neige en hiver, et il y a souvent du brouillard ainsi que du vent. Le vent y est généralement fort. Il y a 156 jours de vents forts chaque année, principalement d'octobre à avril.

La température moyenne annuelle est de 5,7°C, mais elle varie considérablement entre le mois le plus chaud (19°C en juillet) et le mois le plus froid (-3,2°C en février). Le froid est régulièrement responsable du gel des terres (120 jours par an) mais l'océan ne gèle que tous les 10 ans. La violence du vent peut également aggraver les changements de températures.

Lors de nos recherches bibliographiques, nous avons obtenu des informations au sujet des conditions météorologiques lors du naufrage du « Ravenel ». Nous avons notamment relevé les informations suivantes concernant les vents :

- Samedi 27 janvier 1962 :
  - matinée : vent Nord-Ouest à Sud-Ouest, 10 à 20 nœuds
  - après-midi : vent Sud puis Ouest, 30 à 40 nœuds.
  - soirée : tempête vent d'Ouest, 40 à 50 nœuds, rafales à 60 nœuds
- Dimanche 28 janvier 1962 :
  - nuit et matinée : vent Nord-Ouest, 30 à 40 nœuds, rafales à 60 nœuds
  - après-midi : vent d'Ouest, 30 nœuds
  - soirée : vent d'Ouest, 30 nœuds

Nous avons aussi à notre disposition les données atmosphériques du centre ECMWF [6] (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, CEPMMT en français) qui nous ont permis d'obtenir des réanalyses de l'atmosphère de l'année 1962. Ces données sont utilisées pour forcer le modèle MOTHY. ECMWF utilise ses modèles de prévisions et ses systèmes d'assimilation de données pour réanalyser les observations archivées, créant ainsi des ensembles de données cohérentes. Lors de nos simulations, nous avons la possibilité de sélectionner deux ensembles de données différents : les données ERA-40 et ERA-20C. Les données ERA-20C sont supposées meilleures que ERA-40 car elles sont plus récentes. En effet, ERA-20C est la première réanalyse du XXème siècle de ECMWF et sa principale différence avec ERA-40 est une assimilation des données en 4D-VAR au lieu de 3D-VAR. De plus, les données de ERA-20C sont tri-horaires, au lieu de hexa-horaires pour ERA-40.

Nous avons donc dans un premier temps comparé les résultats obtenus avec ERA-20C ainsi qu'avec ERA-40. Notant que dans la plupart des cas, les résultats étaient proches, voire similaires, nous avons décidé par la suite de n'utiliser que ERA-20C.

Dans un second temps, nous avons comparé les observations météorologiques trouvées dans les archives avec celles rentrées dans le modèle à partir de ERA-20C. Nous avons trouvé que les données correspondaient.

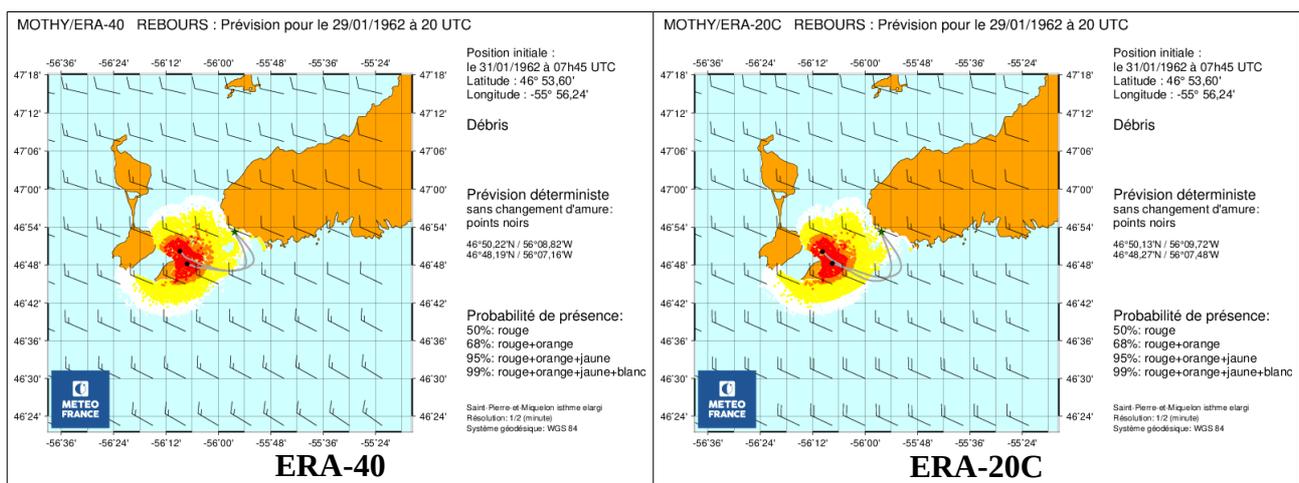
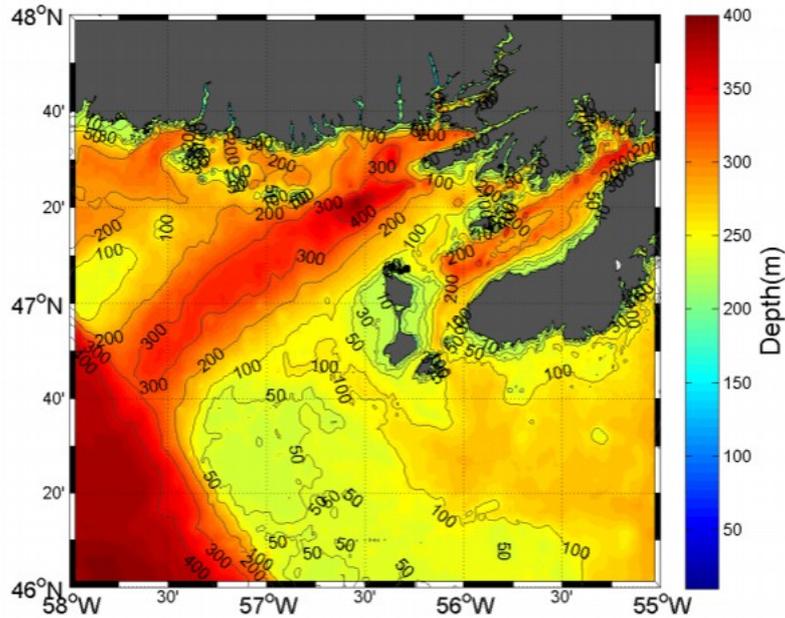


Figure 5 – Comparaison ERA-40 et ERA-20C avec l'objet 6, le 29 janvier 1962 à 20h

### 5.3. Données océaniques

#### 5.3.1. Bathymétrie

L'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon se trouve à l'extrémité Nord-Ouest du Grand Banc de Terre Neuve. Autour de l'archipel, les fonds sont très variables et les profondeurs augmentent assez rapidement lorsque l'on s'éloigne de la côte. Entre Saint-Pierre-et-Miquelon et la péninsule de Burin les profondeurs restent inférieures à 200m.



**Figure 6** – Bathymétrie [1] autour de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon et de la Péninsule de Burin

### 5.3.2. Courant dû au vent

L'énergie mécanique des vents est responsable des vagues et de la tension du vent sur la surface de la mer qui tend à entraîner l'eau de surface dans le lit du vent. Sous l'effet de la rotation de la Terre, un courant de surface, encore appelé courant de dérive se crée à droite de la direction du vent dans l'hémisphère nord. Avec les courants de marée, ce courant dû au vent est généralement un courant dominant sur les plateaux continentaux, surtout en hiver quand les vents sont forts.

### 5.3.3. Grande échelle

A proximité des côtes de Saint-Pierre-et-Miquelon, il n'existe que très peu d'informations sur les courants moyens. On trouve beaucoup plus au large deux courants marins majeurs : le Gulf Stream et le courant du Labrador qui n'impactent pas directement la circulation autour de l'archipel.

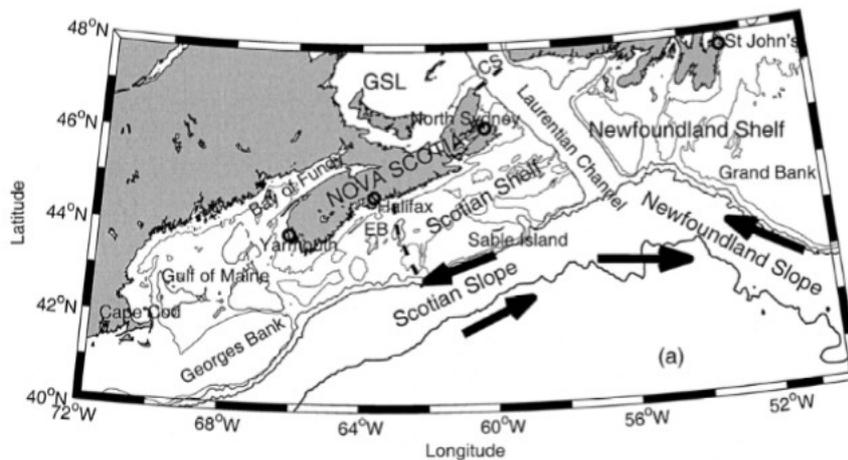
Le Gulf Stream est un courant océanique chaud s'écoulant d'ouest en est dans l'Atlantique Nord. Ce courant prend sa source entre la Floride et les Bahamas. Il longe alors les côtes américaines en direction du nord, pour finir sa course au large des côtes groenlandaises. Sa limite sud se dissipe rapidement dans l'océan, la température et la salinité sont donc très peu différentes. Au contraire, sa limite nord-ouest constitue la limite sud-ouest du courant du Labrador.

Le courant du Labrador est un courant océanique froid dans le nord de l'Atlantique. Il provient de l'Océan Arctique et se dirige vers le sud. Il est la continuation de deux courants : le courant occidental du Groenland et le courant de l'île de Baffin. Ce courant provoque un refroidissement des eaux des côtes qu'il borde. Les eaux de ce courant étant aussi moins salées, elles ont tendance à geler plus facilement.

#### 5.3.4. Marée

L'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon possède principalement une marée semi diurne, c'est-à-dire deux marées hautes et basses par jour. Le SHOM fournit les constantes harmoniques qui nous indiquent que l'onde principale semi diurne M2 possède une période de 12,42h et une amplitude de 60cm [1]. Cela donne un marnage moyen de 1,2m.

Au large de Saint-Pierre-et-Miquelon, la circulation générale est très inféodée au relief sous-marin. Sur la bordure du plateau de grand Banc au Nord-Est jusqu'au Georges Bank à l'ouest, un courant s'écoule vers le Sud puis vers l'Ouest. Plus au large, le courant s'inverse : il s'agit du Gulf Stream à l'ouest puis de courant Nord Atlantique à l'est. Cependant, il n'existe que très peu d'informations à proximité des côtes de l'archipel [1].

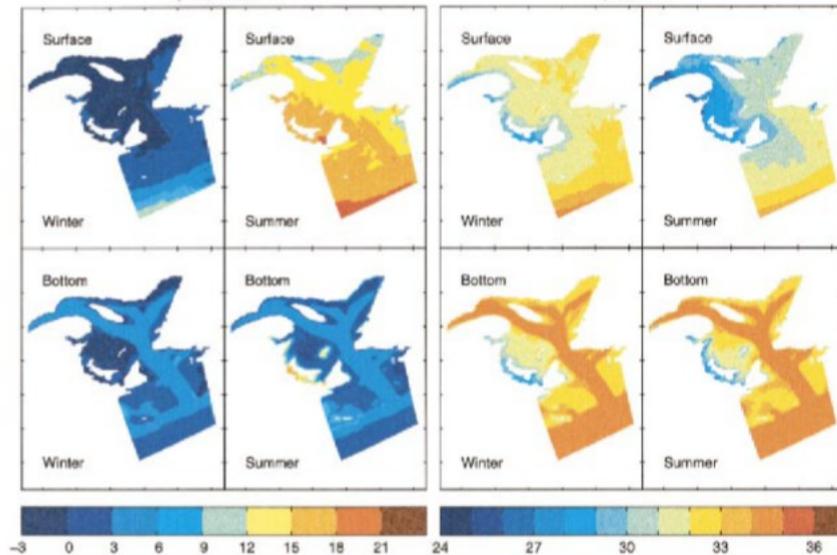


**Figure 7** – Circulation générale au Sud de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon d'après Han et al (1999) [14]

Pour réaliser nos simulations à partir du modèle MOTHY, nous avons eu besoin de connaître les horaires des marées des stations canadiennes, puisque la plupart des objets ont été trouvés sur la côte de la Péninsule de Burin. Mais les stations canadiennes qui nous intéressaient ne possédaient pas d'archive datant de l'année 1962. Nous avons donc utilisé les données du SHOM de Saint-Pierre-et-Miquelon.

#### 5.3.5. Hydrologie

En 1999, Han et al ont réalisé les cartes suivantes représentant la climatologie des températures et salinités en été et en hiver, en surface et au fond.



**Figure 8** – Climatologie des températures et salinités en été et en hiver, en surface et au fond, extrait de Han et al (1999) [14]

Nous pouvons remarquer qu'en hiver, les températures des eaux autour de l'archipel sont comprises entre 0 et 3°C en surface comme près du fond. En été, le réchauffement en surface induit des températures comprises entre 12 et 15°C en surface alors que les températures de fond demeurent comprises entre 0 et 3°C : les eaux sont stratifiées. La structure en salinité semble moins marquée par le cycle saisonnier. Tout au long de l'année, on note des salinités légèrement plus fortes au fond (32 psu) qu'en surface (31 psu) [1].

## 6. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Afin de discuter en détails des résultats, nous avons choisi de séparer la discussion des deux lots étudiés. Nous étudierons donc dans un premier temps le lot n°1 puis dans un second temps le lot n°2.

### 1. Discussion des résultats : lot n°1

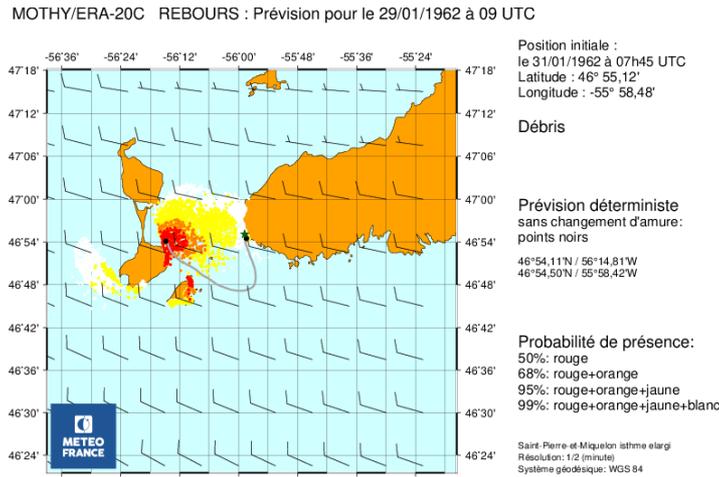
Le premier lot sur lequel nous avons travaillé est le lot dont les objets ont été certifiés appartenant au « Ravenel ». Ce premier lot comporte deux objets : l'objet 4 et l'objet 6. L'objet 4 correspond à une ceinture de sauvetage sur laquelle le nom « Ravenel » était inscrit. Cet objet a été retrouvé au Nord de Point May le matin du 31 janvier 1962. L'objet 6 rassemble plusieurs débris retrouvés près de Lories : une botte, une ceinture de sauvetage ainsi qu'un morceau d'étagère. Ces trois débris ont aussi été retrouvés le 31 janvier 1962 dans la matinée.

Dans les deux cas, nous avons défini l'heure d'arrivée des objets à la côte à 7h45 UTC car nous savons que les objets ont été retrouvés le matin et que 7h45 UTC correspond à l'heure de pleine mer du matin.

Types d'objets	Positions géographiques (latitude, longitude)	Date	Marée de Saint-Pierre-et-Miquelon, heure UTC	Simulation (oui/non, nom du fichier de sauvegarde, problème rencontré)
Ceinture de sauvetage marquée Ravenel	46,92°N 55,98°W	31/01/62	7h45	Oui objet4_ceinture_91h_era20c_carte
Une botte, une ceinture de sauvetage, un morceau d'étagère	Pointe de la Péninsule de Burin, près de Lories	31/01/1962	7h45	Oui objet6_botte_91h_era20c_carte  Estimation position : 46,90°N 55,94°W (Lories)

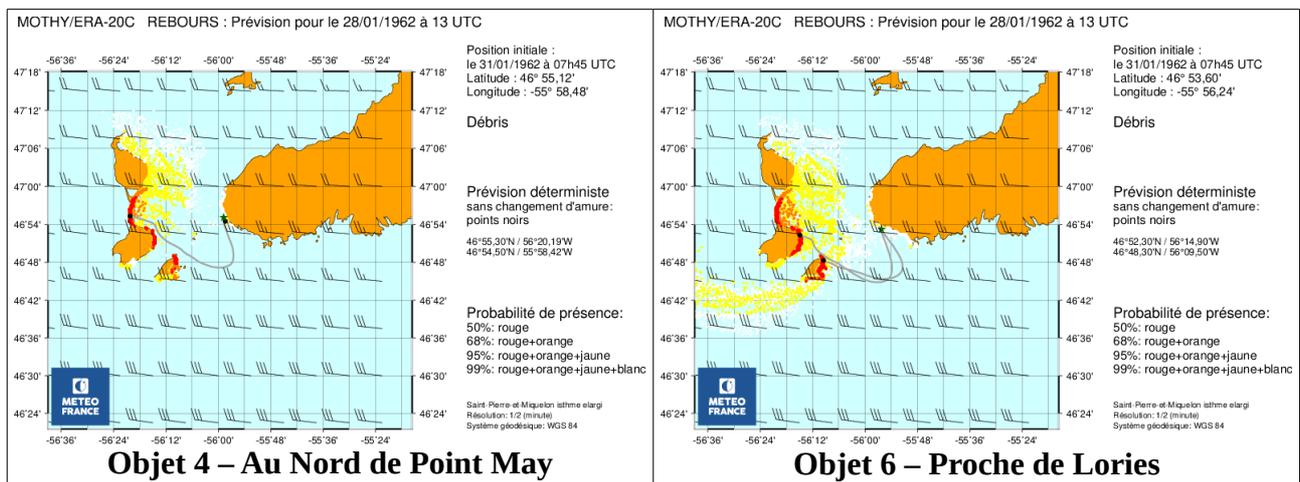
**Figure 9** – Tableau récapitulatif des différents débris regroupés dans le lot n°1

Afin de visualiser la dérive de ces objets, nous avons lancé, grâce au modèle MOTHY-leeway, une simulation de dérive sur 91h de ces objets. Nous avons alors choisi plusieurs heures de dérive afin de mieux visualiser les trajectoires de ces objets (voir tableau complet **Annexes**).



**Figure 10** - Exemple de simulation de l'objet 4, le 29 janvier 1962 à 9h UTC

Ces différentes simulations nous ont permis de comparer l'évolution des trajectoires des deux objets de ce lot ce qui peut nous permettre de remonter aux positions du chalutier lors de son naufrage. Il est donc intéressant de comparer les données trouvées dans la bibliographie avec celles simulées grâce au modèle MOthy. Dans la bibliographie, nous avons trouvé que le dernier appel du « Ravenel » avait été entendu le 28 janvier à 9h30 heure locale, soit 12h30 UTC. Nous savons de plus que les conditions météorologiques se sont dégradées dans la nuit du 27 janvier au 28 janvier. Nous pourrions donc dans un premier temps nous intéresser à la position des débris simulée par le modèle à ce moment-là.



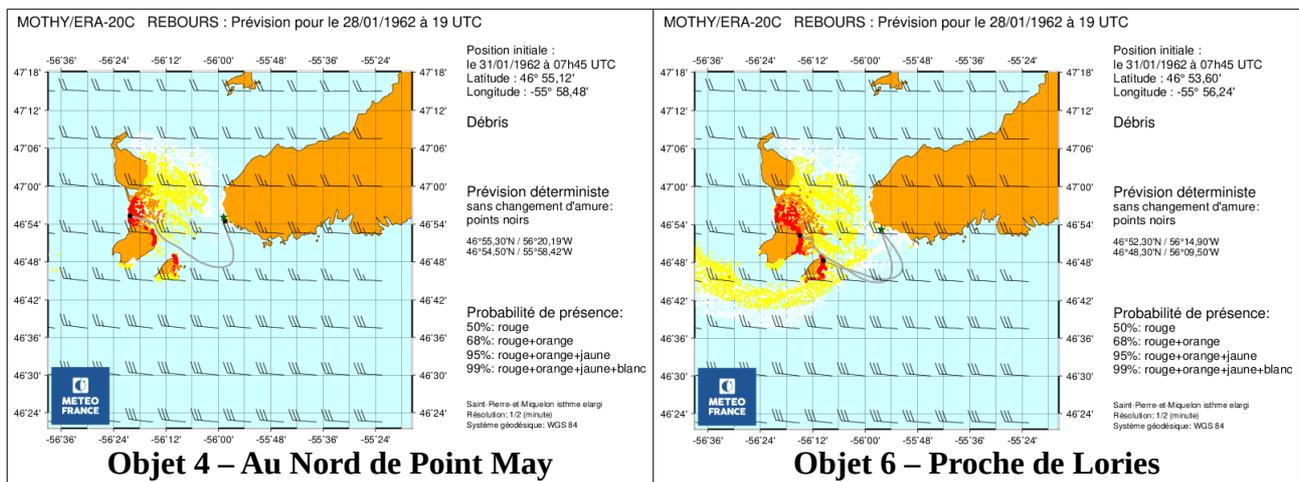
**Figure 11** – Comparaison des trajectoires des objets 4 et 6 le 28 janvier 1962 à 13h UTC

Les points noirs nous permettent d'obtenir deux trajectoires possibles dans le nuage de points rouges, nous allons donc plutôt nous concentrer sur les nuages de points. Cependant, nous

remarquons tout de même que les deux objets semblent s'échouer aux abords de Saint-Pierre-et-Miquelon (plutôt l'isthme pour l'objet 4 et Saint-Pierre ou Langlade pour l'objet 6).

Cependant nous pouvons remarquer que les probabilités de présence des deux objets semblent proches. En effet, les probabilités de présence ont l'air de se répartir sur les mêmes zones pour les deux objets : l'isthme, le nord-est de Saint-Pierre et le nord-est de Langlade. Dans ces cas-là, il semblerait que le navire ait coulé plus tard puisqu'il semble peu probable qu'il ait pu s'échouer sur ces côtes sans qu'aucun débris n'ait été retrouvé.

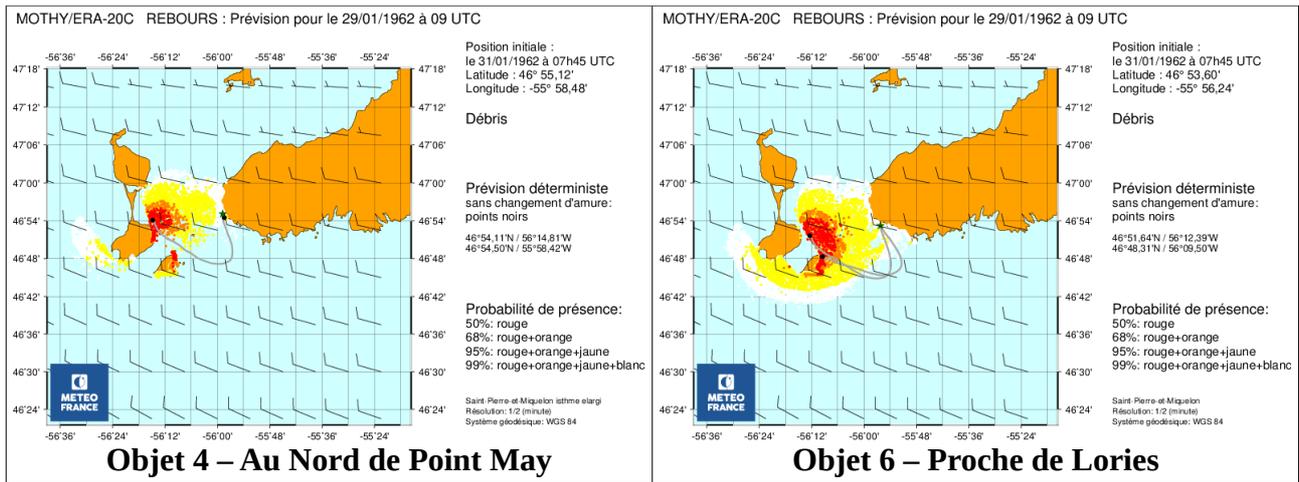
Nous avons choisi d'étudier les trajectoires du 28 janvier à 13h UTC car elles correspondent au dernier appel du « Ravenel ». Mais le navire aurait tout aussi bien pu s'échouer plus tard dans la journée. Nous pourrions alors comparer les trajectoires des deux objets le 28 janvier à 19h UTC.



**Figure 12** – Comparaison des trajectoires des objets 4 et 6 le 28 janvier 1962 à 19h UTC

Nous remarquons que les cartes ci-dessus sont proches de celles tracées le 28 janvier à 9h UTC. En effet, les points noirs sont placés de la même façon. Cependant, les probabilités de présence pour l'objet 6 semblent plus éloignées des terres. Cela peut peut-être permettre de réintroduire l'hypothèse selon laquelle le navire aurait coulé suite à un problème d'instabilité causé par l'accumulation de glace.

Mais il reste la possibilité que le navire se soit échoué le 29 janvier malgré le fait que le « Ravenel » n'ait pas donné de nouvelles depuis le 28 janvier matin. En effet, on peut émettre l'hypothèse que l'antenne du bateau n'ait pas survécu aux conditions météorologiques. Nous étudions donc la position des débris le 29 janvier à 9h UTC



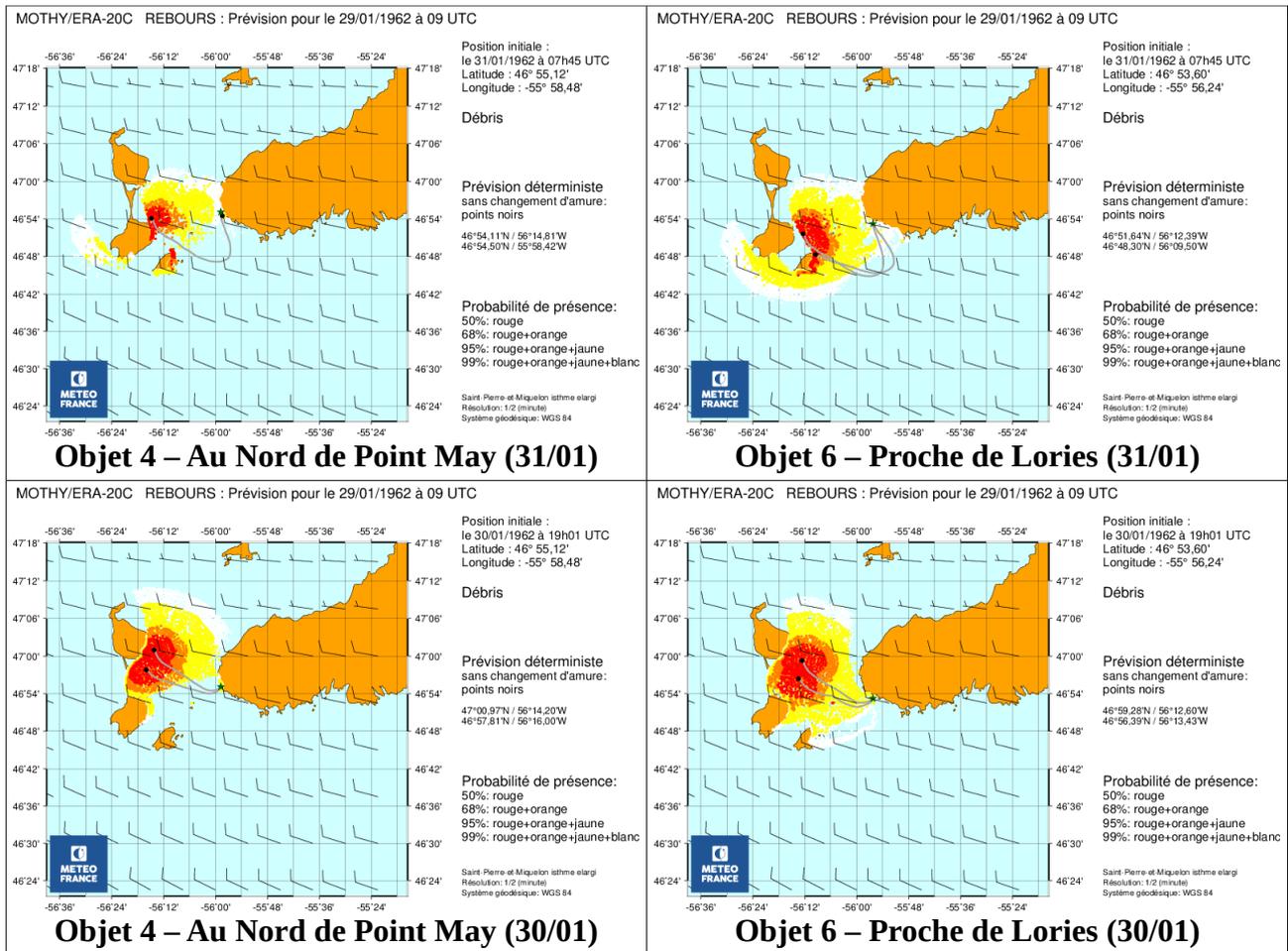
**Figure 13 – Comparaison des objets 4 et 6 le 29 janvier 1962 à 9h UTC**

Dans ce cas-là, en comparant les points noirs et les probabilités de présence, nous remarquons une zone qui se détache pour les deux objets : le nord-est de Langlade. Les points noirs ne touchent pas les terres, ce qui pourrait laisser présager à un naufrage en mer. De plus, le navire aurait alors dépassé le port de Saint-Pierre, ce qui pourrait permettre d'émettre l'hypothèse d'une erreur de trajectoire.

Nous pouvons donc dire d'après ces simulations que le lot n°1 semble nous permettre d'émettre l'hypothèse d'un naufrage ayant eu lieu proche de la côte est de Saint-Pierre-et-Miquelon, à l'ouest de l'Île Verte (Green Island).

Nous avons aussi cherché à savoir s'il était possible que les débris soient arrivés le 30 janvier avec la pleine mer du soir. En effet, comme les objets ont été découverts le 31 janvier au matin, il est possible que ce soit la pleine mer de la veille au soir qui les ait déposés.

Nous avons donc réalisé de nouvelles simulations avec ces deux mêmes objets mais en émettant l'hypothèse qu'ils étaient arrivés le 30 janvier à 19h01 UTC (heure de la pleine mer du soir). Nous pouvons comparer ces nouvelles simulations à celles réalisées précédemment pour le 29 janvier 1962 à 9h UTC. Nous avons préféré le 29 janvier au 28 janvier car le 28 janvier, les objets s'échouent sur la côte : le 29 janvier 1962 semble alors plus réaliste.



**Figure 14 – Comparaison des trajectoires des objets 4 et 6 suivant la date à laquelle ils se sont échoués**

Nous remarquons que la date à laquelle les objets se sont échoués influe sur les probabilités de présence. En effet, en émettant l'hypothèse que les objets 4 et 6 sont arrivés sur les terres avec la pleine mer du soir du 30 janvier, nous pouvons voir que les probabilités de présence se décalent vers le Nord de Saint-Pierre-et-Miquelon. Les probabilités de présence autour de Saint-Pierre sont alors nettement moins importantes au profit de celles de la côte est de Grande Miquelon.

L'arrivée des débris le 30 janvier au soir ne semble donc pas improbable.

## **2. Discussion des résultats : lot n°2**

Le second lot sur lequel nous avons travaillé est le lot dont les objets n'ont pas été certifiés appartenant au « Ravenel ». Dans ce second lot, nous avons quatre objets : l'objet 1, l'objet 2, l'objet 10 et l'objet 11.

Types d'objets	Positions géographiques (latitude, longitude)	Date	Marée de Saint-Pierre-et-Miquelon, heure UTC	Simulation (oui/non, nom du fichier de sauvegarde, problème rencontré)
Une bouée-couronne marquée au nom du navire, une brassière de sauvetage marquée au nom du navire, la porte intérieure de passerelle donnant accès à l'échelle de descente aux aménagements, le panneau inférieur d'une porte extérieure de passerelle, un panneau de cale, une botte de fabrication française, un soulier	Entre Point Crewe (46,95°N 55,99°W) et Lamaline (46,86°N 55,82°W)	31/01/1962	7h45	Oui  Point Crewe : objet1_bouee_91h_era20c_carte (31/01/1962)  Lamaline : objet2_bouee_91h_era20c_carte (31/01/1962)
Une porte intérieure du navire, des débris de panneaux de cale, bois de passerelle, étagère de carré	Entre Fortune (47,09°N 55,83°W) et Grand Bank (47,11°N 55,78°W)	01/02/1962	8h46	Oui  Fortune : objet10_porte_100h_era20c_carte_1  Grand Bank : objet11_porte_100h_era20c_carte_1

**Figure 15** – Tableau récapitulatif des différents débris regroupés dans le lot n°2

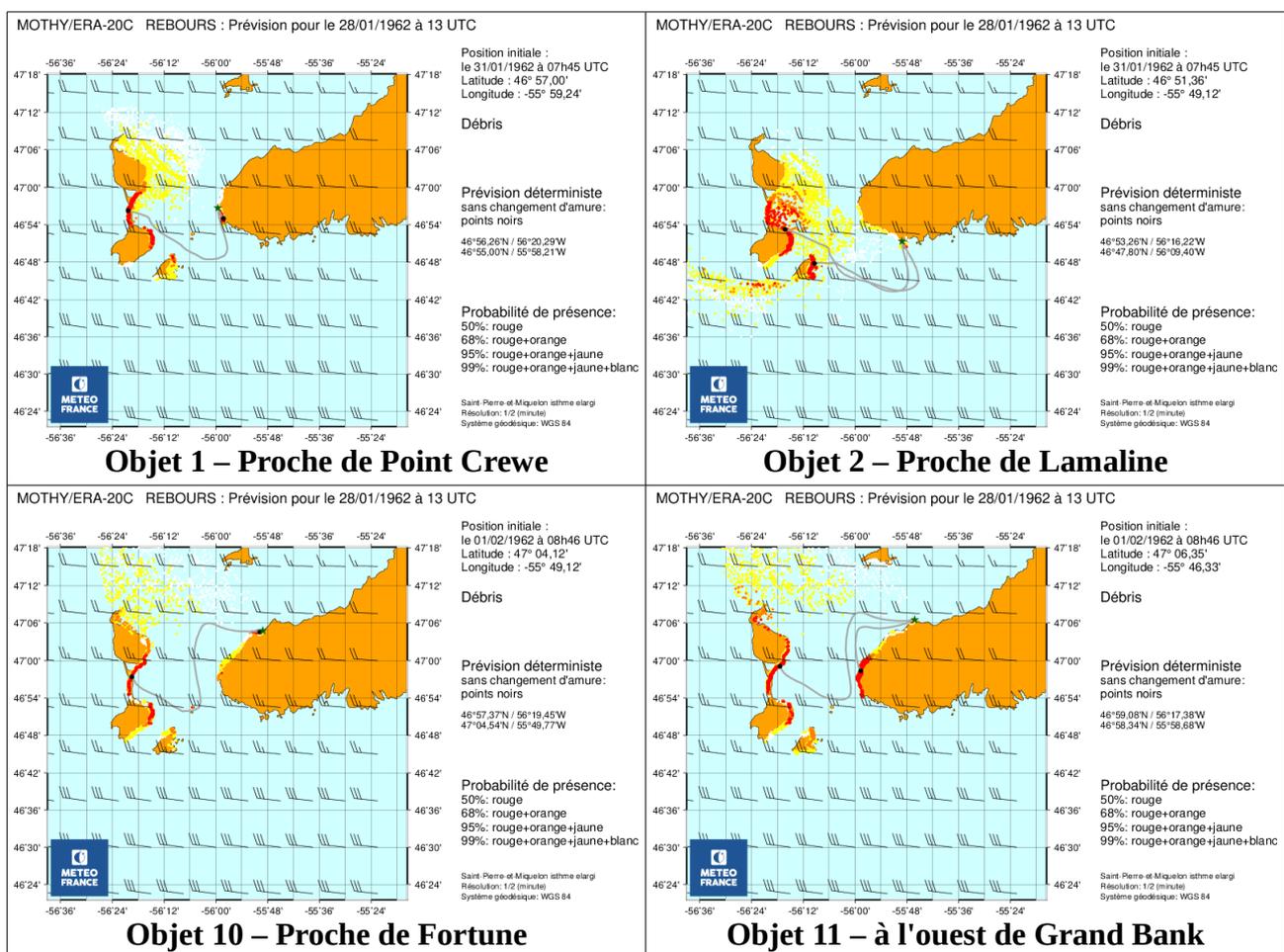
Les objets 1 et 2 correspondent aux mêmes débris : une bouée couronne marquée au nom du navire, une brassière de sauvetage marquée au nom du navire, une porte intérieure de passerelle donnant accès à l'échelle de descente aux aménagements, le panneau inférieur d'une porte extérieure de passerelle, un panneau de cale, une botte de fabrication française et un soulier. Tous ces objets ont été trouvés entre Point Crewe et Lamaline le matin du 31 janvier 1962. La différence entre les objets 1 et 2 est donc la position géographique : afin de couvrir toute la zone concernée, nous avons décidé d'attribuer à l'objet 1 une position proche de Point Crewe et à l'objet 2 une position proche de Lamaline.

Tout comme les objets 1 et 2, les objets 10 et 11 sont les mêmes mais se différencient par leur position géographique. Les objets 10 et 11 correspondent à une porte intérieure du navire, des

débris de panneaux de cale, des bois de passerelle, et une étagère de carré. Ces débris auraient été trouvés dans la matinée du 1er février 1962 entre Fortune (objet 10) et Grand Bank (objet 11).

Les objets de ce lot ayant été trouvés dans la matinée du 31 janvier et du 1er février, nous avons choisi de prendre pour les simulations l'heure de la pleine mer du matin de Saint-Pierre-et-Miquelon, soit 7h45 UTC pour le 31 janvier et 8h46 UTC pour le 1er février.

Pour les mêmes raisons que précédemment, nous allons comparer les différentes trajectoires obtenues à partir du modèle pour différentes dates et heures en commençant par le 28 janvier 1962 à 13h UTC (pour toutes les cartes de simulations, voir **Annexes**).



**Figure 16** – Comparaison des objets du lot n°2 le 28 janvier 1962 à 13h UTC

Nous remarquons que les probabilités de présence pour ce second lot sont réparties de façon similaire au premier lot. En effet, les zones où les probabilités semblent être les plus importantes sont aussi l'est de l'isthme, la côte est de Langlade et la côte est de Saint-Pierre. De plus, pour l'objet

11, les probabilités de présence semblent s'étendre jusqu'à Grande Miquelon comme c'était le cas avec le premier lot lorsque l'on choisissait de faire échouer les objets 4 et 6 le 30 janvier (la pleine mer du soir de la veille).

Les simulations de trajectoires étant proches, nous pouvons donc faire la même hypothèse que pour le premier lot : il semblerait que le navire ait coulé plus tard puisqu'il semble peu probable qu'il ait pu s'échouer sur ces côtes sans qu'aucun débris n'ait été retrouvé.

Nous étudions maintenant les simulations faites le même jour mais à 19h UTC en émettant la possibilité que le navire ait fait naufrage plus tard dans la journée du 28 janvier.

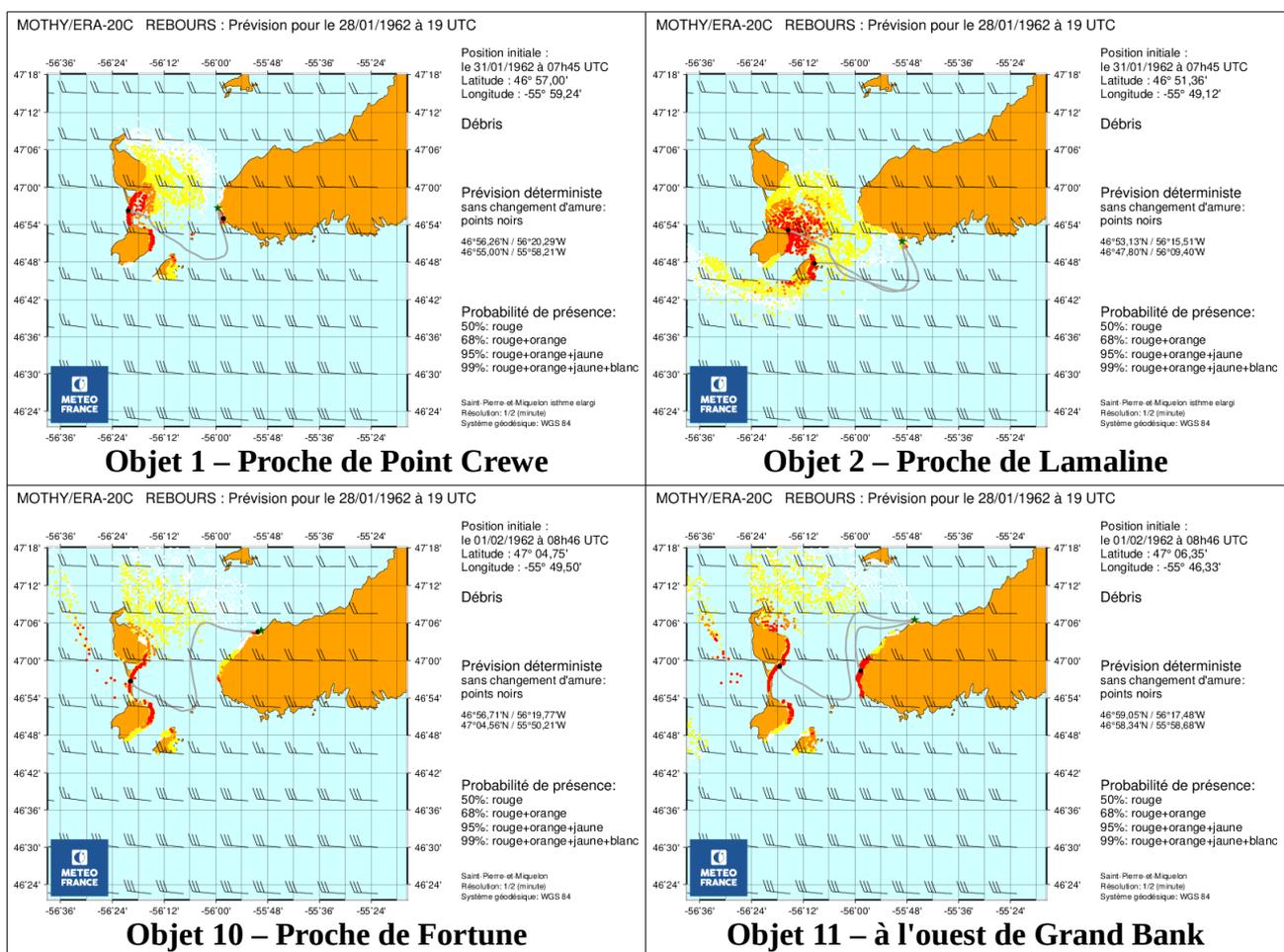


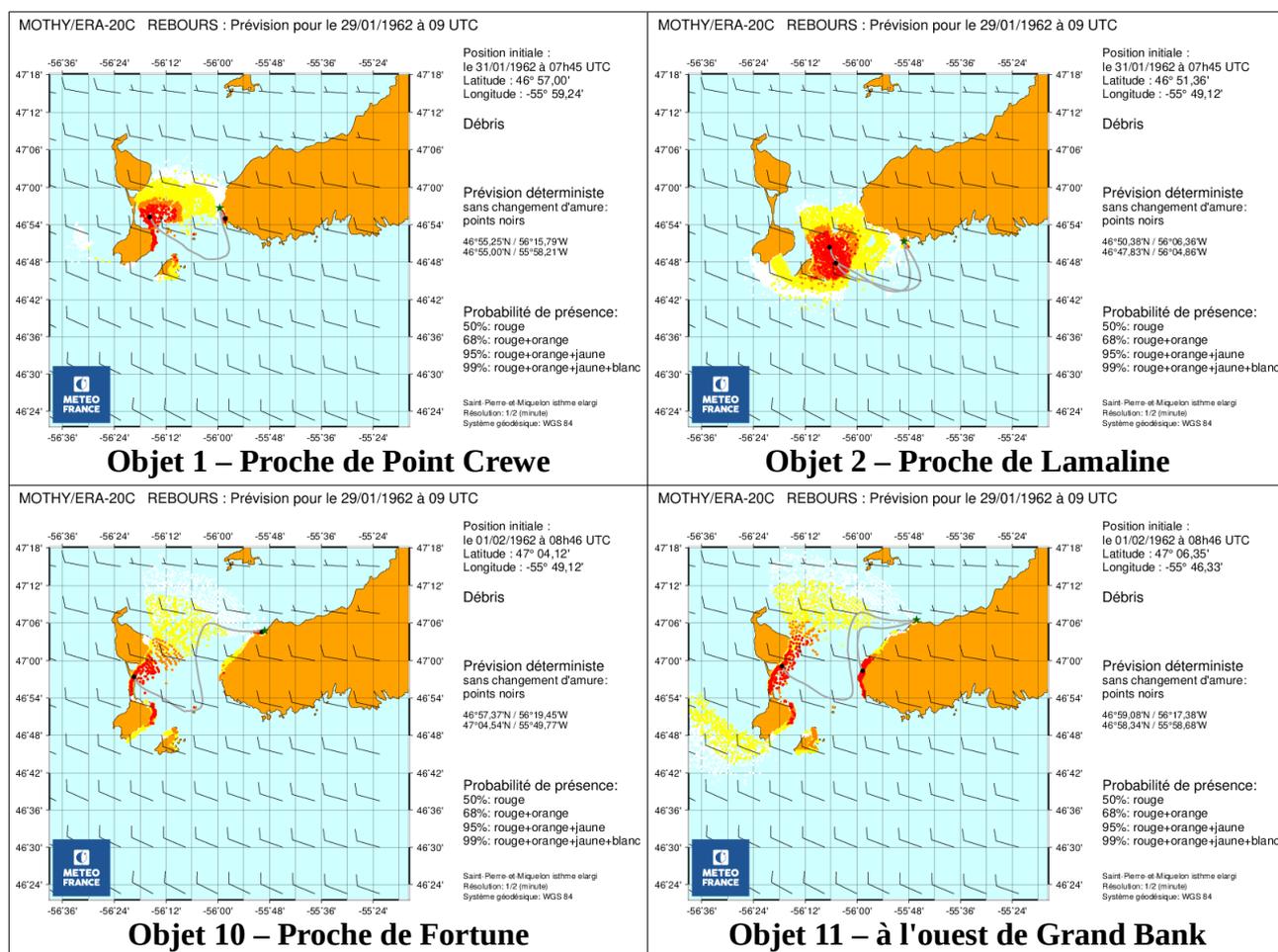
Figure 17 – Comparaison des objets du lot n°2 le 28 janvier à 19h UTC

Pour les objets 10 et 11, les trajectoires à 19h UTC sont quasi-identiques à celles de 13h UTC. Les probabilités de présence se concentrent toujours sur la côte est, de Saint-Pierre jusqu'à Grande Miquelon.

Pour les autres simulations (objets 1 et 2), les probabilités de présence en se concentrent plus sur la côte : nous les retrouvons aussi en mer mais toujours proches de la côte est. Comme précédemment, cela peut peut-être permettre de réintroduire l'hypothèse selon laquelle le navire aurait coulé suite à un problème d'instabilité causé par l'accumulation de glace.

De façon plus générale, les probabilités de présence sont notamment importantes proches de la côte est de l'isthme, du nord-est de Langlade et de la côte sud-est de Grande Miquelon.

Il reste encore la possibilité que le navire se soit échoué plus tard. Nous pourrions donc étudier et comparer les simulations de ce lot n°2 le 29 janvier 1962 à 9h UTC.



**Figure 18** – Comparaison des objets du lot n°2 le 29 janvier 1962 à 9h UTC

Cette fois-ci, les simulations ne donnent pas toutes le même résultat :

- les probabilités de présence des objets 10 et 11 semblent se concentrer sur le nord-est de

Langlade, l'isthme et le sud-est de Grande Miquelon comme c'était déjà le cas le 28 janvier.

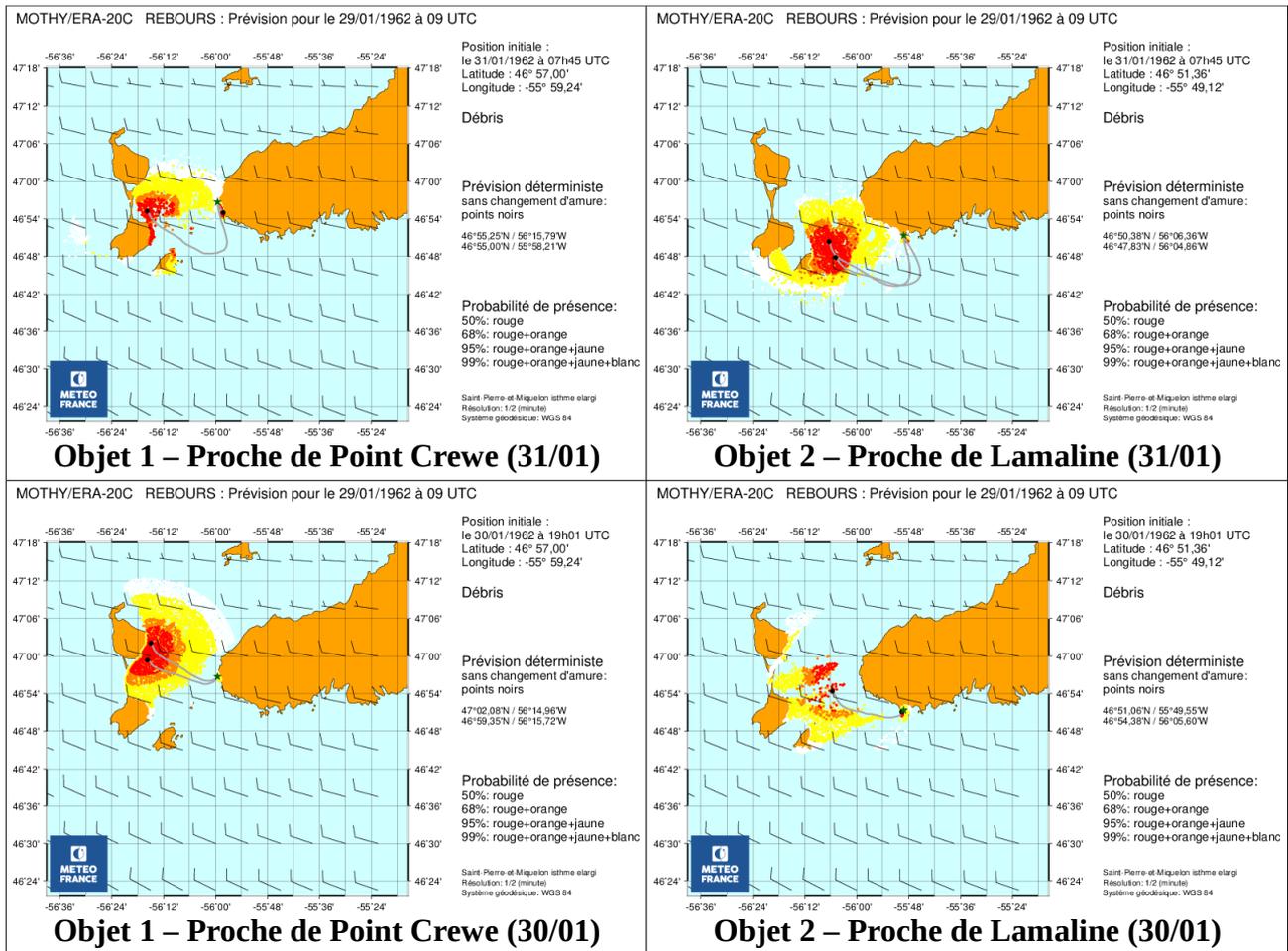
- les probabilité de présence de l'objet 2 semblent se concentrer en mer, proche de la côte est de Saint-Pierre et de Langlade.
- les probabilités de présence de l'objet 1 se répartissent en mer près de l'isthme mais aussi aux abords des terre de l'est de Langlade et du nord-est de Saint-Pierre.

Nous avons donc dans ce cas là des probabilités de présence assez diverses, même si elles continuent toujours à se concentrer aux abords de la côte est de Saint-Pierre-et-Miquelon.

Les dernières simulations que nous voulions comparer sont celles qui reviendraient à émettre l'hypothèse que les objets se sont échoués le soir de la veille de leur découverte.

Nous n'avons pas retenu les simulations dans le cas des objets 10 et 11 car elles semblaient très peu plausibles (les trajectoires des débris nous ramènent sur les terres au nord de la Péninsule de Burin). Cependant, nous pourrions étudier cette hypothèse pour les objets 1 et 2. Dans ce cas, les objets se seraient donc échoués le 30 janvier 1962 à 19h01 UTC (heure de la pleine mer du soir de la veille) puisqu'ils ont été découverts le 31 janvier au matin.

Nous choisissons de comparer les simulations du 29 janvier 1962 à 9h UTC car ce sont les plus pertinentes.



**Figure 19 – Comparaison des trajectoires des objets 1 et 2 suivant la date à laquelle ils se sont échoués**

Nous remarquons alors, comme pour le premier lot, que lorsque nous émettons l'hypothèse que l'objet se serait échoué la veille de sa découverte, les probabilités de présence se déplacent vers le nord-est de Saint-Pierre-et-Miquelon. Ces probabilités de présence semblent tout aussi plausibles que les précédentes, nous ne pouvons pas supprimer l'hypothèse selon laquelle les objets 1 et 2 seraient échoués le 30 janvier avec la pleine mer du soir et auraient été trouvés le lendemain matin.

## **7. CONCLUSION**

Ainsi, nous avons effectué la première partie de notre stage à Météo France en télétravail. Lors de ces deux premiers mois de stage, nous avons pu mettre en pratique nos connaissances acquises durant notre année en Master 1 Sciences de l'Océan, de l'Atmosphère et du Climat (SOAC). De plus, cela nous a permis d'avoir une première approche des difficultés réelles du monde du travail, notamment l'organisation liée à la crise sanitaire actuelle. Après avoir mis en place notre cadre de travail avec notre tuteur de stage, Pierre DANIEL, nous avons pu réaliser les premières missions de notre stage.

Chacune de ces tâches nous ont permis d'approcher de la localisation du chalutier Ravenel, disparu en janvier 1962. En effet, à l'issue de nos recherches bibliographiques et de nos différentes simulations de dérive d'objets nous avons pu mettre en lumière deux lots d'objets. Un premier lot avec des objets appartenant de façon certaine au chalutier et un second lot avec des objets dont l'appartenance au chalutier n'est pas certaine. Nous avons pu comparer la trajectoire possible des différents objets pour des dates et des heures différentes. Selon ces dates et heures définies, les trajectoires des objets diffèrent mais permettent tout de même de mettre en avant la côte est de Saint-Pierre-et-Miquelon comme zone possible du naufrage. Ces deux lots d'objets vont, pour la suite du stage, être la base des études probabilistes qui vont nous permettre de déterminer au mieux une position géographique possible du naufrage du chalutier.

Cette première partie de stage constitue déjà une expérience professionnelle valorisante et encourageante pour notre avenir. Ce fut une première expérience professionnelle, dans notre domaine d'étude, enrichissante et complète qui nous conforte dans notre avenir professionnel.

## **8. PERSPECTIVES**

Maintenant que nous avons défini deux lots différents, il va nous falloir dans un premier temps nous intéresser à l'étude probabiliste des débris afin de définir au mieux une zone de recherche pour retrouver l'épave du chalutier. Nous étudierons pour cela les deux lots précédemment formés :

- Lot n°1 : calculs avec les objets qui sont certifiés appartenant au Ravenel.
- Lot n°2 : calcul avec tous les objets susceptibles d'appartenir au Ravenel.

Dans un second temps, si possible, il serait intéressant d'étudier l'impact des courants de grande échelle en utilisant 10 ans de réanalyses océaniques fournies par Mercator-Océan International. En effet, nous avons jusqu'à présent réalisé nos simulations en ne prenant en considération que les forçages atmosphériques et les courants dus au vent.

## **9. BIBLIOGRAPHIE**

- [1] **P. Lazure, M. Lunven, J. Rodriguez.**  
*Étude de l'hydrodynamique de la Baie de Miquelon.*  
Ifremer, DYNECO/PHYSED N° 2011-01.
- [2] **Mathilde Decarnin.**  
*MOTHY ou comment prévoir la dérive des objets en mer ?*  
Mémoire technique de fin d'études, 2009.
- [3] **Denis Coiffier, Nicolas Guérin.**  
*Optimisation du modèle MOTHY pour les opérations de recherche et sauvetage en mer.*  
Rapport de stage de fin d'études, 2007.
- [4] **Karine Belleguic.**  
*Modélisation de dérive d'objets en mer.*  
Rapport de stage de fin d'études, 2005.
- [5] **Allen A. and J. Plourde**  
*Review of Leeway : Field Experiments and Implementation*, 1999.  
Technical Report CG-D-08-99, US Coast Guard Research and Development Center, USA.
- [6] **ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts).**  
*Browse reanalysis datasets.*  
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/browse-reanalysis-datasets>
- [7] **MOTHY (Modèle Océanique de Transport d'HYdrocarbures).**  
*Documentation MOTHY – cibles SAR.*  
<http://www.meteorologie.eu.org/mothy/doc/sar/index.html>
- [8] **MOTHY (Modèle Océanique de Transport d'HYdrocarbures).**  
*Dérive d'objets flottants.*  
<http://www.meteorologie.eu.org/mothy/sar/doc-mothy/leeway.html>
- [9] **Igeta, Yuzo, Tsuneo Suzuki and Haruo Sato.**  
*Experiment on the sea regarding distress and search of small fishing boat – I, 1982.*  
The Journal of Japan Institute of Navigation, N°68, pp. 103-112.
- [10] **Breivik O. and A. Allen.**  
*An operational search and rescue model for the Norwegian.*

Sea and the North Sea, 2008. Journal of Marine Systems, Volume 69, Issues 1-2, pp. 99-113.

- [11] **DRASSM (Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines)**

<https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Archeologie/Archeologie-sous-les-eaux>

- [12] **C. Sauvage.**

*Synthèse de la documentation relative à la perte du chalutier Ravenel, 2020.*

DRASSM, communication personnelle.

- [13] **Allen A.**

*Leeway divergence, USCG R&D center technical report CG-D-05-05. 2005.*

- [14] **Han GH, Loder, JW, Smith P.C.**

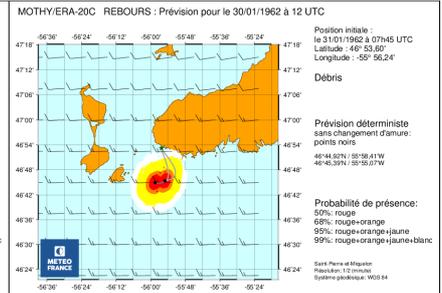
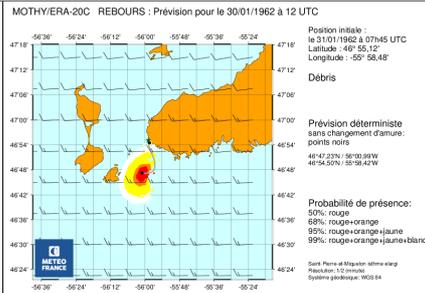
*Seasonal-Mean Hydrography and Circulation in the Gulf of St. Lawrence and on the Eastern Scotian and Southern Newfoundland Shelves, 1999.*

Journal of Phy. O., 1279-1301.

**Annexe 1 – Synthèse des simulations réalisées sur le lot n°1**

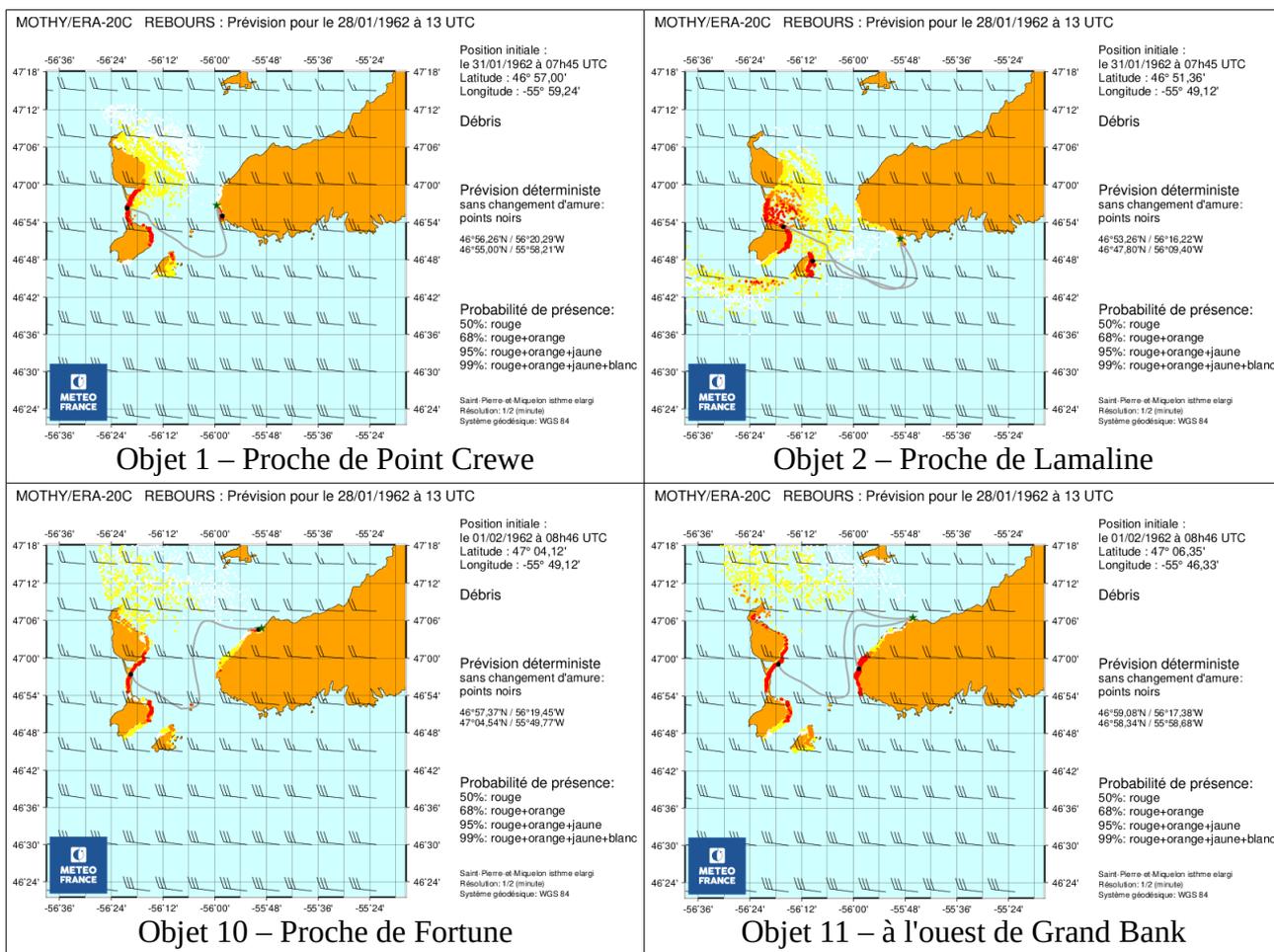
	<b>Objet 4 – Au Nord de Point May</b>	<b>Objet 6 – Proche de Lories</b>
<b>28 janvier à 13h UTC</b>	<p>MOTHY/EHA-20C REBOURS : Prévion pour le 28/01/1962 à 13 UTC</p> <p>Position initiale : le 31/01/1962 à 07h45 UTC Latitude : 46° 53,60' Longitude : -55° 58,48'</p> <p>Débris</p> <p>Prévion déterministe sans changement d'amure : points noirs</p> <p>48°15,30'N / 56°20,19'W 48°14,50'N / 55°58,42'W</p> <p>Probabilité de présence : 50%: rouge 65%: rouge-orange 95%: rouge-orange-jaune 99%: rouge-orange-jaune-blanc</p> <p>Sat. Pema et Miquet ultime élarg Résolution: 10 minutes Système géodésique: WGS 84</p>	<p>MOTHY/EHA-20C REBOURS : Prévion pour le 28/01/1962 à 13 UTC</p> <p>Position initiale : le 31/01/1962 à 07h45 UTC Latitude : 46° 53,60' Longitude : -55° 56,24'</p> <p>Débris</p> <p>Prévion déterministe sans changement d'amure : points noirs</p> <p>48°12,30'N / 56°14,50'W 48°13,30'N / 56°10,50'W</p> <p>Probabilité de présence : 50%: rouge 65%: rouge-orange 95%: rouge-orange-jaune 99%: rouge-orange-jaune-blanc</p> <p>Sat. Pema et Miquet ultime élarg Résolution: 10 minutes Système géodésique: WGS 84</p>
<b>28 janvier à 19h UTC</b>	<p>MOTHY/EHA-20C REBOURS : Prévion pour le 28/01/1962 à 19 UTC</p> <p>Position initiale : le 31/01/1962 à 07h45 UTC Latitude : 46° 53,60' Longitude : -55° 58,48'</p> <p>Débris</p> <p>Prévion déterministe sans changement d'amure : points noirs</p> <p>48°15,30'N / 56°20,19'W 48°14,50'N / 55°58,42'W</p> <p>Probabilité de présence : 50%: rouge 65%: rouge-orange 95%: rouge-orange-jaune 99%: rouge-orange-jaune-blanc</p> <p>Sat. Pema et Miquet ultime élarg Résolution: 10 minutes Système géodésique: WGS 84</p>	<p>MOTHY/EHA-20C REBOURS : Prévion pour le 28/01/1962 à 19 UTC</p> <p>Position initiale : le 31/01/1962 à 07h45 UTC Latitude : 46° 53,60' Longitude : -55° 56,24'</p> <p>Débris</p> <p>Prévion déterministe sans changement d'amure : points noirs</p> <p>48°12,30'N / 56°14,50'W 48°13,30'N / 56°10,50'W</p> <p>Probabilité de présence : 50%: rouge 65%: rouge-orange 95%: rouge-orange-jaune 99%: rouge-orange-jaune-blanc</p> <p>Sat. Pema et Miquet ultime élarg Résolution: 10 minutes Système géodésique: WGS 84</p>
<b>29 janvier à 9h UTC</b>	<p>MOTHY/EHA-20C REBOURS : Prévion pour le 29/01/1962 à 09 UTC</p> <p>Position initiale : le 31/01/1962 à 07h45 UTC Latitude : 46° 53,60' Longitude : -55° 58,48'</p> <p>Débris</p> <p>Prévion déterministe sans changement d'amure : points noirs</p> <p>48°15,11'N / 56°14,81'W 48°14,30'N / 55°58,42'W</p> <p>Probabilité de présence : 50%: rouge 65%: rouge-orange 95%: rouge-orange-jaune 99%: rouge-orange-jaune-blanc</p> <p>Sat. Pema et Miquet ultime élarg Résolution: 10 minutes Système géodésique: WGS 84</p>	<p>MOTHY/EHA-20C REBOURS : Prévion pour le 29/01/1962 à 09 UTC</p> <p>Position initiale : le 31/01/1962 à 07h45 UTC Latitude : 46° 53,60' Longitude : -55° 56,24'</p> <p>Débris</p> <p>Prévion déterministe sans changement d'amure : points noirs</p> <p>48°15,44'N / 56°12,39'W 48°16,31'N / 56°10,50'W</p> <p>Probabilité de présence : 50%: rouge 65%: rouge-orange 95%: rouge-orange-jaune 99%: rouge-orange-jaune-blanc</p> <p>Sat. Pema et Miquet ultime élarg Résolution: 10 minutes Système géodésique: WGS 84</p>
<b>29 janvier à 14h UTC</b>	<p>MOTHY/EHA-20C REBOURS : Prévion pour le 29/01/1962 à 14 UTC</p> <p>Position initiale : le 31/01/1962 à 07h45 UTC Latitude : 46° 53,60' Longitude : -55° 58,48'</p> <p>Débris</p> <p>Prévion déterministe sans changement d'amure : points noirs</p> <p>48°13,00'N / 56°14,01'W 48°14,50'N / 55°58,42'W</p> <p>Probabilité de présence : 50%: rouge 65%: rouge-orange 95%: rouge-orange-jaune 99%: rouge-orange-jaune-blanc</p> <p>Sat. Pema et Miquet ultime élarg Résolution: 10 minutes Système géodésique: WGS 84</p>	<p>MOTHY/EHA-20C REBOURS : Prévion pour le 29/01/1962 à 14 UTC</p> <p>Position initiale : le 31/01/1962 à 07h45 UTC Latitude : 46° 53,60' Longitude : -55° 56,24'</p> <p>Débris</p> <p>Prévion déterministe sans changement d'amure : points noirs</p> <p>48°13,56'N / 56°11,61'W 48°14,31'N / 56°10,50'W</p> <p>Probabilité de présence : 50%: rouge 65%: rouge-orange 95%: rouge-orange-jaune 99%: rouge-orange-jaune-blanc</p> <p>Sat. Pema et Miquet ultime élarg Résolution: 10 minutes Système géodésique: WGS 84</p>

30 janvier à 12h UTC

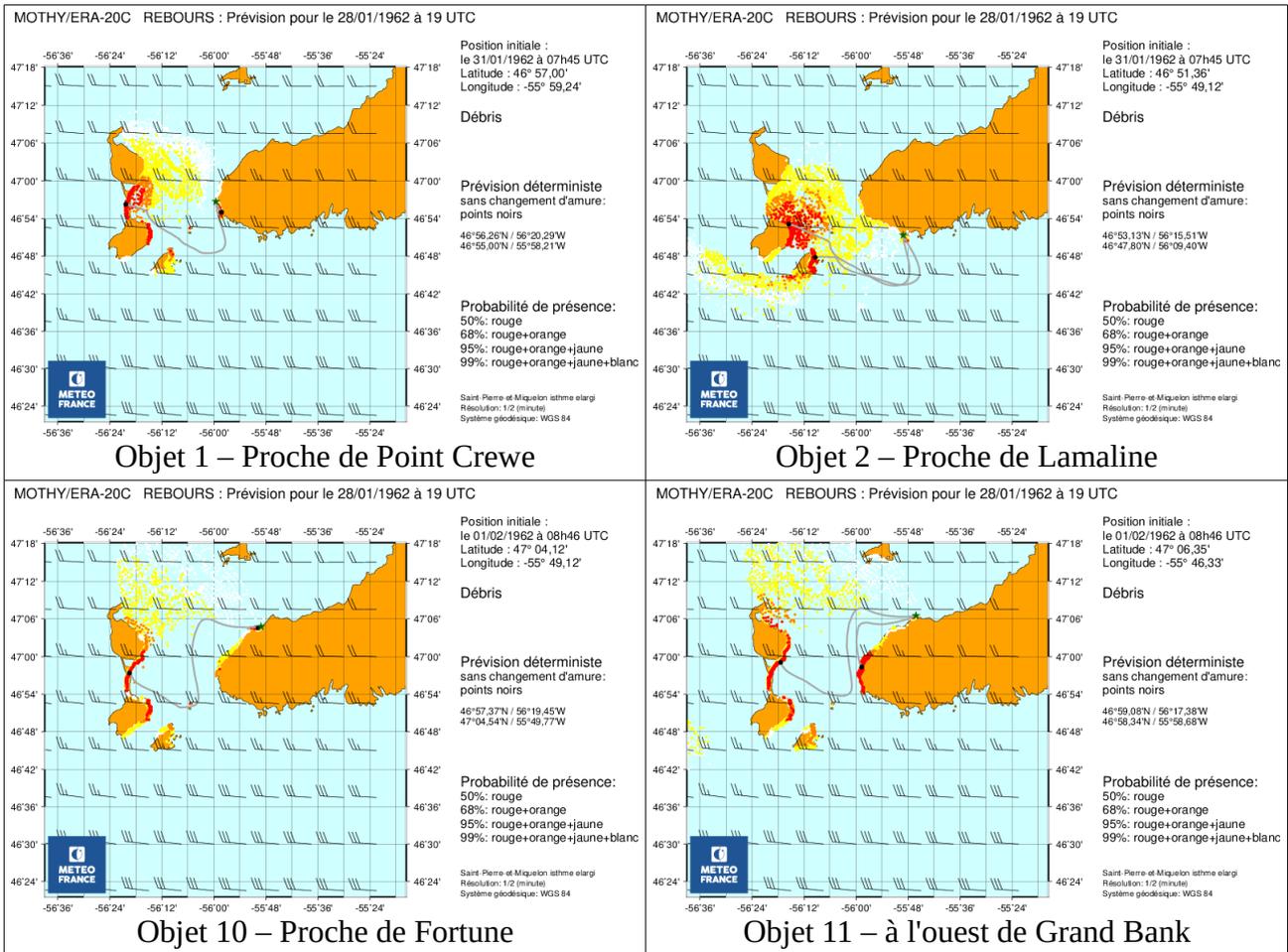


## Annexe 2 – Synthèse des simulations réalisées sur le lot n°2

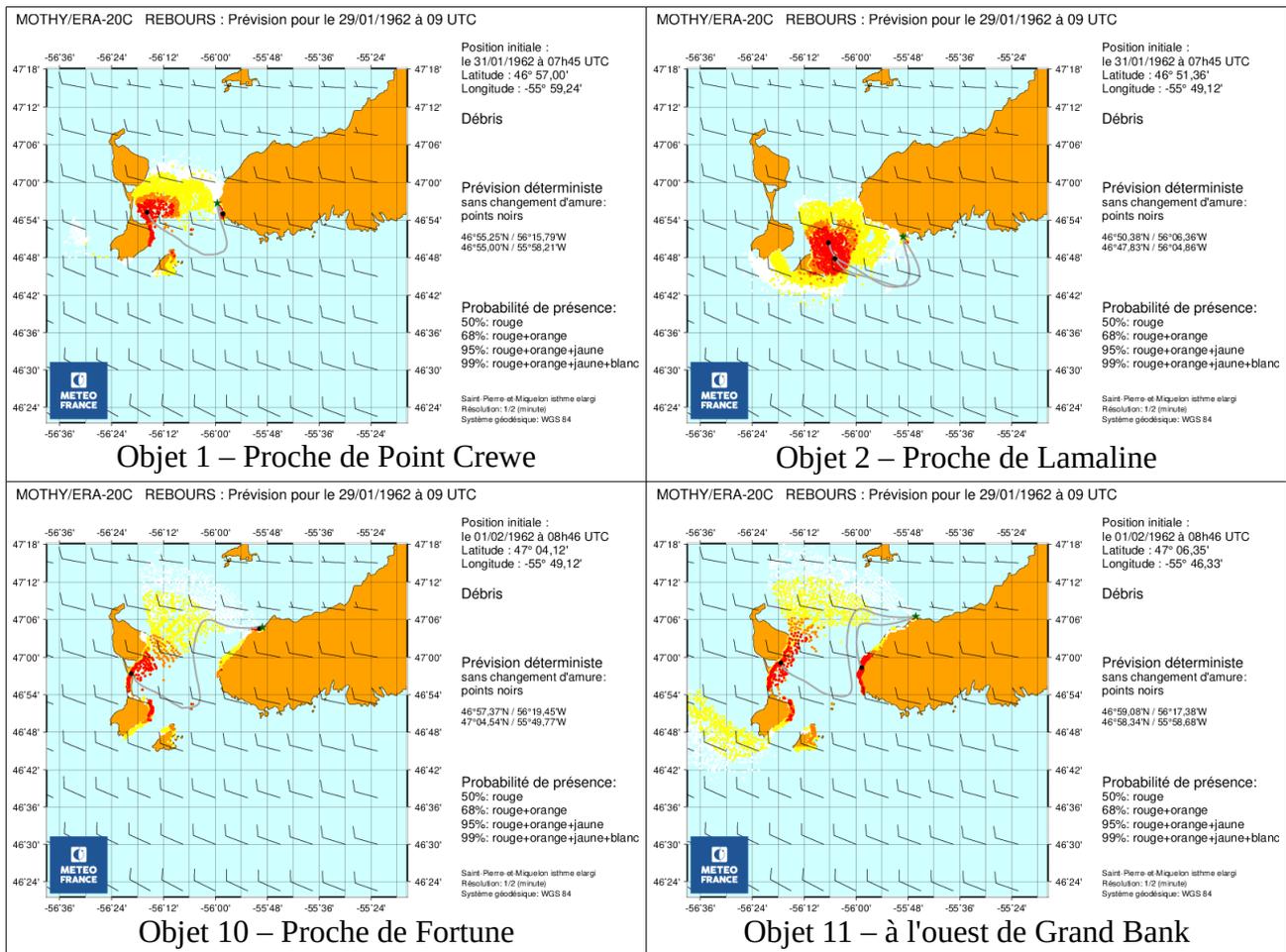
28 janvier 1962 à 13h UTC :



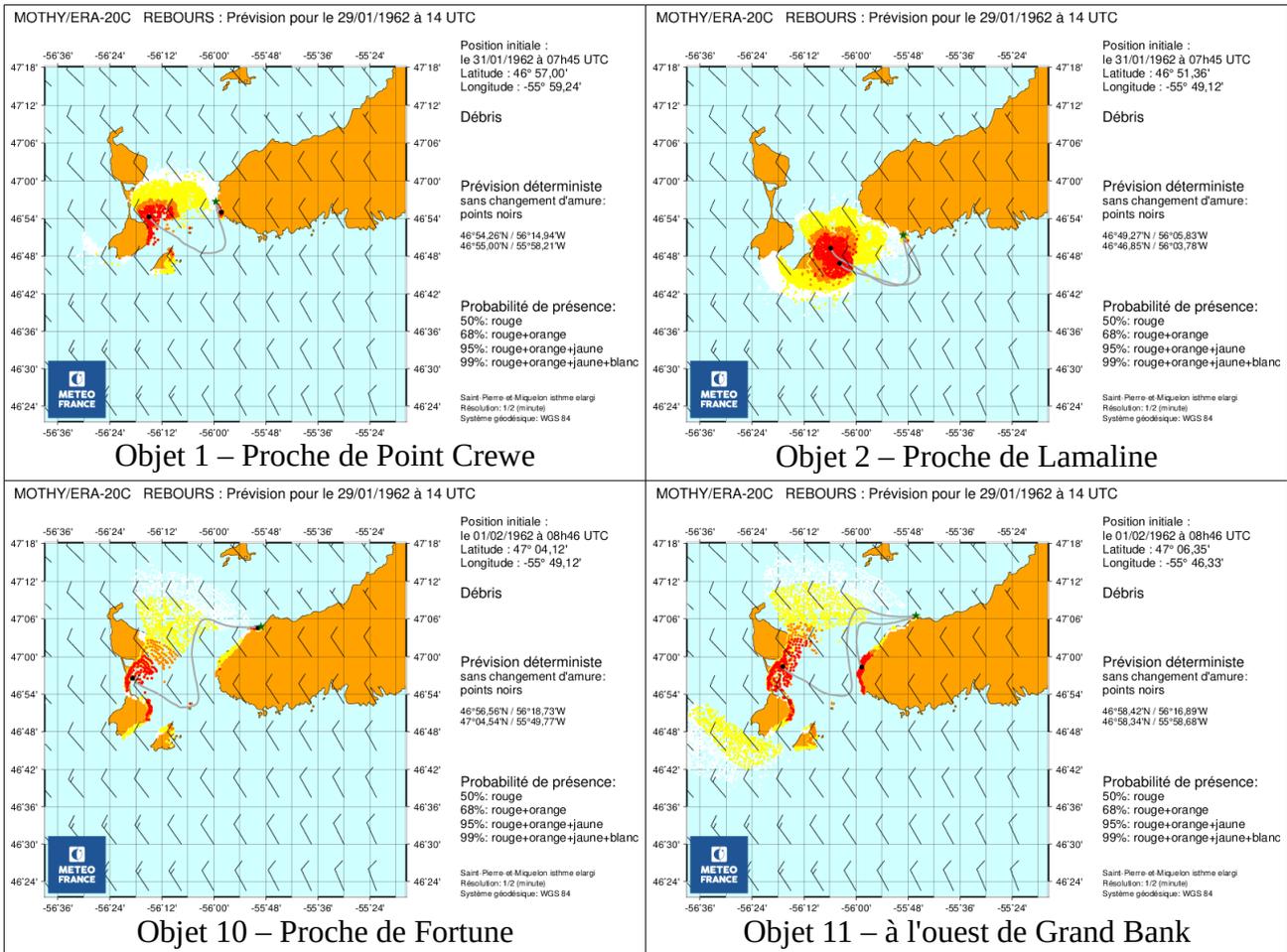
**28 janvier 1962 à 19h UTC :**



29 janvier 1962 à 9h UTC :



29 janvier 1962 à 14h UTC :



**30 janvier 1962 à 12h UTC :**

