

# ROV3G 2021

*Imagerie des failles actives et tsunamigènes de la  
marge Ligure*



N/O L'Europe, HROV Ariane

18 - 25 octobre 2021

DOI de la campagne : <https://doi.org/10.17600/18000869>

Leclerc F., Soubigou O., Papin L., Palagonia S., Llorens F., Gouet M., Bramardi G.,  
Azzoug C., Dano A., Corradi N., Clodic G., Larroque C., Migeon S., Morelli D.  
Ratzov G., Rapport de mission de la campagne ROV3G, 2021.

# TABLE DES MATIÈRES

## 1- Introduction

1-1 Objectifs de la campagne en mer

1-2 Journal de bord

1-3 Liste des participants

## 2- La Téléprésence

2.1 Concept

2.2 Réalisation pendant la campagne en mer

2.2.1 Côté N/O Europe

2.2.2 Côté Géoazur

2.2.3 Bilan

## 3 - Levé bathymétrique de l'Europe - ME70

3.1 - Le sondeur ME70

3.2 - Levé bathymétrique

3.3 Traitement des données

## 4- Les Plongées HROV Ariane

4.1 - Introduction

4.1.1 - Le sondeur multifaisceaux EM2040

4.1.2 - Imagerie optique

4.1.3- Données de navigation

4.2 - Résumé de la plongée 227 : Observations de la plateforme continentale au large de Taggia.

4.2.1 Contexte de la plongée et choix du site

4.2.2 Déroulement et Observations effectuées

## 5- Données de la campagne

## 6- Remerciements

# 1- Introduction

## 1-1 Objectifs scientifiques de la campagne en mer

Le relief de la marge Ligure est hérité de l'ouverture du bassin marginal Ligure à l'Oligo-Miocène (e.g. Rehault et al., 1985). Il est modelé depuis par différents processus sous-marins de sédimentation, d'érosion (Migeon et al., 2011), et de déformation tectonique (Béthoux et al., 1992 ; Bigot-Cormier et al., 2004). Cette dernière résulte d'un changement du champ de contrainte, dorénavant compressif entre le continent et la Corse (Ritz, 1992), accommodé par des failles décrochantes et chevauchantes aussi bien à terre qu'en mer (e.g. Larroque et al. 2011a, b). Ces failles actives génèrent une sismicité modérée, et peuvent produire des séismes de magnitude  $> 6.5$  (Béthoux et al., 1992 ; Courboulex et al., 2003; Larroque et al., 2001, 2012) pouvant donc générer des déplacements cosismiques centimétriques à métriques.

Les données marines existantes (campagnes MALISAR) et différentes études publiées ou en cours de publication (Hassoun et al., 2014, Larroque et al., 2011a, Migeon et al., 2011, Kelner, 2018 ; Samalens K., 2018) montrent que les processus qui façonnent la marge interviennent sur de courtes échelles de temps (séismes, glissements sous-marins), c'est-à-dire de façon quasiment instantanée à l'échelle des temps géologiques, et se cumulent. Ils représentent en particulier un risque sismique et tsunamigénique important pour la Côte d'Azur, à notre échelle de temps, comme en témoigne le séisme d'Impéria ou le glissement de terrain sous-marin de l'aéroport de Nice de 1979 qui provoquèrent tous deux un tsunami (Sahal, 2011 ; Leynaud and Sultan, 2010 ; Kelner, 2018 ; Larroque et al., 2012).

Pour observer et quantifier ces événements d'érosion, de sédimentation ou de déplacement tectonique participant à l'édification du relief sous-marin, les données existantes ne suffisent pas, et l'observation à une plus petite échelle est requise. Les objectifs de la campagne ROV3G s'attachent donc à imager à petite échelle les structures de la marge Ligure afin de mieux comprendre les relations entre les forçages tectonique et sédimentaire qui l'affectent.

Différents objectifs de plongées ont été identifiés, ayant pour objectif de mieux comprendre les failles sous-marines au pied de la marge Ligure (zone 1 de la Figure 1). En effet, entre Nice et Albenga en Italie, un grand réseau de failles de direction ENE-OSO a

été mis en évidence au pied de la marge (Figure 1, failles rouges, Larroque et al., 2011a). Si en profondeur, l'existence d'un chevauchement à vergence sud est attestée par la sismicité de la région (Larroque et al., 2009), la nature des failles générant les escarpements en surface reste une question ouverte. Larroque et al. (2011a, 2012) proposent que ces escarpements soient l'expression en surface du chevauchement Ligure, soit l'expression de failles normales et de blocs basculés, probablement hérités de l'ouverture Oligocène, et qui se branchent en profondeur au chevauchement Ligure (aussi proposé par Bigot-Cormier, 2004), celui-ci se propageant alors bien plus au sud du bassin. L'observation de surface de ces escarpements, en particulier en face d'Imperia où la pente de la marge est la plus forte et les escarpements les mieux exprimés (site noté 1 sur la Figure 1), permettrait de mettre en évidence des morphologies typiques de failles normales ou chevauchantes, de tectoglyphes, voir d'activité tectonique récente (e.g. Escartín et al., 2016), et donc de mieux comprendre le système de failles sous-marines de la marge.

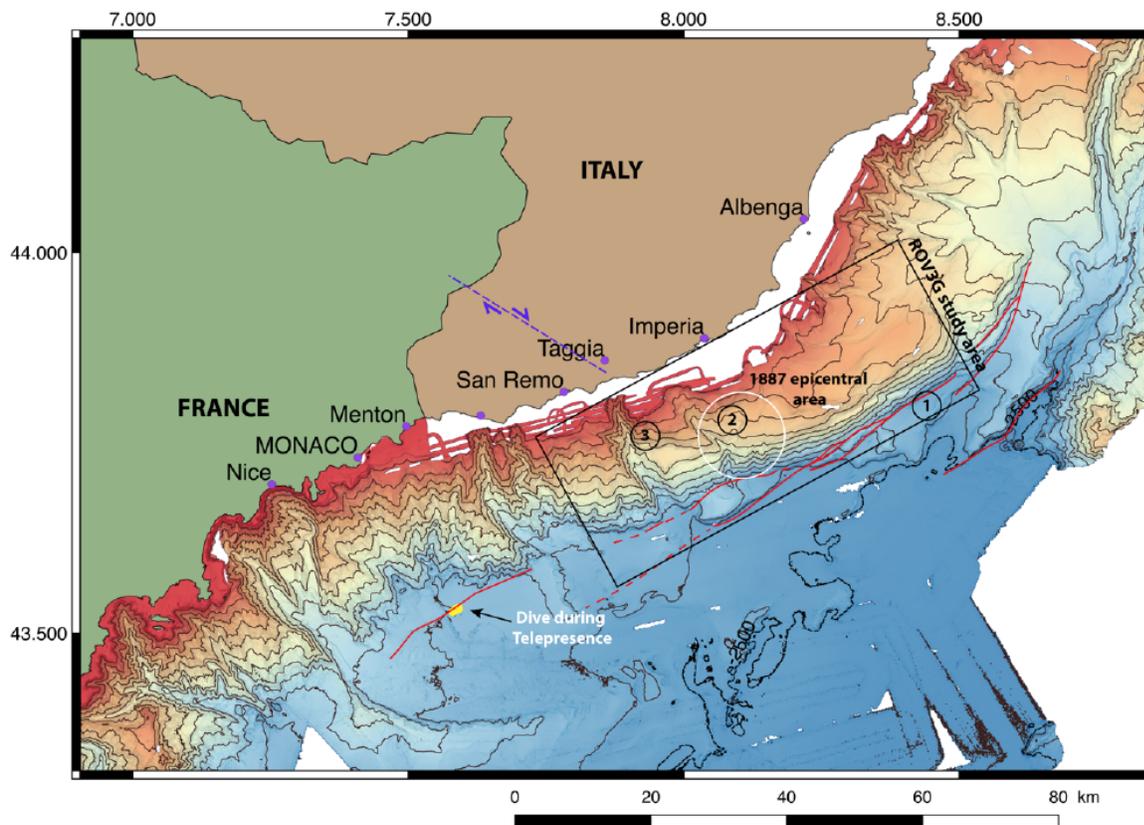


Figure 1: Au pied de la marge Ligure, plusieurs escarpements ont été mis en évidence dans la bathymétrie de la campagne MALISAR (cartographie en rouge d'après Larroque et al., 2011a). Cette pente est incisée par de nombreux canyons sous-marins messiniens connectés au plateau continental, ainsi que par des loupes d'arrachement et figures d'érosion. La zone épiscopentrale du séisme d'Impéria est représenté en blanc. La faille décrochante dextre de Saorge-Taggia est représenté en violet (Augliera et al., 1994). Isobathes gris entre - 200 et -2400 m, Isobathe noir tirité : -2500 m.

## 1-2 Journal de bord

Toutes les heures sont données en UTC. Heure locale = UTC+2h

### Lundi 18 octobre 2021

Arrivée d'Olivier Soubigou et Guillaume Clodic à La Seyne sur Mer, embarquement sur L'Europe

### Mardi 19 octobre 2021

Transit vers Nice et tests des solutions de visioconférence et de téléprésence

### Mercredi 20 octobre 2021

Matinée de préparation, mise en place, L'Europe est à quai à Nice

Après-midi, visite du navire par les étudiants du groupe 1 avec Olivier Soubigou et Patrice Lubin (resp. HROV Genavir)

Vent trop fort pour plonger avec l'HROV le jeudi, ou pour acquérir des données bathymétriques - décision est prise de rester à quai et de partir jeudi soir sur site.

### Jeudi 21 octobre 2021 – Météo défavorable – L'Europe reste à quai

Matinée de préparation, mise en place, L'Europe est à quai à Nice

Après-midi, visite du navire par les étudiants du groupe 2 avec Olivier Soubigou et Patrice Lubin (resp. HROV Genavir)

17:00 Départ de l'Europe vers le site de plongée A (faille du promontoire d'Impéria)

### Vendredi 22 octobre 2021 - équipe à terre en TÉLÉPRÉSENCE depuis Géoazur

07:00 L'Europe est sur le site A (faille du promontoire d'Impéria), la houle est très forte ce qui rend la plongée impossible. Il se dirige vers le point Z35 pour une acquisition bathymétrique avec le sondeur ME70 du navire.

11:40 Approche du point Z35

12:14 Arrivée au point Z35

12:30 Direction au point Z2 et allumage du sondeur multifaisceaux

12:43 Tir Sippican

### Samedi 23 octobre 2021 - équipe à terre en TÉLÉPRÉSENCE depuis Géoazur

06:00 Arrêt de l'acquisition bathymétrique. L'Europe arrive sur site de plongée C

06:30 Mise à l'eau du HROV - plongée n°01 (plongée HROV-227)

07:00 Problème de bout sur l'HROV - remis sur le pont pour réparation

07:20 Remise à l'eau du HROV  
 07:54 HROV au fonds - début de levé  
 11:07 Fin de levé HROV car la houle est trop forte - direction Nice  
 15:30 Arrivée à quai à Nice

**Dimanche 24 octobre 2021**

Transit vers La Seyne sur Mer

**Lundi 25 octobre 2021**

Démobilisation à La Seyne sur Mer.

**En résumé:**

**1 levé bathymétrique petits fonds : 18,5h et 173,6 km**

**1 plongée HROV - 2 km parcourus - Durée de la plongée 3h50**

**1-3 Liste des participants**

Nom	Prénom	Rôle	Email	Institut	À terre/en mer
Leclerc	Frédérique	PI	leclerc@geoazur.unice.fr	Géoazur, Université Côte d'Azur	À terre
Soubigou	Olivier	co-PI - Téléprésence	Olivier.Soubigou@ifremer.fr	Ifremer	En mer
Larroque	Christophe	Morphotectonique	larroque@geoazur.unice.fr	Géoazur, Université Côte d'Azur	En mer
Clodic	Guillaume	Téléprésence	guillaume.clodic@ifremer.fr	Ifremer	En mer
Azzoug	Cherifa	Morphotectonique	cherifa.azzoug@etu.univ-cotedazur.fr	Université Côte d'Azur, Géoazur	À Terre
Bramardi	Gilerik	Morphotectonique	gilerik.bramardi@etu.univ-cotedazur.fr	Université Côte d'Azur, Géoazur	À Terre
Boughanemi	Alexandre	Morphotectonique	boughanemi@geoazur.unice.fr	Géoazur, Université Côte d'Azur	À Terre
Gouet	Maxime	Morphotectonique	maxime.gouet@etu.univ-cotedazur.fr	Université Côte d'Azur, Géoazur	À Terre

Llorens	Florian	Morphotectonique	florian.llorens@etu.univ-cotedazur.fr	Université Côte d'Azur, Géoazur	À Terre
Palagonia	Sylvain	Morphotectonique	sylvain.palagonia@etu.univ-cotedazur.fr	Université Côte d'Azur, Géoazur	À Terre
Papin	Loïs	Morphotectonique	papinlois@gmail.com	Université Côte d'Azur, Géoazur	À Terre
Ratzov	Gueorgui	Morphotectonique	ratzov@geoazur.unice.fr	Géoazur, Université Côte d'Azur	À Terre
Migeon	Sébastien	Morphotectonique	migeon@geoazur.unice.fr	Géoazur, Université Côte d'Azur	À Terre
Dano	Alexandre	Bathymétrie	dano@geoazur.unice.fr	Géoazur, Université Côte d'Azur	À Terre
Corradi	Nicola	Morphotectonique	nicola.corradi@unige.it	DiSTAV, University of Genoa	À Terre
Morelli	Danilo	Morphotectonique	danilo.morelli@unige.it	DiSTAV, University of Genoa	À Terre

## 2- La Téléprésence

### 2.1 Concept

Le but de la Téléprésence est de permettre à un plus grand nombre de scientifiques et d'étudiants de participer depuis la terre aux plongées d'exploration sous-marine des engins télé-opérés. Cette possibilité est offerte par la flotte océanographique française depuis 2017, et adoptée pendant ROV3G.

Ce concept s'appuie sur les technologies de l'information et les télécommunications satellites pour assurer la transmission en temps réel des flux vidéo de l'engin sous-marin (en l'occurrence H-ROV Ariane), de la donnée des capteurs et mettre en place la vidéoconférence entre le navire (le N/O Europe) et les équipes à terre. Les scientifiques et étudiants peuvent ainsi interagir en temps réel pour orienter et commenter les plongées ROV depuis leurs laboratoires respectifs.

## 2.2 Réalisation pendant la campagne en mer

Pour réaliser la mission en Téléprésence, une augmentation de bande passante des télécommunications a été demandée et accordée par la FOF.

### 2.2.1 Côté N/O Europe

Un système de visioconférence a été installé dans le PC Sciences afin de réaliser les sessions de briefing et debriefing.

Dans le laboratoire humide, derrière le poste de pilotage de l'HROV, un ordinateur équipé d'une webcam a permis de suivre les plongées de façon immersive. Il affichait également le projet QGIS sur lequel la position du HROV était visible en temps réel. Le scientifique de quart (en l'occurrence C. Larroque) était équipé d'un micro-casque pour pouvoir communiquer avec le bord et la terre.

### 2.2.2 Côté Géoazur

La mission est suivie depuis une salle de conférence à Géoazur, équipée de deux écrans. Sur un grand écran de projection, les vidéos des plongées (si acquisition vidéo) ou l'interface MIMOSA (si acquisition bathymétrique) sont projetées via un flux vidéo et le logiciel VLC (le firewall de Géoazur a été ouvert pour permettre cela).

Sur un plus petit écran, la visualisation du PC Sciences est réalisée en visioconférence via un lien webex. Une caméra et un micro sont installés pour assurer la qualité vidéo et audio de la visioconférence (système POLYCOM). Un partage d'écran permet de visualiser également un projet QGIS sur lequel la position de l'HROV est visible en temps réel.

Les plongées sont également visualisables en temps réel via un navigateur web sur le site d'Ocean Network: <https://data.oceannetworks.ca/ExpeditionManagement> Expeditions > NOAA > 2021 > Ifremer ROV3G (Oct. 21).

### 2.2.3 Bilan

La visualisation de la localisation du HROV a été un vrai PLUS. Elle manquait sur Téléprésence, et limitait notre interaction avec les pilotes.

La visualisation de l'acquisition bathymétrique du sondeur ME70 a également été un atout majeur pour pouvoir suivre les opérations et préparer "à la volée" la plongée HROV-227.

Malheureusement, plusieurs coupures du flux vidéo ou de la réunion WEBEX ont eu lieu, rendant parfois difficile de suivre les opérations. Certaines de ces coupures sont dues à la géométrie du réseau de télécommunication de l'Europe. En effet, au cours des girations, la présence d'un mât entre l'antenne et le satellite coupe la transmission du signal. D'autres coupures ont une origine qu'il reste à identifier.

## 3 - Levé bathymétrique de l'Europe - ME70

### 3.1 - Le sondeur ME70

Le sondeur multifaisceaux ME70, produit par la société Simard, est un sondeur halieutique petit fonds. Il peut être utilisé en mode bathymétrie, émettant des ondes acoustiques à une fréquence de 90 kHz. La fauchée mesure 120°, permettant une portée de  $3.5 \times P$  la profondeur d'eau, et au maximum de 600 m (Figure 2). Il est composé de 200 faisceaux en réception, dont la largeur mesure  $3^\circ \times 3^\circ$ . La profondeur maximale donnée en bathymétrie est de 800 m, mais son utilisation est en pratique préconisée à 500 m maximum.

Il fonctionne avec une cadence d'émission de 2.2 Hz à 40 m de profondeur (soit une émission toutes les demi-secondes environ), mais sa cadence d'émission varie en fonction de la profondeur d'eau.

À 40m de profondeur, sa précision verticale est de 5 (verticale) à 10 cm (à 60°), soit  $\leq 0,025\%$  de la profondeur d'eau.

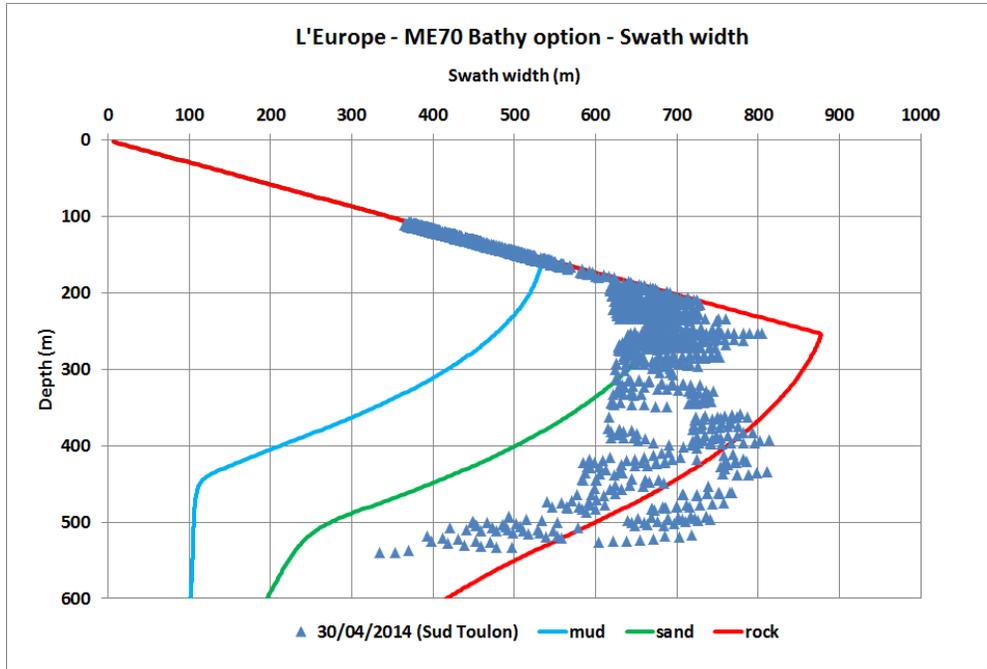


Figure 2: Portée maximum du ME70, d'après document interne ifremer (ME70vsEM2040\_1.pdf).

### 3.2 - Levé bathymétrique

Le sondeur ME70 a été utilisé pour cartographier la plateforme continentale au large de Taggia (Figure 3). L'espace des profils varie en fonction de la profondeur d'eau qui varie de 30 à ~500 m. L'Europe navigue à 5 nœuds (essai à 6kn non concluant). La profondeur d'acquisition de l'EM2040 a été fixée à 250 puis 350 puis 700 m au cours du levé, en fonction de la profondeur d'eau.

Début du levé: 22/10/2021 à 10h42

Fin du levé: 23/10/2021 à 05h13

Durée du levé : 18h31

Distance parcourue: 173,6 km

Aire équivalent : 7730 m<sup>2</sup>

Sonde Sippican (T7\_00002) effectuée le 22/10/2021 à 14:43 et à 83 m de sonde

Les données de colonne d'eau ont été enregistrées et peuvent être visualisées dans GLOBE (Figure 3). Elles présentent quelques zones de fortes réflectivités (bancs de poissons? autres?) à investiguer.

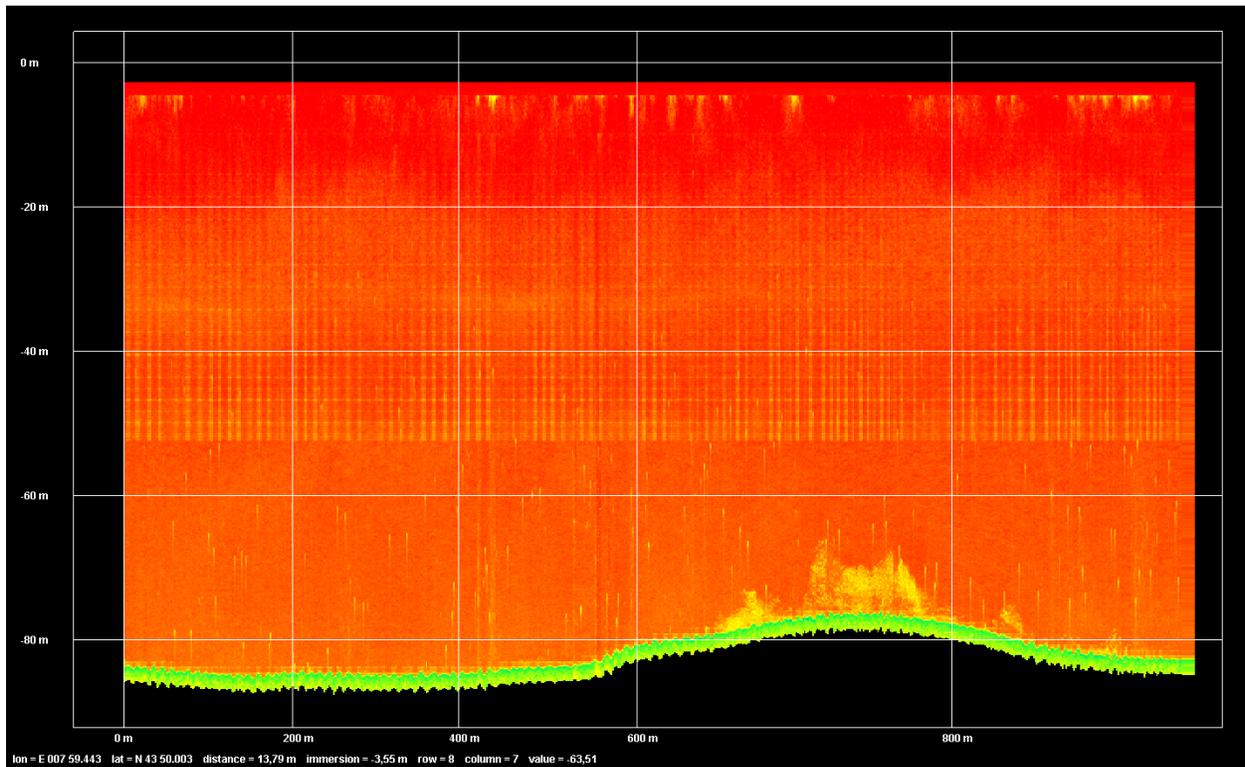


Figure 3 : Visualisation le long du profil de la colonne d'eau, le long du profil n°1.

Nous avons concentré l'acquisition des données sur le plateau continental au large de Taggia afin de repérer des structures sous-marines telles que l'extension de la faille sismogène de Saorge-Taggia. Le levé a permis d'imager correctement la plateforme jusqu'à 300m, au delà, le sondeur décroche, ce qui n'est pas étonnant. Le levé a été réalisé "à l'oeil" par la passerelle en suivant au premier ordre les tracés fournis.

**PRÉCONISATION pour de futurs missions : effectuer le levé à moins de 5 nœuds.**

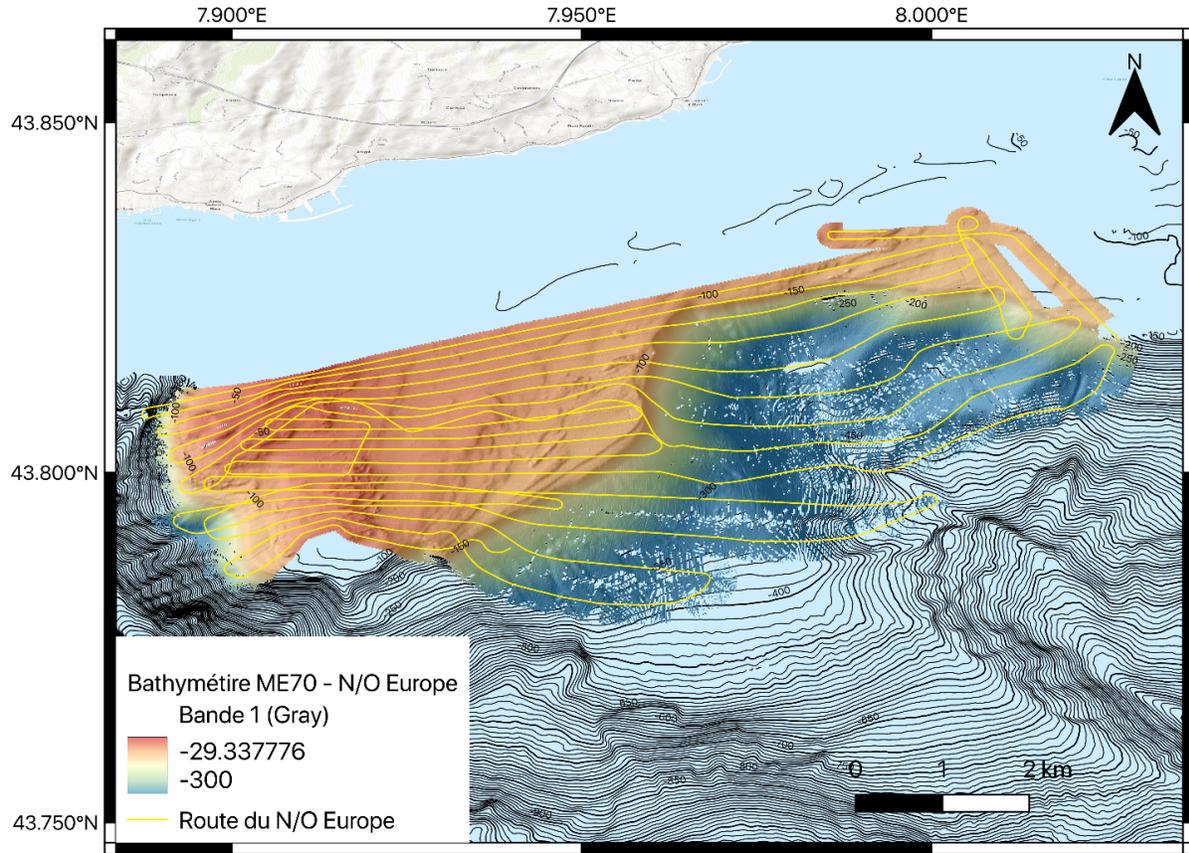


Figure 4: Levé bathymétrique sur la plateforme de Taggia réalisé à l'aide du sondeur ME70 du N/O Europe (couleur).

### 3.3 Traitement des données

Les données ont été importées sous Globe et traitée comme suit:

- Correction de marée

Réalisée à partir du marégraphe de Fontvieille (Monaco - un point aberrant corrigé).

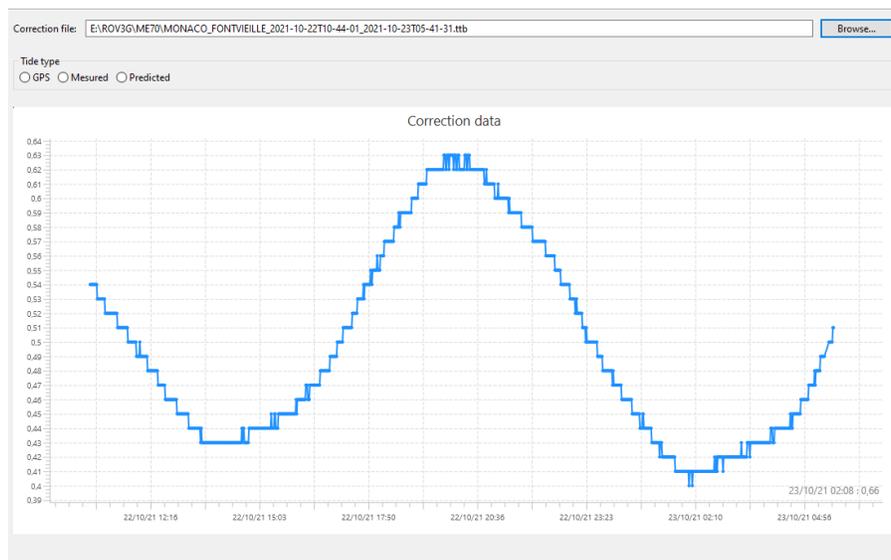


Figure 5 : données du marégraphe de Monaco, nettoyées.

- Correction de la célérité

Suspicion d'un problème de célérité : les fauchées sur la plateforme forment des paraboles concaves (Figure 6) indiquant que le profil de célérité utilisé est trop fort.

En vérifiant dans DORIS le profil de célérité importé dans les fichiers .all (en mauve, figure 7), il est différent de celui du tir Sippican (en gris). Ce dernier présente des vitesses plus élevées que le profil par défaut, générant une différence de bathymétrie de l'ordre de 10 m (Figure 8). *Donc problème de célérité à résoudre...* Suspicion que le tir Sippican a été fait à faible bathymétrie, donc sa validité > 80 m est incertaine.

In fine, le profil Sippican n'a pas été utilisé. Et un biais de célérité de 10 m/s a été détecté, expliquant alors les paraboles concaves visibles particulièrement sur le plateau.

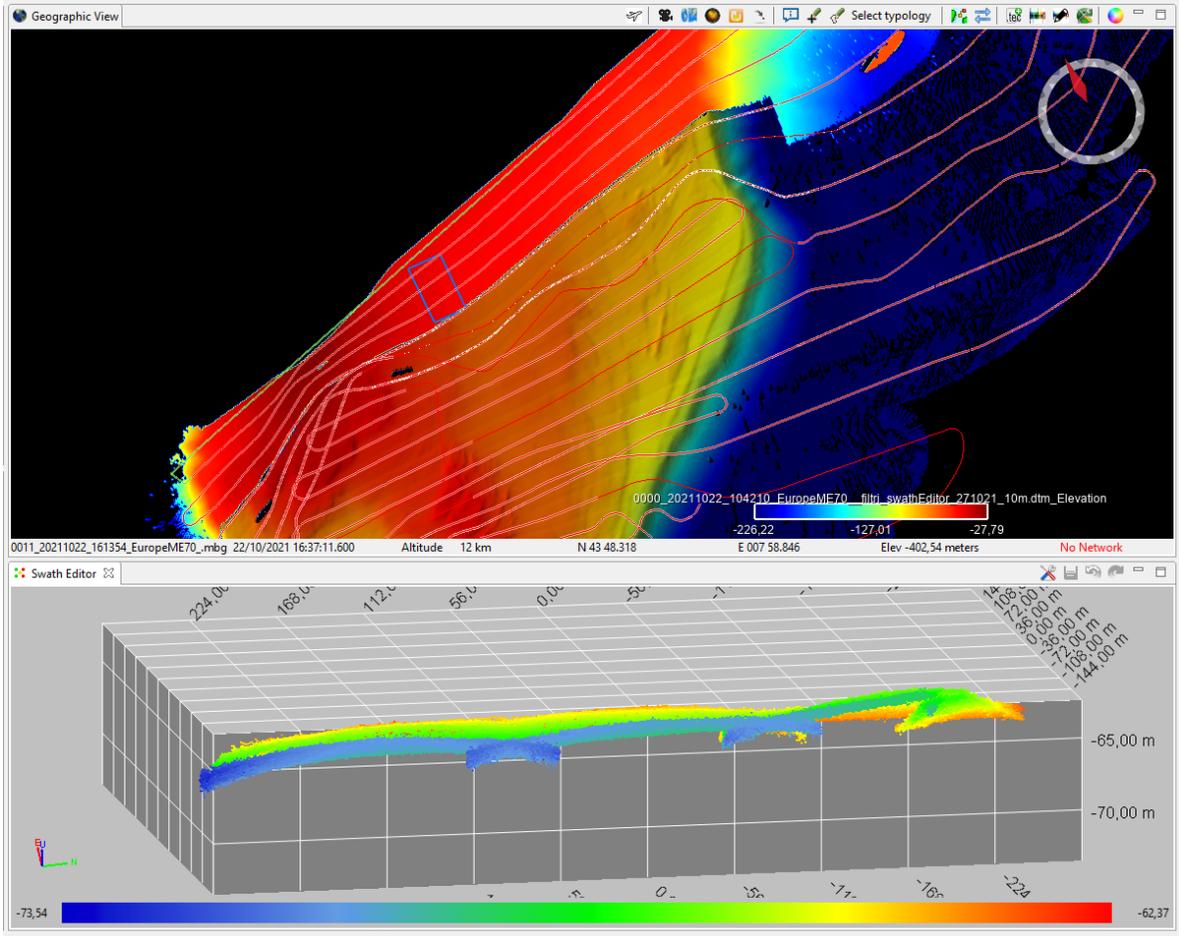


Figure 6 : Swath Editor - visualisation des fauchées montrant une forme concave

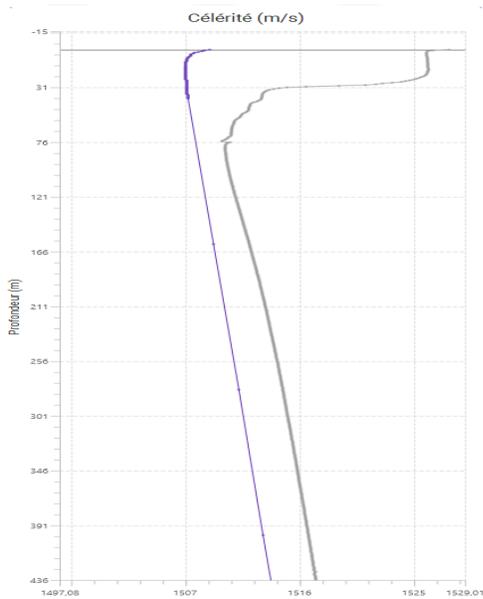
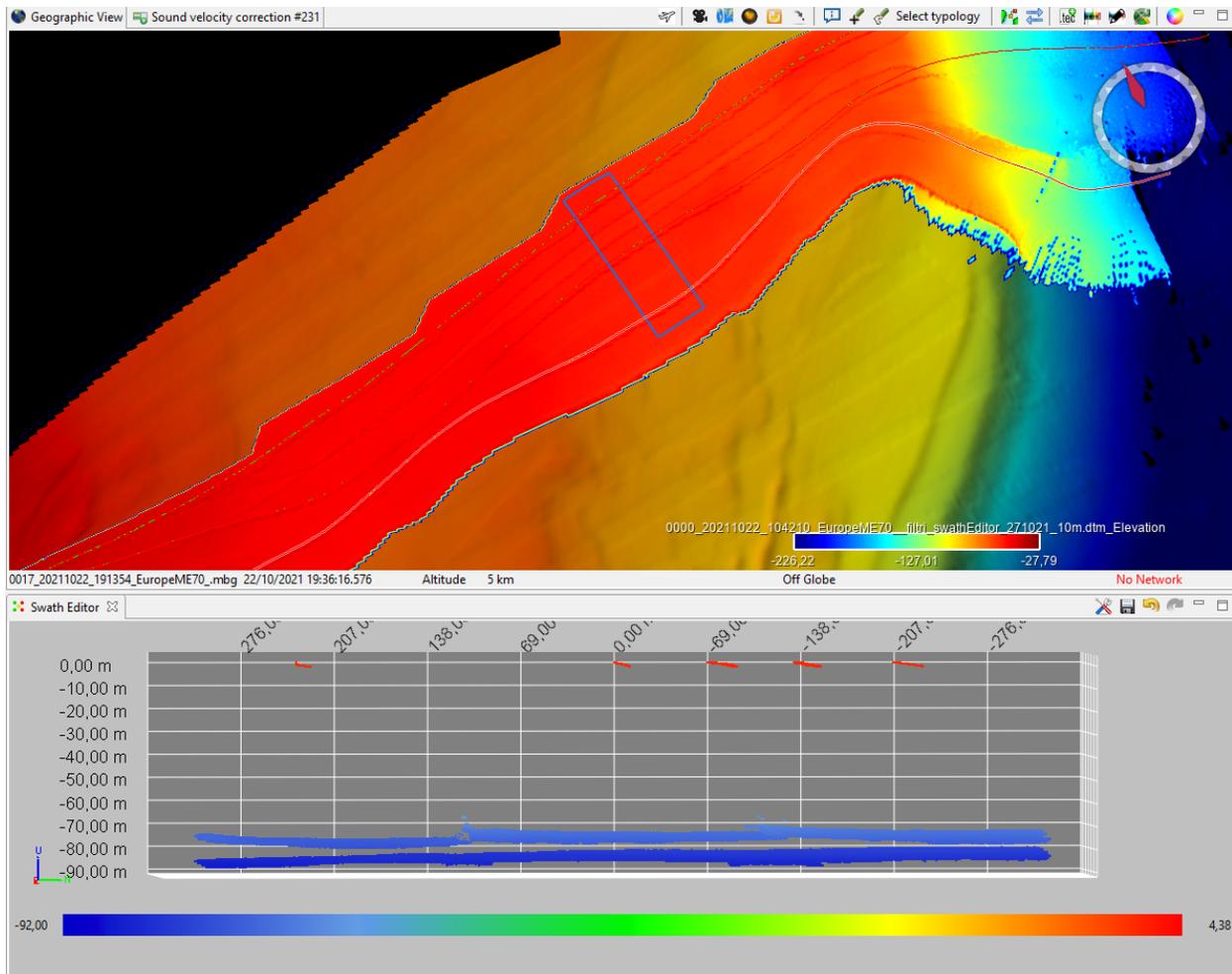


Figure 7: profil de célérité du tir Sippican (gris) et celui utilisé par défaut (mauve) dans les données avant traitement.

Figure 8 : Fenêtre du Swath Editor montrant sur les mêmes profils l'effet d'appliquer le profil de vitesse de la sonde Sippican. Le décalage vertical est de +10 m en appliquant le profil de célérité obtenu avec la sonde Sippican.



- Filtrage avec Filtri
- Nettoyage des sondes avec SWATH EDITOR
- Export des données avec l'option "Fill GAP"

Les données ont été exportées en MNT au format .tif, à 5 et 10 m de résolution.

Les MNTs sont distribués aux partenaires du projet. Ils sont disponibles sur la plateforme SEANOE également en licence CC-BY-NC-SA.

*WARNING : Les données n'ont pas été traitées pour la navigation – Data were not processed for navigation purposes.*

L'imagerie de réflectivité a été traitée en appliquant une compensation sous SONARSCOPE. La mosaïque est produite à 6 m et le signal est intéressant en ajustant l'échelle entre -20 et -30 dB.

## 4- Les Plongées HROV Ariane

### 4.1 - Introduction

L'HROV Ariane (Hybride Remotely Operated Vehicle) aurait dû être déployé avec le module "cartographie" dans le but de réaliser 3 plongées : une première plongée d'acquisition de données bathymétriques haute-résolution, deux plongées d'observations avec caméras et appareil photo numérique.

Malgré l'annulation de deux plongées, l'entièreté des sondeurs a été utilisée lors de la plongée 227.

#### 4.1.1 - Le sondeur multifaisceaux EM2040

Le sondeur multifaisceaux EM2040, produit par la société Kongsberg, est un sondeur bathymétrique petit fonds. Monté sur le HROV, il acquiert des données bathymétriques à une distance d'environ 50 m au-dessus du fonds marin, tandis que la profondeur maximale que le signal peut atteindre est de 400 m (si monté sur un navire). Il émet des ondes acoustiques de fréquence 300 kHz. La fauchée mesure 140° (environ 5 à 6 fois la profondeur d'eau), sa portée maximale théorique est de 800 m (à 200 kHz). Il est composé de 256 faisceaux en réception (400 détections en mode HD), dont la largeur mesure 0.5°x1° à 300 kHz.

Il fonctionne avec une cadence d'émission de 5.2 Hz à 40 m de profondeur (soit une émission toutes les 0,2s environ). À 40m de profondeur, sa précision verticale est de 5 (verticale) à 10 cm (à 60°), soit  $\leq 0,025\%$  de la profondeur d'eau.

Le sondeur EM2040 a la capacité d'enregistrer les données bathymétriques, de réflectivité et de colonne d'eau. La totalité des données est enregistrée pendant la plongée n°1. Le fait d'avoir enregistré des données en navigant à moins de 10 m de haut implique que la fauchée est extrêmement étroite, et limite l'intérêt de ces données, acquises à titre expérimentale.

#### 4.1.2 - Imagerie optique

En mode cartographie, l'HROV Ariane est équipé d'une caméra principale HD orientable, permettant un zoom. Une seconde caméra dite "Sciences", HD, est installée à l'horizontale, et permet de zoomer également. Enfin, un appareil photo Nikon D5100 est

installé, et utilisé à la verticale pour la réalisation de photomosaïques. Il est associé à un système de flash.

#### 4.1.3- Données de navigation

L'HROV Ariane est équipé d'une centrale inertielle qui permet de connaître sa position "inertielle". En parallèle, le navire est équipé d'une base GAPS (*Global Acoustic Positioning System*) acoustique qui permet de localiser le HROV et donne une position 'à l'estime'. Ces données sont relatives à la position du navire connue par DGPS.

La navigation de l'HROV sera rejouée par les équipes GENAVIR/Ifremer en post-campagne si nécessaire.

### **4.2 - Résumé de la plongée 227 : Observations de la plateforme continentale au large de Taggia.**

Durée de la plongée: 04h37

Durée du levé: 03h13

Début de la plongée: 23/10/2021 06:30

Fin de la plongée: 23/10/2021 11:07

Distance parcouru au fonds: 2 km

Sondeur multifaisceau EM2040: **ON** sur quelques centaines de mètres

Zone d'étude: Rebord du plateau continentale de Taggia

#### 4.2.1 Contexte de la plongée et choix du site

La visualisation des données bathymétriques acquises la veille de la plongée (Figure 9) montre que le plateau continental au large d'Imperia est formé de vastes surfaces planes, d'une profondeur inférieure à 100 m. Ce plateau est limité vers le sud par une forte rupture de pente qui mène au bassin Ligure, profond de plus de 2000 m.

Sur le rebord du plateau, différentes ruptures de pentes sont visibles (notés A, B sur les profils ci-dessous), délimitant des terrasses ou des rides (rides 1 et 2 par exemple sur le profil P1). La partie centrale-ouest du plateau montre quant à elle des reliefs relativement hauts. Des formations sub-verticales plissées sont visibles dans la bathymétrie, laissant penser qu'une grande partie de ces reuptures de pentes et reliefs sont

liés à la structure du substratum. En effet, les formations plissées du flysch à Helminthoïdes affleurent le long de la côte de Taggia, et ont été observé en mer (Carte Géologique de San Remo, Giammarino et al.).

En revanche, les formations en bord de plateau, localisées entre -110 et -80 m de profondeur, évoquent des morphologies typiques de terrasses marines, et de cordons littoraux qui auraient pu se former lors de la dernière période glaciaire (LGM), associée il y a 20 000 ans à une baisse du niveau de la mer de 120 m.

Ces marqueurs du paléo-niveau de la mer sont d'excellent marqueurs de la déformations et pourraient être utilisés pour quantifier les déformations récentes générées par les failles du promontoir d'Imperia. La plongée 227 a donc été centrée sur ces structures en bord de plateau afin de les imager et de déterminer leur nature.

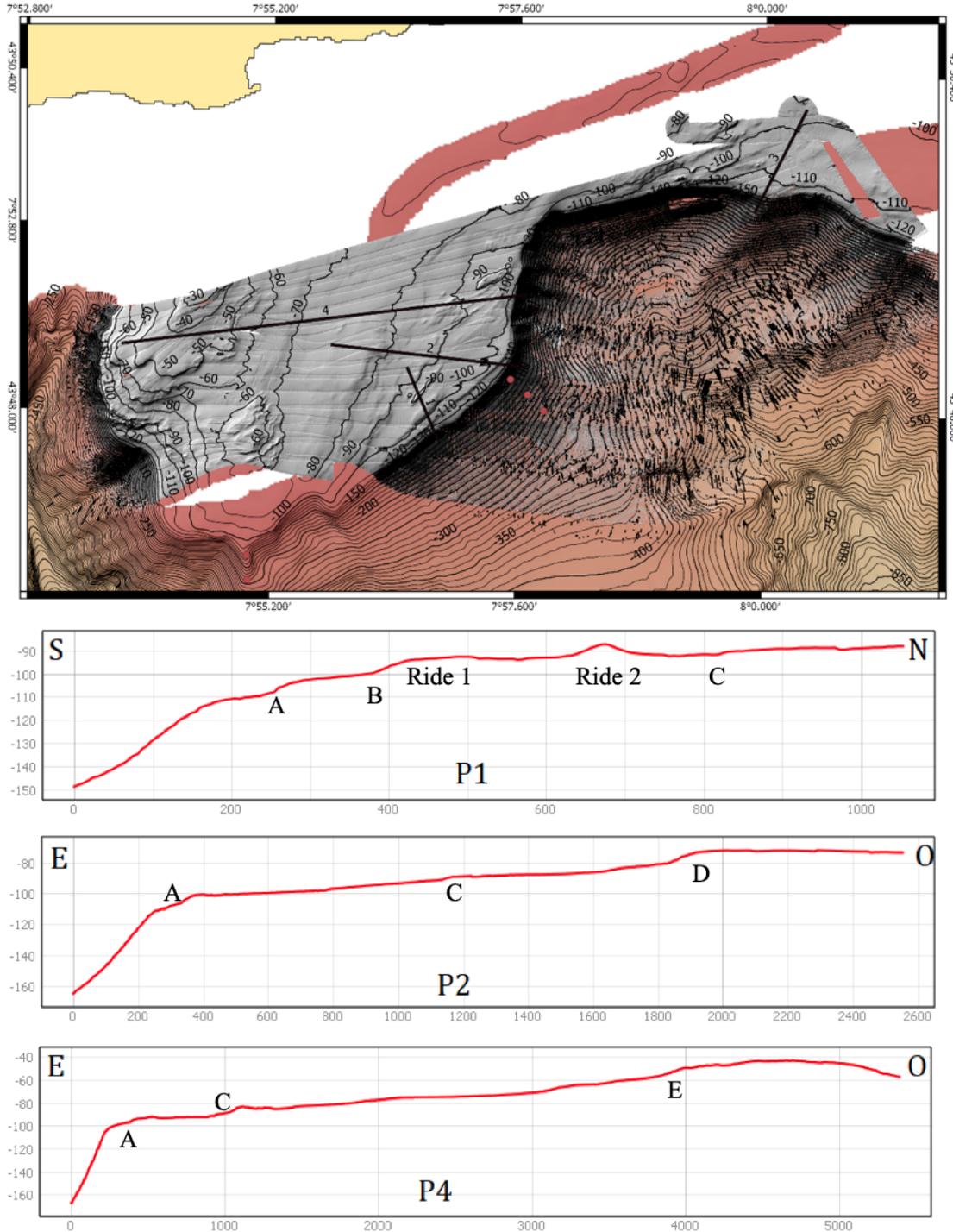


Fig. 9: Carte bathymétrique du plateau continental et profils bathymétriques montrant des ruptures de pentes (A, B, C, D et E) ainsi que des rides (1 et 2) présentes sur le plateau.

#### 4.2.2 Déroulement et Observations effectuées

Le HROV commence la plongée à 187 m de profondeur au SE de la première rupture de pente et termine la plongée à environ 80 m après avoir exploré les ruptures de pentes A, B et les rides 1 et 2 (profils P1 ci-dessus, Figure 9).

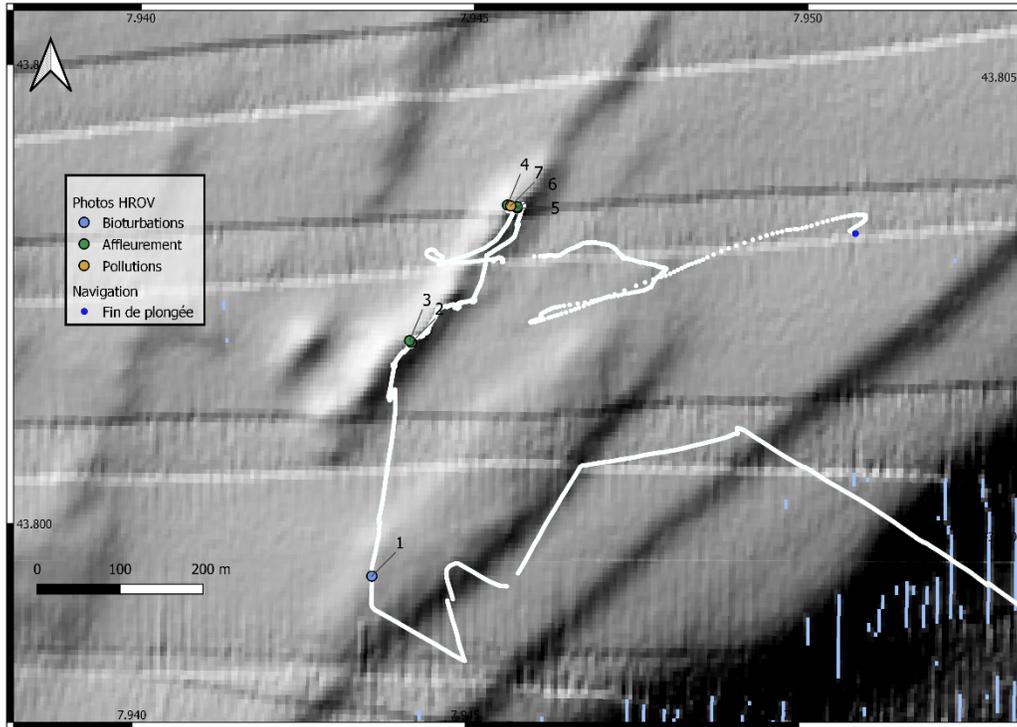


Figure 10 : Carte représentant les différentes observations faites pendant la plongée du HROV, avec le chemin parcouru par celui-ci.

La principale remarque est que le fond marin est particulièrement homogène. L'entièreté des fonds de la zone est recouverte par une couverture sédimentaire. Il est difficile de vraiment caractériser la nature du dépôt, plutôt fin, de type sédiments argileux et/ou sableux contenant probablement des carbonates. Néanmoins plusieurs observations ont été effectuées.

#### Affleurements

Les résultats les plus intéressants sont des affleurements repérés grâce à leurs fortes réflectivités visibles sur le sonar de l'HROV. Ils ont été remarqués au sommet de la ride n°2.

La taille de ces affleurements étaient de l'ordre de quelques m<sup>2</sup> (Figure 11, localisés aux points 2, 3, 4, 5 et 6 sur la Figure 10) et ils mesuraient probablement moins d'un mètre en hauteur. Ils abritent de la faune et de la flore en grande quantité : étoiles de mer, murènes, poulpe, oursins, éponges, petits bancs de poissons, langoustes.

Ces affleurements ne sont pas apparus au sonar dans les ruptures de pentes initialement investiguées qui étaient recouvertes de boue homogène. Ils sont apparus spécifiquement sur le sommet des rides (Figure 10) et sont interprétés comme une unité bien plus indurée que les sédiments autour. Cependant, la fine couche de sédiments et la faune les recouvrant ne permettent pas de faire une distinction plus précise de la nature de ces objets.

Néanmoins leur position au sommet des rides indique qu'ils se sont formés in-situ, et que ce ne sont pas des dépôts sédimentés par le jeu des courants océaniques, ni un hot-spot de déchets anthropiques (voir plus loin). Ils pourraient être d'anciens grès de plage, marqueurs de paléo-plages. Un échantillonnage est indispensable pour confirmer leur nature.



a)



b)



c)



d)



e)

Figure 11 : Affleurements indurés, très poreux et fréquentés par beaucoup de faune.

- a) Heure : 10h04,20 ; Coordonnées : 43.8020295 ; 7.9441183 ; Z=85.70m (cf Figure 2, point 2)
- b) Heure : 10h09,11 ; Coordonnées : 43.8020295 ; 7.9441183 ; Z=83.70m (cf Figure 2, point 3)
- c) Heure : 11h00,23 ; Coordonnées : 43.8035389 ; 7.9455328 ; Z=85.80m (cf Figure 2, point 4)
- d) Heure : 11h01,08 ; Coordonnées : 43.8035216 ; 7.9456787 ; Z=85.90m (cf Figure 2, point 6)
- e) Heure : 11h01,03 ; Coordonnées : 43.8035084 ; 7.9456809 ; Z=86.10m (cf Figure 2, point 5)

## Bioturbations

À la surface du fonds de la mer, il est observé de nombreux trous ou buttes sur les sédiments interprétés comme des bioturbations, des sédiments remaniés par la présence d'organismes vivants (Figure 12). Ces bioturbations maillent les fonds et sont présents pendant toute la plongée.



Figure 12 : Photo prise par le HROV montrant des bioturbations dans les sédiments fins observés tout le long de la plongée. Heure : 09h19,39 ; Coordonnées : 43.7994792 ; 7.9435699 ; Z=90.20m (cf Figure 4, point 1)

## Pollutions

Des objets d'origines anthropiques sont visibles (Figure 13) : bouteilles en verre, filet de pêche, câbles, partiellement recouverts par les sédiments. Globalement, des pollutions anthropiques sont observées mais ne sont pas omniprésentes sur le sol à faible profondeur et à faible distance des côtes, propice aux dépôts de ce type. Dans toute la plongée, moins d'une dizaine de ces objets ont été observées.



Figure 13 : Exemple de pollution anthropique avec un probable filet de pêche, avec la présence de faune sous-marine.. Heure : 11h07,07 ; Coordonnées : 43.8035300 ; 7.9455814. Z=84.30m (cf Figure 2, point 7)

## Faunes

L'identification de la faune sous-marine n'a pas été effectuée au cours de la plongée. Elle est néanmoins en cours par l'équipe de l'Université de Gênes (Marzia Bo et Danilo Morelli).

### 4.2.3 Bilan et perspectives à la fin de la mission

Pour conclure, les hypothèses et questions scientifiques de départ n'ont pas pu être explorées en détail dû à des problèmes inhérents à la météo. Les plongées prévues initialement pourraient être l'objet de prochaines campagnes en mer pour améliorer nos connaissances des failles sismogènes et tsunamigènes de la marge Ligure.

Pour la plongée qui a été effectuée, avec des problématiques différentes de celles initialement prévues, les résultats sont difficilement interprétables et posent beaucoup de questions quant à la nature exacte de ces affleurements. Pour compléter les interprétations et répondre aux nouvelles questions, le traitement des données acquises est nécessaire et doit être terminé. De plus, d'autres plongées concentrées sur d'autres de ces affleurements ainsi que des échantillonnages sont nécessaires. L'étude des profils sismiques déjà acquis dans la zone par d'autres équipes pourrait potentiellement aider à la compréhension des structures observées en surface et mieux orienter les prochaines plongées dans la zone.

## 5- Données de la campagne

Les données collectées à bord sont partagées quotidiennement avec les équipes à terre, et disponibles en accès libre à la fin de la campagne, sur le site SISMER de l’Ifremer. Elles sont sauvegardées au SISMER, et sur un disc-dur local.

Les données bathymétriques et d’imagerie traitées sont disponible sur le site SEANOE.

La vidéo de la plongé est également visualisable via un navigateur web sur le site d’Ocean Network: <https://data.oceannetworks.ca/ExpeditionManagement>  
Expeditions > NOAA > 2021 > Ifremer ROV3G (Oct. 2021).

Elle est visualisable sur : <http://video.ifremer.fr/>

Les partenaires sont destinataires des données traitées.

## 6- Remerciements

F. Leclerc et les participants à la campagne en mer ROV3G 2021 remercient la Flotte océanographique Française et la Commission Nationale de la Flotte océanographique Côtière pour nous avoir alloué le temps bateau et engin nécessaire à la réalisation de ce projet pédagogique et scientifique; les services opérations Ifremer et Genavir pour leur accompagnement; le commandant de l’Europe, son équipage et l’équipe Ariane pour leur accueil à bord, et leur bienveillance ayant rendu possible l’acquisition des données bathymétrique ME70 de nuit, et la réalisation d’une plongée; les équipes de l’Ifremer ayant rendu possible la mise en oeuvre de la téléprésence et de l’acquisition bathymétrique ME70. *Nous sommes reconnaissants envers les autorités de Monaco et de l’Italie pour nous avoir alloué les autorisations de travaux dans leurs eaux territoriales.*