Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer - Centre de Brest
Unité Géosciences Marines (GM)
Laboratoire Environnements Sédimentaires (LES)

Ehrhold A., E. Houlgatte, Gautier E., Roubi A., Guérin C., Gaillot A., Gaffet J.D., Caisey X.

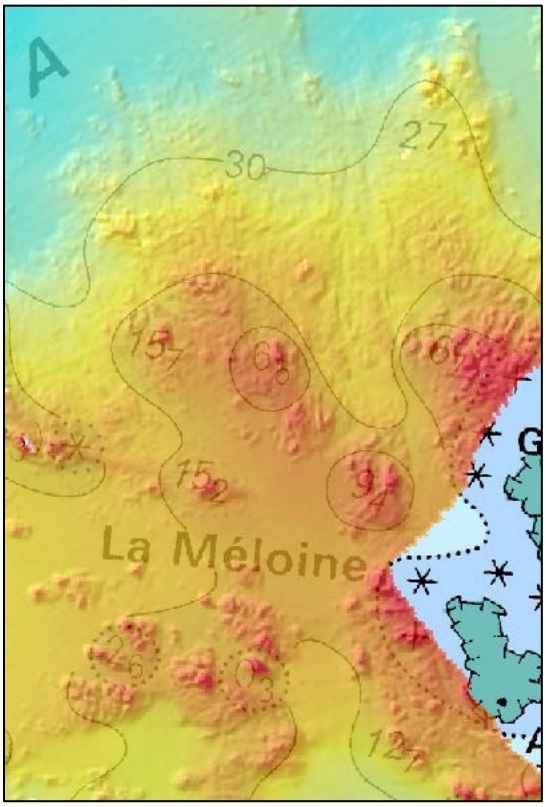
Juin 2015

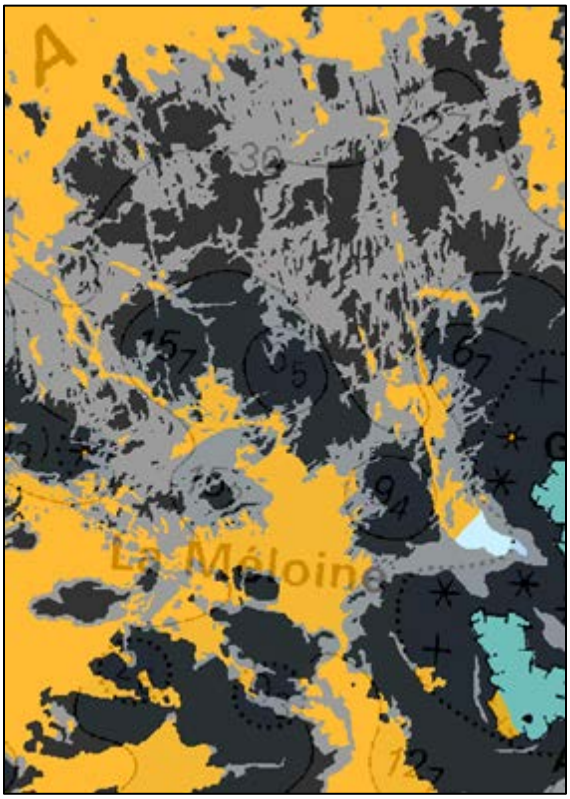
R.INT.GM/LES/15-02/AE

Rapport d'avancement dans le cadre de la convention 14/2 214 034F

Etude morpho-sédimentaire du plateau rocheux de la Méloine (Finistère nord)

Méthodologie appliquée aux traitements des données et résultats sur la distribution des roches dans l'archipel





Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : R.INT.GM/LES/15-02/AE **Diffusion** : libre : ☑ restreinte : ☐ interdite : ☐ **Validé par** : Axel Ehrhold Adresse électronique : axel.ehrhold@ifremer.fr	**date de publication :** Juin 2015 **nombre de pages :** 20 **bibliographie :** OUI **illustration(s) :** OUI **langue du rapport :** FR
Contrat n°14/2 214034F	
Auteur(s) principal(aux) : Ehrhold A., Houlgatte E., Gautier E., Roubi A., Guérin C., Gaillot A., Gaffet J.D., Caisey X.	**Organisme / Direction / Service, laboratoire** IFREMER Centre de Brest, département Ressources physiques et Ecosystèmes de fond de Mer Unité de Recherche Géosciences Marines Laboratoire Environnements Sédimentaires
Cadre de la recherche: Contrat spécifique de collaboration IFREMER/AAMP sur le secteur de la Méloine (nord Finistère) (n° 14/2 214034F)	
Destinataires : AAMP : Benjamin Guichard, Cécile Gicquel Ifremer : Axel Ehrhold, Bruno Raguenes Station Biologique de Roscoff : Eric Thiebaut, Laurent Lévèque	

Résumé

Etude morpho-sédimentaire du plateau rocheux de la Méloine (Finistère nord)

Méthodologie appliquée aux traitements des données et résultats sur la distribution des roches dans l'archipel.

Référence :

Ehrhold A., E. Houlgatte, Gautier E., Roubi A., Guérin C., Gaillot A., Gaffet J.D., Caisey X., 2015. Etude morpho-sédimentaire du plateau rocheux de la Méloine (Finistère nord). Méthodologie appliquée aux traitements des données et résultats sur la distribution des roches dans l'archipel.

PLAN

A. Introduction 1

B. Contexte scientifique 1

C. Moyens mis en œuvres 2

1. La vedette Haliotis et ses capteurs acoustiques 2
1.1 La vedette et son porteur 2
1.2 Les moyens de navigation et de positionnement 2
1.3 Les systèmes acoustiques embarqués 2
(a) Le sonar interférométrique GeoSwath 2
(b) Le sondeur vertical mono-faisceau Simrad EK60 couplé au système RoxAnn 4
(c) Le sondeur de sédiment (SDS ou chirp) 5

2. La navire de station Néomysis et les équipements embarqués 6
2.1 Le navire Néomysis 6
2.2 Les prélèvements à la benne 6
2.3 Les acquisitions par vidéo sous-marine HD 7

D. Déroulement des missions et synthèse des données acquises en 2014 7

1. Mission GéoMéloine (du 3 au 24 mai 2014) 7

2. Mission NéoMelec'h (du 29 octobre au 1 novembre 2014) 9

E. Traitements des données acoustiques et d'observations 12

1. Les données des sondeurs et des équipements de positionnement associés 12
1.1 Traitement des données de marée GPS 12
1.2 Traitement des données bathymétriques sous Caraibes 12
1.3 Paramètres géomorphologiques dérivés de la bathymétrie 13
1.4 Le traitement des données d'imagerie du sonar GeoSwath 250 kHz 14

2. Les données d'observations par prélèvements et vidéo sous-marine 15

F. Conclusion 17

E. Références bibliographiques 17

A. Introduction

Ce second rapport reprend les éléments techniques du premier rapport, propres aux missions d'acquisitions en 2014, et transmis à l'Agence et à la Station Biologique en janvier 2015 (Ehrhold et al., 2015). Il intègre cependant un nouveau chapitre sur les méthodes utilisées pour aboutir à l'interprétation des données acoustiques et une conclusion limitée aux principales cartographies qui font l'objet de ce livrable. Il s'agit (1) de la bathymétrie (MNT à 5m) et (2) de la répartition des zones rocheuses dans l'archipel, en différenciant le socle rocheux affleurant, la roche sub-affleurante du sédiment. L'analyse plus détaillée de ces documents sera réalisée dans le cadre du dernier livrable en décembre 2015.

B. Contexte scientifique

Les travaux sur l'archipel marin de la Méloine s'inscrivent dans le cadre des actions menées dans le projet systèmes et évolutions sédimentaires de l'unité de recherche Géosciences Marines (GM). Un axe de ce projet a pour ambition de mieux comprendre l'architecture des formations sédimentaires actuelles et passées, en déterminant les processus d'érosion, de transport et de dépôt du bassin versant jusqu'aux plaines abyssales, ainsi que leur évolution depuis le Quaternaire jusqu'à l'échelle de la marée. Dans le cadre des études historiques menées sur la sédimentation des bassins sédimentaires de Morlaix et Lannion, la zone médiane (fig. 1) constituée par l'archipel de la Méloine, était jusqu'alors vierge de toutes prospections géologiques, en raison partiellement de l'accès à ce massif immergé. Il s'étend sur environ 47km^2 selon une direction N70 et jusqu'à 11 miles au large de la côte. Cet archipel essentiellement sous-marin fait partie de ses nombreuses plateformes granitiques hercyniennes à écueils qui jalonnent les rivages nord de Bretagne (Battistini et Martin, 1956 ; Auvray et Lefort, 1971) et sur lesquelles se connectent les bancs sableux et dunes hydrauliques (Walker, 2001, Franzetti *et al*., 2013). Dans le même secteur, d'autres plateaux rocheux analogues interfèrent sur l'organisation des séquences sédimentaires côte-large, modifiant l'hydrodynamique locale tout en favorisant les dépôts de matériels sableux et organogènes comme le complexe dunaire du Rater (Ehrhold et al., 2011), le banc du Crapaud (Augris et al., 2011) et l'archipel des Triagoz. De sa morphologie et sa sédimentation, peu d'éléments actuellement permettent de comprendre son rôle dans la formation des corps sédimentaires qui s'y rattachent et dans les échanges entre les 2 grandes baies qu'il sépare. Les résultats des travaux sédimentologiques historiques (Boillot, 1964 ; Cabioch, 1968) décrivent des dépôts caillouteux et graveleux à forte composante organogène à l'ouest du plateau, passant progressivement à des mélanges de plus en plus fin au contact de ce dernier.

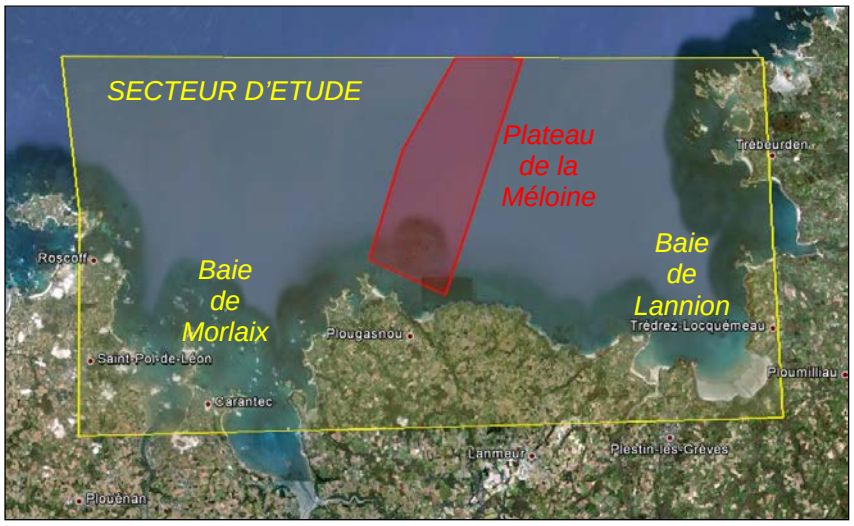


Figure 1 : Contexte géographique du projet et périmètre de l'étude Méloine (en rouge)

Dans ce contexte, la Station Biologique de Roscoff (SBR) et l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) se sont associées au projet géologique initial pour une étude approfondie des habitats rocheux subtidaux de l'archipel, représentant à l'échelle régionale, de véritables "hot-spots" de biodiversité, et contribuant fortement au fonctionnement global des écosystèmes côtiers (ex.

production primaire des forêts de laminaires). L'étude de la fragmentation de cet écosystème en s'intéressant préalablement à l'affleurement et à la structuration du socle rocheux est un des objectifs majeurs de l'équipe de Roscoff, préalablement aux futurs travaux biologiques conduits par la station en 2015 et 2016. Les résultats attendus sont d'établir une cartographie bathymétrique et de réflectivité des fonds de l'ensemble du plateau, permettant *in fine* de disposer d'une délimitation des faciès rocheux, de ses variations topographiques précises et des placages sédimentaires associés.

C. Moyens mis en œuvres

1. La vedette Haliotis et ses capteurs acoustiques

1.1. La vedette et son porteur

Haliotis est une vedette spécialisée dans l'étude de la bande très côtière par faible profondeur. D'une dizaine de mètres de longueur, elle est équipée sous la coque d'un sonar interférométrique GeoSwath à 250 kHz, d'un sondeur à sédiments Ifremer (1,7 à 5,5 kHz) et d'un sondeur mono-faisceau Simrad EK60 à 120 kHz associé à un système de caractérisation des fonds RoxAnn (Pluquet et Ehrhold, 2009). Tous ces capteurs ont été mis en route pendant Géoméloine. L'ensemble des équipements électroniques (suivi temps réel, acquisition et archivage des données) est installé à poste fixe dans la cabine. Un pilote mécanicien, un opérateur électronicien et jusqu'à deux scientifiques peuvent y prendre place. La vedette peut être déplacée par la route entre les sites d'études, au moyen d'un camion et de sa remorque (fig. 2). La mise en œuvre de la vedette est assurée par une grue associée à la remorque, afin de permettre la mise à l'eau sur l'ensemble de l'espace maritime en complète autonomie. Les caractéristiques de la vedette sont détaillées en annexe 1 et sur http://flotte.ifremer.fr/flotte/Presentation-de-la-flotte/Navires/Navires-cotiers/Haliotis.

Figure 2 : La vedette Haliotis sur son camion porteur jusqu'à sa mise à l'eau

1.2. Les moyens de navigation et de positionnement

La vedette dispose également de son propre système de navigation et d'un positionnement géographique par GPS RTK Thales de type réseau. Le récepteur GPS Aquarius est associé à un boitier chorus qui permet de recevoir les corrections temps réelles émises par le réseau Orphéon géré par la société Geodata diffusion. Il est actuellement composé de 70 stations permanentes Leica Geosystems réparties en 5 zones pour la précision RTK. Il consiste à envoyer au récepteur GPS Aquarius, les données d'observation de la station la plus proche, la station maîtresse, ainsi que les corrections de différences de phase des stations voisines, les stations auxiliaires (différences d'observations de chaque station auxiliaire relativement à la station maîtresse). Géré par un centre de calcul disponible sans interruption, Orphéon communique les corrections au récepteur mobile au moyen d'une liaison GPRS, UMTS, etc... Cette étape de transmission est la plus critique technologiquement. L'information doit être communiquée à l'utilisateur de façon quasi instantanée (dans notre cas par GSM depuis une clef 3G). Les réseaux de télécommunication actuels permettent des temps de latence inférieurs à la seconde. Le maillage de stations de référence est beaucoup moins dense (60 à 70km entre chaque station). Les précisions théoriques attendues sont de 1cm en horizontal et 2cm en vertical.

1.3 Les systèmes acoustiques embarqués

(a) Le sonar interférométrique GeoSwath

La vedette Haliotis concentre à son bord un large éventail de capteurs acoustiques permettant de fournir des informations sur la structure externe et interne du fond marin (morphologie, rugosité, épaisseur du sédiment, stratification des dépôts, etc…). Le sonar GeoSwath embarqué est le système principal (tab. 1). Il a vocation à cartographier les fonds comme un sonar à balayage latéral remorqué, avec une fauchée équivalente à dix fois la profondeur et de restituer la bathymétrie des fonds comme un sondeur multifaisceau mais sur six fois la profondeur pour la fauchée réellement exploitable (fig. 3). Les faciès acoustiques (imagerie) sont donc parfaitement corrélés avec la morphologie du fond (fig. 4). Les données sont enregistrées avec le logiciel d'acquisition *GS+*. L'affichage paramétrable du logiciel permet de suivre en temps réel le déroulement des acquisitions. Plusieurs fenêtres donnent accès à la navigation, à la réflectivité du fond, à la couverture accomplie, etc... (fig. 3).

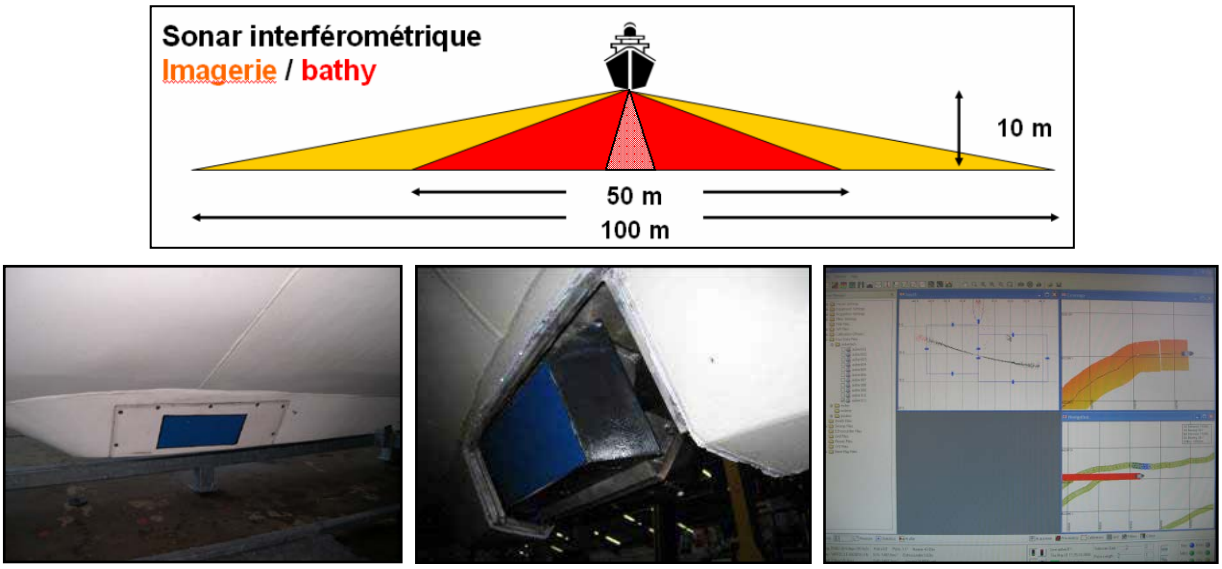


Figure 3 : Fauchées utiles sur le GeoSwath, antennes en V sous la coque et visualisation temps réel

Technologie	interférométrie
Fréquence	250 kHz
Profondeur	0-100 m
Fauchée (théorique)	Bathymétrie : 10 P Imagerie : 20 P Fauchée max # 300 m
Cadence d'émission / fauchée	10 Hz @ 150m 5 Hz @ 300m
Echantillonnage bathymétrie	1,5 cm Pas de mesure à la verticale
Echantillonnage imagerie	1,5 cm
Résolution angulaire	Emission : 0,5°
Géométrie d'antennes	2 antennes en V
Logiciel TR	GS+

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques nominales du sonar interférométrique

Pour le mode bathymétrique, son principe de fonctionnement réside dans la méthode de direction de différence de phase (Lurton, 2001) qui est souvent utilisée pour l'adjonction d'une fonction bathymétrique secondaire à des sonars latéraux destinés à l'imagerie. Elle consiste à mesurer, à un instant donné, la différence de phase entre deux points récepteurs pour en déduire une estimation précise de la direction angulaire. Dans le cas de la mesure topographique, la cible instantanée est délimitée par la cellule de résolution du signal sur le sol ; une grande quantité de points de mesure indépendants peuvent ainsi être obtenus sur la bande transversale balayée par le signal. Cette technologie souffre de deux inconvénients majeurs : l'impossibilité d'effectuer la mesure dans le secteur angulaire autour de la normale au fond (+/- 10 à 15°) et l'ambiguïté de détermination de la différence de phase aux plus fortes incidences (% d'erreur relative important).

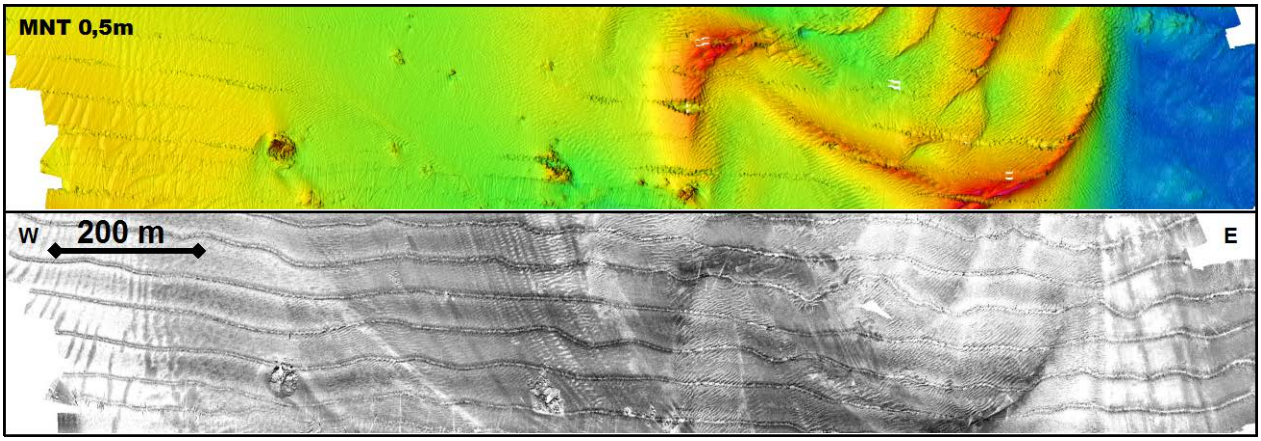


Figure 4 : Morphologie et réflectivité des fonds sur un même profil GeoSwath (Bretagne nord)

Une centrale inertielle de type Hydrins Ixsea corrige en temps réel les mouvements du bateau. Un bathy-célérimètre Valeport est également utilisé pour corriger *a posteriori* la vitesse du son dans la colonne d'eau et un marégraphe Valeport MIDAS WLR (fig. 5) avec une configuration en mode d'acquisition rafale (Burst) à une fréquence de 1 Hz en série de 30 enregistrements. Ce dernier a été mouillé, pour la campagne Géoméloine, au sud de l'archipel par 14 m de profondeur (48°45.530'N et 3°50.450'W).

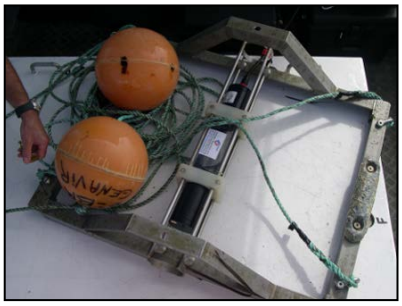


Figure 5 : Marégraphe Valeport MIDAS WLR

(b) Le sondeur vertical mono-faisceau Simrad EK60 couplé au système RoxAnn

Ce sondeur scientifique est un outil destiné autant à la détection de bancs de poissons dans la colonne d'eau par les pêcheurs ou les scientifiques (Coetzee *et al*., 2008) qu'à discriminer l'énergie renvoyée par les différents types de fond (Jordan *et al*., 2005 ; Hutin *et al*., 2005). Il fonctionne dans notre cas, à la fréquence de 120 kHz (sensibilité de l'ordre du centimètre), et avec une durée d'émission au maximum de 20 pings par seconde. L'ouverture angulaire de la base acoustique est de 7°. Pour des fonds de 10m, on a donc une empreinte au sol de l'ordre d'un mètre.

L'écho sondeur détermine la profondeur de la cible en émettant une impulsion sonore selon un faisceau dirigé suivant la verticale du navire. Le temps aller-retour navire/cible/navire est calculé. A l'aide de la célérité des ondes dans l'eau il est possible de définir la profondeur de la cible (Profondeur = c*dt/2). Pour un ping émis, plusieurs échos du fonds sont retournés, on obtient donc un échogramme qui permet d'obtenir une coupe transversale de la colonne d'eau (fig. 6). Comme tous les temps d'arrivée sont enregistrés, il est possible également de travailler sur le multiple (Lurton, 1998).

Le système RoxAnn est un logiciel de classification automatique de la nature des fonds. Il est directement branché sur la base du sondeur EK60. RoxAnn a été développé dans les années 1990 (Chivers *et al*., 1990 ; Chivers et Burns, 1992), initialement pour répondre aux besoins des extracteurs de granulats marins. Il analyse les échos renvoyés par le fond, émis par un sondeur bathymétrique monofaisceau. L'énergie de réverbération du fond qui est enregistrée par le sondeur, est transformée par un boîtier électronique (USP) en indices de rugosité E1 et de dureté E2. E1 correspond à la terminaison du premier écho de réflexion directe sur le fond, alors que le second écho E2 résulte de la réflexion multiple des ondes sur le fond et sous la surface. Le temps-trajet étant

plus long que pour E1, E2 est amplifié pour diminuer la perte de signal due à la dispersion de l'énergie réverbérée dans le milieu. La classification des fonds s'opère en temps réel par la combinaison de ces deux indices (fig. 7). En théorie, l'augmentation des valeurs du couple E1/E2 correspond à un gradient granulométrique croissant, de sorte qu'un sédiment vaseux et lisse aura un couple E1/E2 plus faible qu'un sédiment graveleux et ridé. RoxAnn est un système opérationnel autonome, pouvant acquérir des données ponctuelles peu dégradées, jusqu'à 10 à 12 nœuds dans certains cas. La cadence d'enregistrement est modulable. Pour un enregistrement toutes les 2 s, le volume des fichiers de données exportées ne représente pas plus de 2 méga octets par jour. RoxAnn est un système de cartographie souple d'utilisation mais de moyenne à basse résolution (plurimétrique à pluridécamétrique), en fonction de la profondeur moyenne sur la zone et de l'ouverture du sondeur.

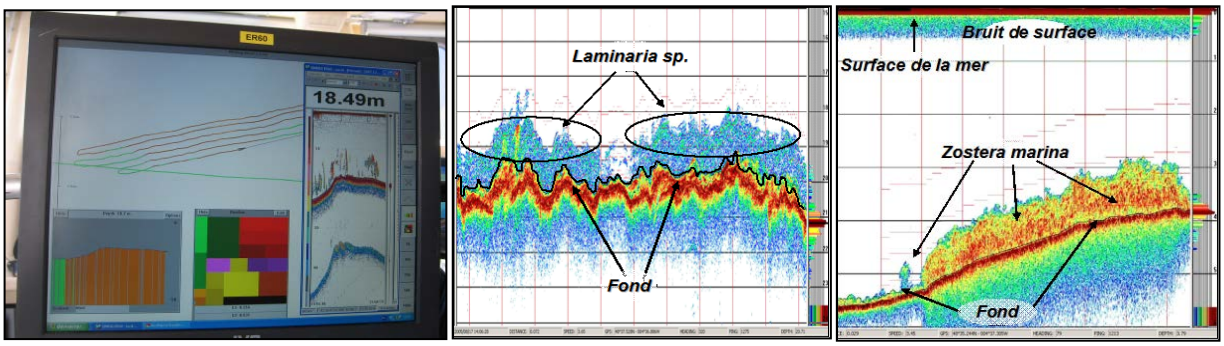


Figure 6 : Sondeur ER60 et échogrammes associés

Le système RoxAnn a fait l'objet de nombreuses études de synthèse (Foster-Smith *et al*., 1999 ; Hamilton, 2001). Il a été employé avec succès pour cartographier directement les biocénoses denses comme le maërl, les récifs coralliens, voire la végétation sous-marine telle que les laminaires (Hass et Bartsch, 2008), les ulves ou les herbiers de zostères (Monpert, 2010). Les exemples sont nombreux et ne se limitent pas uniquement aux biocénoses très rugueuses directement décelables par le système mais permet également de préciser les différents types de substrats (Ehrhold, 2000, Monpert 2010) et de renseigner également sur la teneur du sédiment en matière organique.

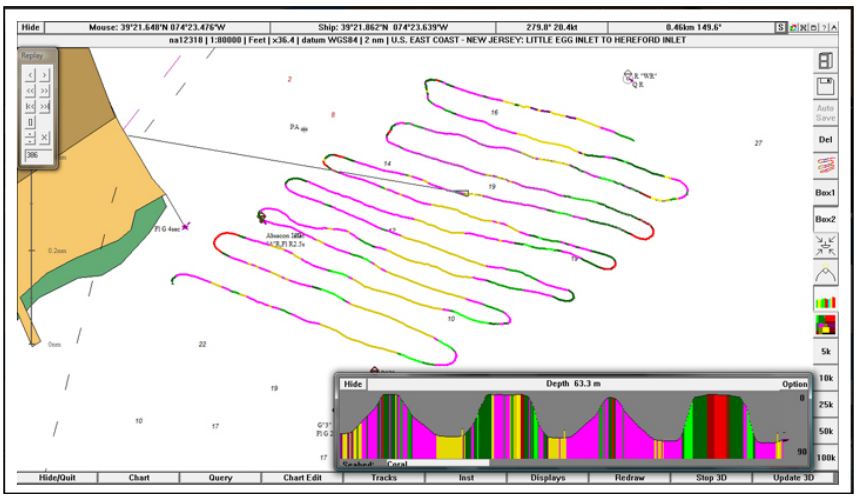


Figure 7 : Exemple de restitution des données RoxAnn en temps réel

(c) Le sondeur de sédiment (SDS ou chirp)

Le sondeur de sédiments permet d'accéder à la structure interne du sous-sol en visualisant les strates sédimentaires enfouies sous le fond de l'eau jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de profondeur (fig. 8). Les sondeurs de sédiments de l'IFREMER travaillent à des fréquences généralement comprises entre 1,8 et 5,3 kHz. Les signaux acoustiques émis sont des modulations de fréquence linéaires d'une durée de 10 à 100 ms. Le signal reçu consiste en une série temporelle d'échos réfléchis sur les interfaces sédimentaires. Aux fréquences considérées, l'énergie reçue provient essentiellement des réflexions cohérentes générées au niveau des discontinuités de l'impédance acoustique du milieu. L'énergie des échos rétro-diffusés au niveau du fond de l'eau et

des interfaces plus profondes est beaucoup plus faible. Les données des sondeurs de sédiments peuvent être utilisées pour réaliser des études qualitatives des structures géologiques et des processus sédimentaires. Les données peuvent également être exploitées pour estimer des paramètres géo-acoustiques (coefficient de réflexion, absorption…) et permettre ainsi de caractériser l'environnement géologique (nature des couches sédimentaires).

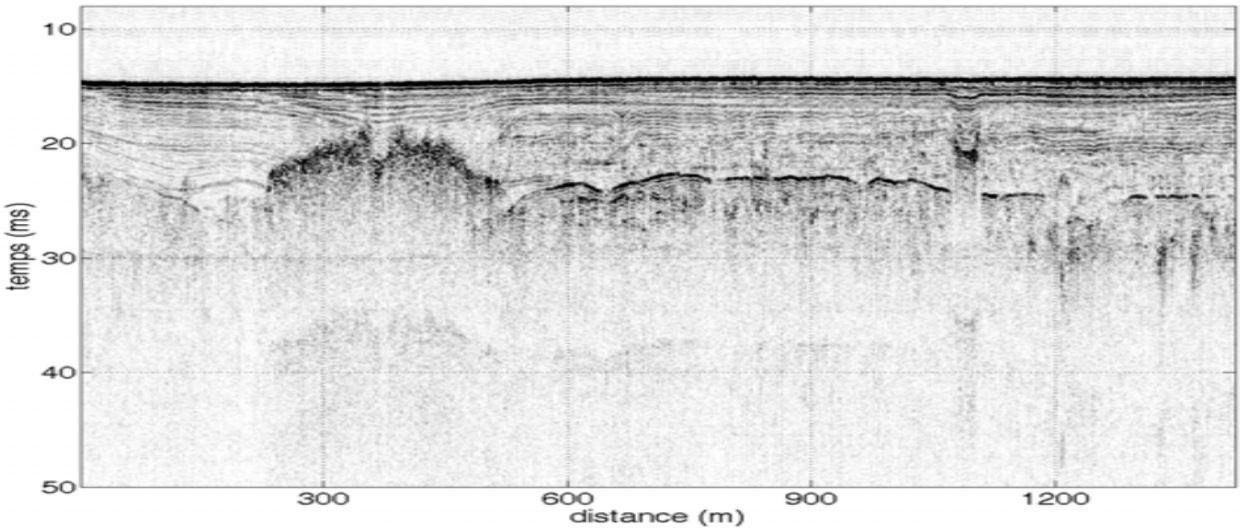


Figure 8 : Exemple de profil SDS haliotis en Bretagne sud

L'architecture générale d'un sondeur de sédiments (SDS) adapté aux très petits fonds (< 20 m) a été définie par l'IFREMER pour équiper la vedette côtière Haliotis. Les principales caractéristiques de ce SDS sont les suivantes :

- Efficacité sur des fonds sableux → Sondeur basse fréquence.
- Excellente résolution verticale (~20 cm) → FM dans la gamme de fréquence [1.7, 5.5 kHz].
- 0 < Hauteur d'eau < 20 m et faible tirant d'eau (40 cm).
- Acquisition sismique à vitesse relativement élevée : jusqu'à 7 nœuds.
- Niveau d'émission compatible avec une pénétration de 25 m (absorption $\alpha = 0.2$ dB/λ).
- Dimensions raisonnables et coût réduit.

L'acquisition est gérée par le logiciel SUBOP pour SUb-BOttom Profiler (développement Ifremer). Ce logiciel permet de piloter l'émission et la réception des signaux, de réaliser l'interface avec les capteurs du bord (navigation, bathymétrie, attitude) et d'archiver les données au format standard SEGY.

2. La navire de station Néomysis et les équipements embarqués

Afin de calibrer les faciès acoustiques de la mission Géoméloine, une seconde mission a eu lieu en septembre 2014 à bord du navire de la station Biologique de Roscoff (N/O Néomysis).

2.1 Le navire Néomysis

Les caractéristiques du navire sont consultables sur le site de la division technique de l'INSU. http://www.dt.insu.cnrs.fr/flottille/neomysis.php

2.2 Les prélèvements à la benne

Ils ont été effectués au moyen d'une benne Shipek. La benne Shipek (fig. 9) est une benne cylindrique qui agit par raclage-découpage du fond, permettant de caractériser rapidement la nature du sédiment. Celui-ci est emprisonné dans la partie mobile semi-cylindrique qui pivote et se libère de la tension du ressort au moment du contact avec le fond. La surface échantillonnée est de 4 dm^2, le volume maximal de sédiment récolté de 3 litres, et la profondeur maximale de prélèvement de 10 cm. Deux lests peuvent être employés en fonction de la dureté des sédiments ; 20 et 53 kg, seul le second a été mis en œuvre sur la Méloine.

Les échantillons une fois remontés à bord, sont pris en photo (fig. 9) et sous-échantillonnés dans un sac congélation. Une description de leur nature et leur position géographique sont également enregistrés dans le carnet de mission.

Figure 9 : Benne Shipek et sa mise en œuvre

2.3 Les acquisitions par vidéo sous-marine HD

Elles ont été faîtes à partir d'une caméra HD, montée dans un châssis, utilisé en dérive, lui-même en étant suspendu à un mètre environ au-dessus du fond, et posé à intervalles réguliers. L'équipement (matériel développé à DYNECO) est constitué d'un caméscope numérique Sony HD CX6 muni d'un éclairage LED de 50 W (fig. 10). Le logiciel Vidéonav (Lunven *et al*., 2002) permet de synchroniser le time-code numérique avec l'enregistrement des positions géographiques reçues du GPS. Les fichiers sont directement enregistrés en Haute Définition sur la carte mémoire du caméscope et au même moment enregistrés en Divx (format compressé) sur l'ordinateur. Le bâti est équipé de deux faisceaux lasers qui, quel que soit sa hauteur au-dessus du fond, permettent de connaître précisément la distance entre les deux marques de faisceaux sur le fond et ainsi d'avoir l'échelle des éléments observés (environ 15,7 cm) (fig. 10).

Figure 10 : Chassis vidéo HD (Ifremer/dyneco)

D. Déroulement des missions et synthèse des données acquises en 2014

1. Mission GéoMéloine (du 3 au 24 mai 2014)

Equipage Genavir : J. Le Doare, J. Le Gall
Participants :
A. Ehrhold, C. Guérin, E. Gautier, A. Gaillot (Ifremer)

L. Lévèque (SBR)

La vedette a été basée au nouveau port de plaisance du Bloscon pendant toute la durée de la campagne. Après plusieurs jours de conditions météorologiques défavorables, contraignant un repli sur les zones internes et peu profondes de la baie de Morlaix, le plateau de la Méloine a pu être cartographié, dans son intégralité selon les objectifs initiaux.

La chronologie de la mission a été la suivante :

Jour	Opérations	Zone	Conditions	Acquisitions	Opérations
03/05/2014	Mobilisation (mise à l'eau)	Mouillage du marégraphe			
04/05/2014	Escale				
05/05/2014	Départ Quai (6h41 UTC)	Dans le Nord des Trépieds	Mer belle	1 bathysonde 16 profils Gs+ 16 profils SDS 1 fichier RoxAnn 39 fichiers EK60	Retour Quai (14h45 UTC)
06/05/2014	Départ Quai (6h20 UTC)	Dans le sud des Trépieds	Mer belle, se dégradant en cours de journée	1 bathysonde 17 profils Gs+ 17 profils SDS 1 fichier RoxAnn 33 fichiers EK60	Retour Quai (14h35 UTC)
07/05/2014	Départ Quai (6h35 UTC)	Grosse mer sur zone : standby météo			Retour Quai (8h45 UTC)
08/05/2014	Départ Quai (6h53 UTC)	Petits fonds en baie de Morlaix	Sur le Plateau, mer trop mauvaise (30 nds établis)	1 bathysonde 30 profils Gs+ 45 profils SDS 1 fichier RoxAnn 31 fichiers EK60	Retour Quai (13h20 UTC)
09/05/2014	Départ Quai (6h30 UTC)	Petits fonds en baie de Morlaix	Mer trop formée sur le plateau, repli en zone interne	1 bathysonde 30 profils Gs+ 30 profils SDS 1 fichier RoxAnn 26 fichiers EK60	Retour Quai (12h30 UTC)
10/05/2014	Départ Quai (6h35 UTC)	Grosse mer sur zone : standby météo			Retour Quai (8h45 UTC)
11/05/2014	Escale				
12/05/2014	Départ Quai (5h43 UTC)	Petits fonds en baie de Morlaix	Mer trop formée sur le plateau, repli en zone interne	1 bathysonde 18 profils Gs+ 18 profils SDS 1 fichier RoxAnn 31 fichiers EK60	Retour Quai (12h15 UTC)
13/05/2014	Escale avancée pour raison météo				
14/05/2014	Départ Quai (5h42 UTC)	Plateau de la Méloine	Mer encore un peu formée	1 bathysonde 17 profils Gs+ 17 profils SDS 1 fichier RoxAnn 45 fichiers EK60	Retour Quai (14h58 UTC)
15/05/2014	Départ Quai (5h45 UTC)	Plateau de la Méloine	Mer belle, petite houle de NW	1 bathysonde 29 profils Gs+ 31 profils SDS 1 fichier RoxAnn 40 fichiers EK60	Retour Quai (14h05 UTC)
16/05/2014	Départ Quai (6h38 UTC)	Plateau de la Méloine	Mer belle	1 bathysonde 10 profils Gs+ 10 profils SDS 1 fichier RoxAnn 30 fichiers EK60	Retour Quai (14h15 UTC)
17/05/2014	Départ Quai (5h41 UTC)	Plateau de la Méloine	Mer belle	1 bathysonde 22 profils Gs+ 22 profils SDS 1 fichier RoxAnn 35 fichiers EK60	Retour Quai (14h28 UTC)

18/05/2014	Départ Quai (5h05 UTC)	Nord plateau de la Méloine	Mer belle	1 bathysonde 19 profils Gs+ 19 profils SDS 1 fichier RoxAnn 35 fichiers EK60	Retour Quai (13h32 UTC)
19/05/2014	Départ Quai (5h04 UTC)	Nord et ouest plateau de la Méloine	Mer belle	1 bathysonde 22 profils Gs+ 14 profils SDS 1 fichier RoxAnn 40 fichiers EK60	Retour Quai (13h41 UTC)
20/05/2014	Escale				
21/05/2014	Départ Quai (5h06 UTC)	Plateau de la Méloine - Primel	Mer belle	1 bathysonde 15 profils Gs+ 11 profils SDS 1 fichier RoxAnn 26 fichiers EK60	Retour Quai (13h45 UTC)
22/05/2014	Départ Quai (6h30 UTC)	Plateau de la Méloine - Primel	Mer belle	1 bathysonde 13 profils Gs+ 14 profils SDS 1 fichier RoxAnn 35 fichiers EK60	Retour Quai (13h52 UTC)
23/04/2014	Départ Quai (5h40 UTC)	Primel – Fond de baie	Mer belle	1 bathysonde 10 profils Gs+ 8 profils SDS 1 fichier RoxAnn 16 fichiers EK60 10 prélèvements	Retour Quai (12h02 UTC)
24/04/2014	Démobilisation	Récupération marégraphe – fin de la mission			

Le bilan des opérations est donc le suivant (voir aussi fig. 11 et 12) :

Mission	**Date**	**Nb de jours réels d'acquisition**	**Type d'opération sur la zone**	**Nb de profils (km/mn)**	**Surface couverte sur le Plateau**
Géoméloine	03/05 au 24/05/2014	14	Fichiers GeoSwath	285 (554 km)	33 km^2
			Fichiers SDS	284	
			Fichiers EK60	465	
			Fichiers RoxAnn	14	
			Prélèvement petite ponar	10	

2. Mission NéoMelec'h (du 29 octobre au 1 novembre 2014)

Equipage SBR : G. Maron, N. Guidal, F. Xx
Participants :
A. Ehrhold, A. Roubi, X. Caisey, J.D. Gaffet (Ifremer)
L. Lévèque (SBR)
C. Prunier, P. Leroy (IUEM).

Cette mission s'est déroulée sur le navire Néomysis et avait pour but :

- de qualifier les faciès acoustiques de Géoméloine par prélèvements (tab. 2, fig. 13) et vidéo HD,
- d'apporter quelques premiers éléments sur la densité du couvert végétal par vidéo HD,
- d'acquérir des données de sismique sparker complémentaires sur le paléoréseau fluviatile et les corps sableux.

La mise en œuvre du châssis vidéo au-dessus des pinacles rocheux a été difficile malgré le fait de disposer d'un modelé bathymétrique fin du fond pour préparer les profils. Les vidéos concernées sont

les 1, 4, 5 et 6. Le châssis s'est retrouvé à plusieurs reprises coincé dans les irrégularités rocheuses, endommagé, nécessitant des réparations lourdes post-campagne.

La chronologie de la mission a été la suivante (voir aussi fig. 11) :

Jour	Départ Quai	Opérations	Retour Quai
29/10/2014	8h50	32 prélèvements à la benne shipek pour 48 coups de benne	17h03
30/10/2014	9h28	14 profils vidéo pour une durée totale de 160 mn d'enregistrements	17h30
01/11/2014	9h19	14 profils sismique sparker	19h15

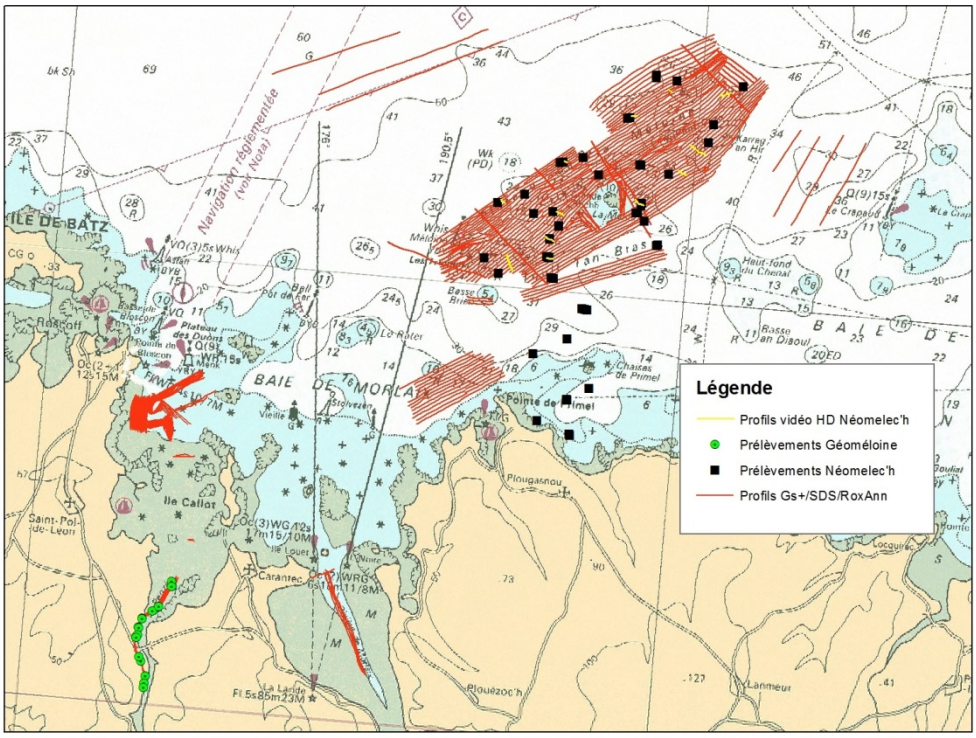


Figure 11 : Position des acquisitions pour les deux missions (Projection lambert 93)

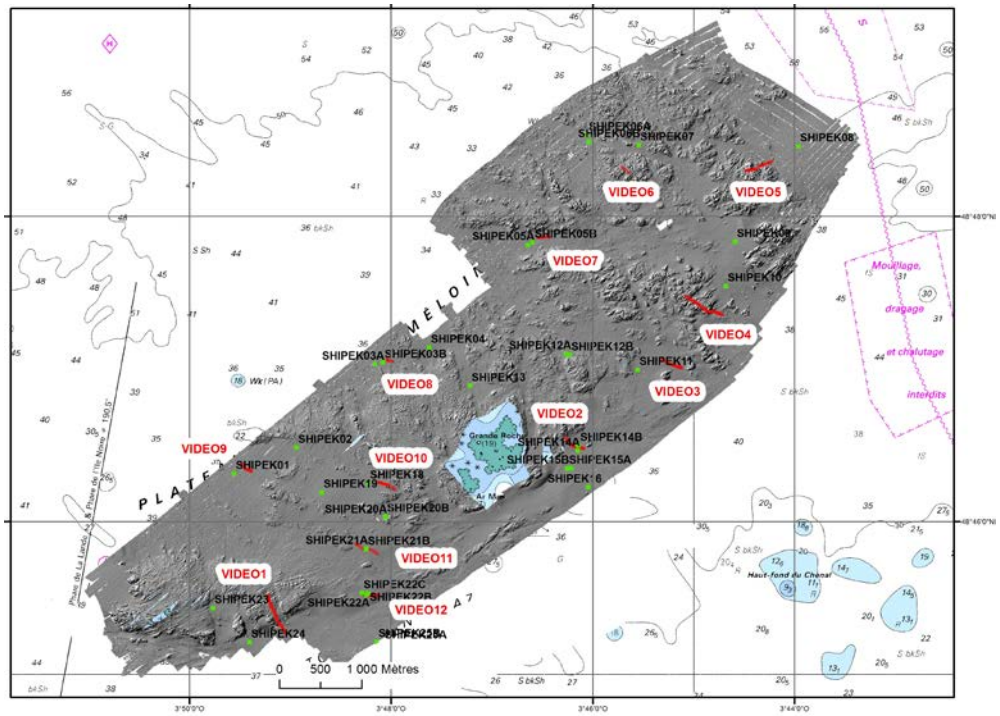


Figure 12 : Position détaillée des prélèvements et des profils vidéos sur le plateau de la Méloine

DATE	HEURE	X	Y	NOM	DESCRIPTION BORD
29/09/2014	09h38	3° 49.560' W	48° 46.317' N	SHIPEK01	moyennement remonté, Sable coq graveleux et caillouteux tres peu encrouté, bien avé, assez meuble = sédiment mobile
29/09/2014	09h45	3° 48.941' W	48° 46.487' N	SHIPEK02	très bien remplie, débris coquilliers quasiment à 90%, valves entières mais de petite taille = sédiment mobile
29/09/2014	09h55	3° 48.162' W	48° 47.033' N	SHIPEK03A	A, 1er essai peu remonté, sable coquillier avec plusieurs holothuries blanches ? à confimrer pour la détermination
29/09/2014	09h59	3° 48.085' W	48° 47.046' N	SHIPEK03B	B, idem, benne remplie mais sans les holothuries
29/09/2014	10h05	3° 47.624' W	48° 47.142' N	SHIPEK04	très bien remplie, débris coquilliers plus fins avec quelques petits gravillons
29/09/2014	10h20	3° 46.645' W	48° 47.816' N	SHIPEK05A	A Fond dur, quelques cailloutis, trop peu remonter, 2eme essai
29/09/2014	10h23	3° 46.597' W	48° 47.833' N	SHIPEK05B	B idem, mais un peu plus, cailloutis et petits galets propres avec une matrice de sable coquillier
29/09/2014	10h33	3° 46.060' W	48° 48.536' N	SHIPEK06A	A, peu remonté sable coquillier grossier graveleux et caillouteux
29/09/2014	10h36	3° 46.043' W	48° 48.491' N	SHIPEK06B	B, sable coquillier grossier graveleux et caillouteux
29/09/2014	10h43	3° 45.548' W	48° 48.469' N	SHIPEK07	Mouture de fins débris coquilliers, remplie complètement = sur mégarides
29/09/2014	10h54	3° 43.965' W	48° 48.463' N	SHIPEK08	bien remplie, Sm à Sg très homogène brun
29/09/2014	11h03	3° 44.591' W	48° 47.837' N	SHIPEK09	Grossier, peu remonté , thanatocénose de coquilles entières d'amande de mer et quelques cailloutis
29/09/2014	11h08	3° 44.682' W	48° 47.546' N	SHIPEK10	Très bien remplie mouture de débris coquilliers
29/09/2014	11h17	3° 45.558' W	48° 46.998' N	SHIPEK11	Très bien remplie mouture fine de débris coquilliers
29/09/2014	11h24	3° 46.273' W	48° 47.102' N	SHIPEK12A	A, trop peu, queqlues cailloutis encroutés, benne conservée
29/09/2014	11h28	3° 46.234' W	48° 47.094' N	SHIPEK12B	B 2eme essai, vide fond trop dur
29/09/2014	11h36	3° 47.222' W	48° 46.893' N	SHIPEK13	Bien remplie,mouture de débris coquilliers
29/09/2014	11h46	3° 46.153' W	48° 46.468' N	SHIPEK14A	Sable graveleux
29/09/2014	11h49	3° 46.147' W	48° 46.501' N	SHIPEK14B	Gravier sableux (sable moyen) moins de débris coquillier
29/09/2014	11h57	3° 46.219' W	48° 46.351' N	SHIPEK15B	Sable moyen légèrement graveleux
29/09/2014	11h54	3° 46.256' W	48° 46.351' N	SHIPEK15A	peu remonté hétérogène coquillier un peu de sable moyen à grossier
29/09/2014	12h02	3° 46.049' W	48° 46.229' N	SHIPEK16	très bien rempli Sm à grossier brun bien lavé et trié
29/09/2014	12h09	3° 45.683' W	48° 45.872' N	SHIPEK17A	hétérogène caillouteux en place
29/09/2014	12h12	3° 45.708' W	48° 45.863' N	SHIPEK17B	Idem, hétérogène caillouteux en place
29/09/2014	13h03	3° 48.229' W	48° 46.253' N	SHIPEK18	mouture de débris coquillier
29/09/2014	13h07	3° 48.688' W	48° 46.194' N	SHIPEK19	mouture de débris coquillier
29/09/2014	13h15	3° 48.059' W	48° 46.029' N	SHIPEK20A	Gros gravier et cailloutis roulés avec matrice de sable coquillier
29/09/2014	13h18	3° 48.060' W	48° 46.036' N	SHIPEK20B	idem avec un peu moins de quantité
29/09/2014	13h24	3° 48.251' W	48° 45.825' N	SHIPEK21A	tres peu remontée, cailloutis graveleux roulés
29/09/2014	13h27	3° 48.250' W	48° 45.820' N	SHIPEK21B	petits galets émoussés et graviers roulés.
29/09/2014	13h34	3° 48.246' W	48° 45.522' N	SHIPEK22A	1 cailloutis et quelques graviers
29/09/2014	13h37	3° 48.233' W	48° 45.532' N	SHIPEK22B	trop peu caiiloutis en plaque et graviers
29/09/2014	13h39	3° 48.291' W	48° 45.535' N	SHIPEK22C	fond dur, très peu remonté, cailloutis + 1 étoile de mer plate !!!
29/09/2014	13h50	3° 49.768' W	48° 45.436' N	SHIPEK23	Bien remplie, Sable gravleux et cailloutis roulés. 1 pagure
29/09/2014	13h57	3° 49.406' W	48° 45.211' N	SHIPEK24	Graviers sableux très coquillliers
29/09/2014	14h08	3° 48.084' W	48° 45.204' N	SHIPEK25A	fond dur, sable moyen graveleux, cailloutis en plaques
29/09/2014	14h10	3° 48.147' W	48° 45.215' N	SHIPEK25B	idem, fond dur
29/09/2014	14h20	3° 47.227' W	48° 44.760' N	SHIPEK26A	peu remonté graviers de coquilles rousses + petits cailloutis
29/09/2014	14h22	3° 47.284' W	48° 44.765' N	SHIPEK26B	1 cailloutis encrouté et coquilles brisées
29/09/2014	14h24	3° 47.352' W	48° 44.768' N	SHIPEK26C	graviers et coquiles brisées, hétérogène, mal classé
29/09/2014	14h31	3° 47.640' W	48° 44.279' N	SHIPEK27	Sm coquillier (grosses valves) mal calibré
29/09/2014	14h41	3° 47.011' W	48° 43.529' N	SHIPEK28	Mouture de gros débris coquillier essentiellement de moule
29/09/2014	14h47	3° 47.523' W	48° 43.327' N	SHIPEK29A	Très mal classé hétérogène coquillier
29/09/2014	14h50	3° 47.517' W	48° 43.319' N	SHIPEK29B	idem avec un 1 galet mal équarri dépourvu d'épifaune
29/09/2014	14h57	3° 47.388' W	48° 42.781' N	SHIEPK30	peu sable fin a moyen homogène et compact
29/09/2014	14h59	3° 47.372' W	48° 42.767' N	SHIPEK30	2eme essai idem sable brun avec pelotte de vase gris sombre
29/09/2014	15h05	3° 48.186' W	48° 42.957' N	SHIPEK31	peu remonté Sf a moyen verdatre compacte avec quelques perles de vase
29/09/2014	15h15	3° 48.411' W	48° 44.000' N	SHIPEK32	débris coquillier et gravillons

Tableau 2 : Liste des prélèvements effectués à la benne Shipek (WGS84)

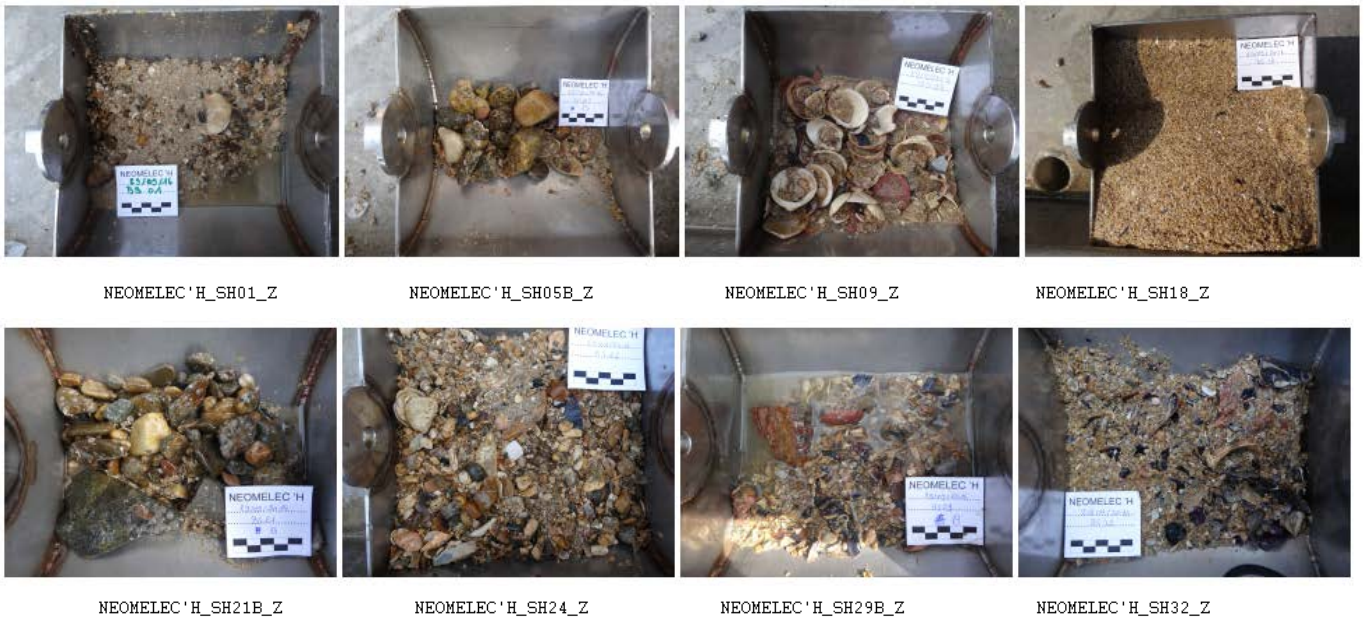


Figure 13 : Exemples de quelques types de sédiments reconnus sur le plateau de la Méloine

E. Traitements des données acoustiques et d'observations

1. Les données des sondeurs et des équipements de positionnement associés

L'intégralité des données acoustiques de la vedette Haliotis ainsi que les données de marée GPS ont été traitées avec le logiciel Ifremer Caraibes (http://flotte.ifremer.fr/flotte/Presentation-de-la-flotte/Logiciels-embarques/CARAIBES).

1.1 Traitement des données de marée GPS

La marée est définie à partir de la mesure d'altitude du GPS selon l'équation suivante (fig. 14) :

$$\text{Marée}_{GPS} = Z_{GPS} - H_{GPS} - RAF98 + ZH$$

avec :

Z_{GPS} la mesure de Z fournie par le GPS ;
H_{GPS} la hauteur de l'antenne GPS au-dessus de la ligne de flottaison ;
RAF98 le niveau de l'IGN69 par rapport à l'ellipsoïde WGS84 ;
ZH le niveau du zéro hydrographique au-dessous de l'IGN69.

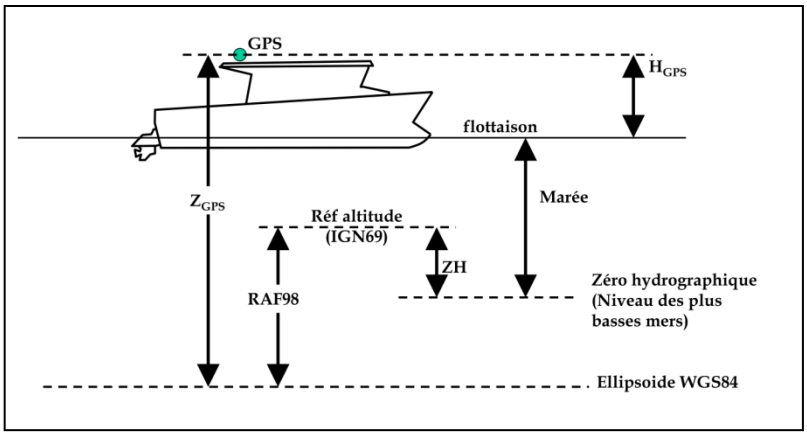


Fig. 14 : Principe de calcul de la marée GPS (source H. Bisquay/GENAVIR)

Les courbes de correction de marée sont calculées à l'aide du logiciel Caraibes :

- extraction des données d'altitude GPS à partir des fichiers de la centrale de navigation CINNA,
- lissage des valeurs d'altitude,
- recalage de ces données sur le zéro hydrographique,
- élimination des valeurs erratiques,
- validation par comparaison avec les données du marégraphe côtier numérique du Conquet.

1.2 Traitement des données bathymétriques sous Caraibes

Les données de bathymétrie du sondeur GeoSwath ont été traitées avec le logiciel Caraibes suivant les étapes suivantes:

- importation des données (module TGeos)
- prise en compte de la navigation traitée avec la chaîne de traitement Trinav de Genavir (module Tngmg77),
- correction de marée à partir des données GPS (modules ImpTide, EdiAsc, Cosima)
- filtrage automatique et nettoyage manuel des sondes aberrantes (module Odicce)
- création et exportation des MNT au format .flt (modules Mailla et MntAsc)
- visualisation 3D (module Visu3D, fig. 15)

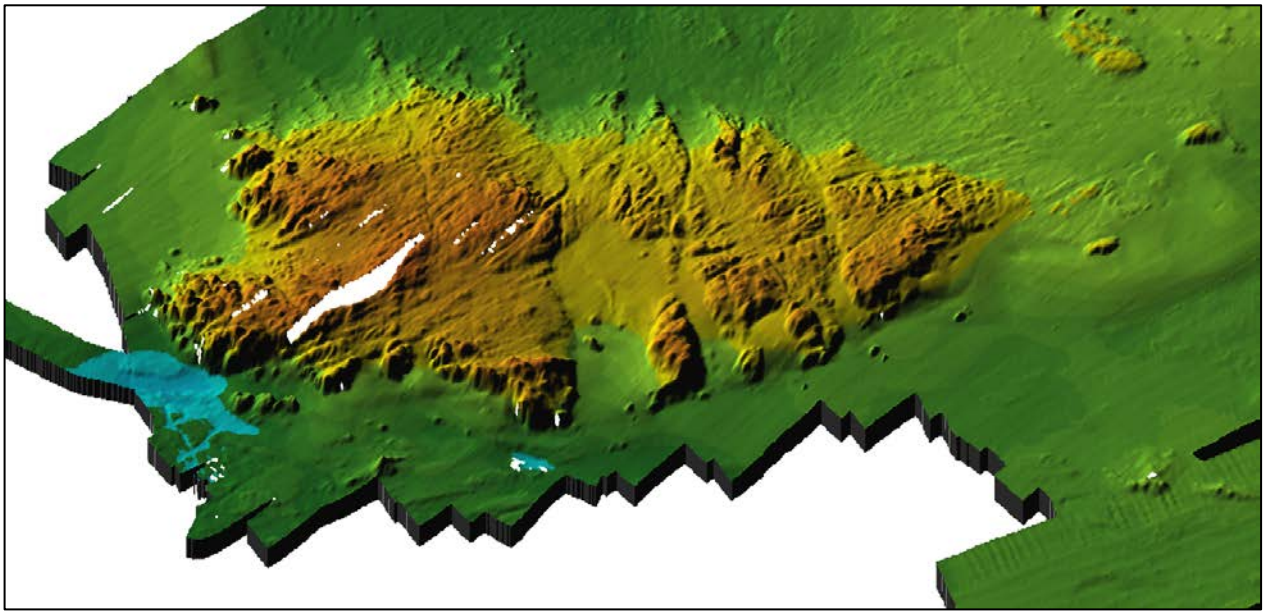


Figure 15 : Visualisation 3D du MNT à 5 m de la zone sud (basse des Trépieds)

1.3 Paramètres géomorphologiques dérivés de la bathymétrie

Dans l'objectif d'affiner la délimitation des zones rocheuses, comme pour les travaux publiés sur Molène et Morlaix (Le Gall et al., 2014, Gorman et al., 2012), deux types de raster ont été produits sous ArcGis 10.3, sur la base du MNT bathymétrique : (1) un raster d'ombrage avec différentes options d'éclairages et (2) un raster de pente (fig. 16).

Le raster d'ombrage est une vue en faux-relief, avec un effet de rasance plus ou moins accentué, en tenant compte d'un angle défini d'une source d'éclairage hypothétique. L'ombrage améliore nettement la visualisation et l'interprétation des données et facilite notamment l'identification des zones de roches affleurantes (présence de pinacles, failles, linéations structurales) et sub-affleurantes (rugosité plus élevée que les fonds meubles). Par défaut, l'ombre et la lumière sont des nuances de gris associées à des entiers de 0 à 255 (du noir au blanc).

Le raster de pente donne le taux de variation maximum de la valeur z sur 3 cellules voisines. Le raster de pente a permis de tracer les contours des massifs rocheux grâce à la forte corrélation entre les valeurs de la pente et le substrat dur. Le passage brusque d'un secteur de forte pente vers un autre à pente douce indique la limite entre les deux types de fond.

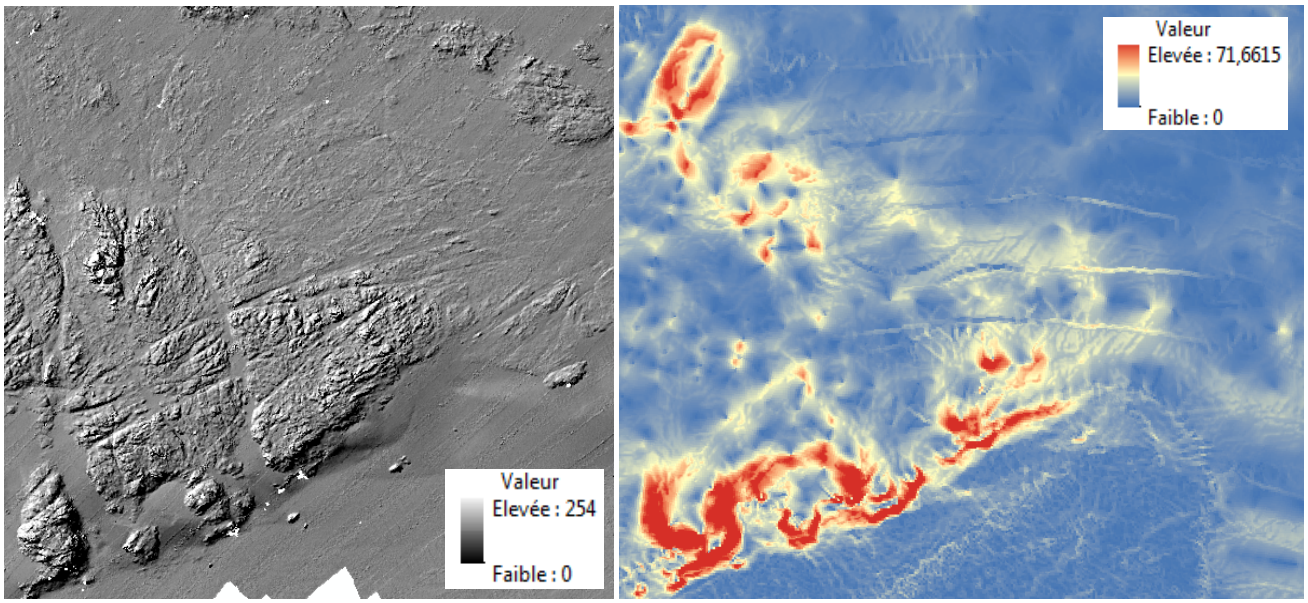


Figure 16 : Exemples de restitution d'ombrage et de pente au sud de la zone

1.4 Le traitement des données d'imagerie du sonar GeoSwath 250 kHz

Les mosaïques sonars (fig. 17) ont été réalisées avec le logiciel Geotexture (© kongsberg Geoacoustics). Il s'agit d'une suite d'outils qui permettent de corriger les images sonars afin de les mosaïquer (images géoréférencées de la rétrodiffusion des fonds en N&B). Les opérations appliquées sur les données sont celles communément utilisées avec ce type de capteur, à savoir :

- détection du fond et suppression de la colonne d'eau
- filtrage bathymétrique
- correction d'obliquité
- normalisation (compensation latérale)
- réalisation de mosaïques au pas de 50 ou 80 cm.

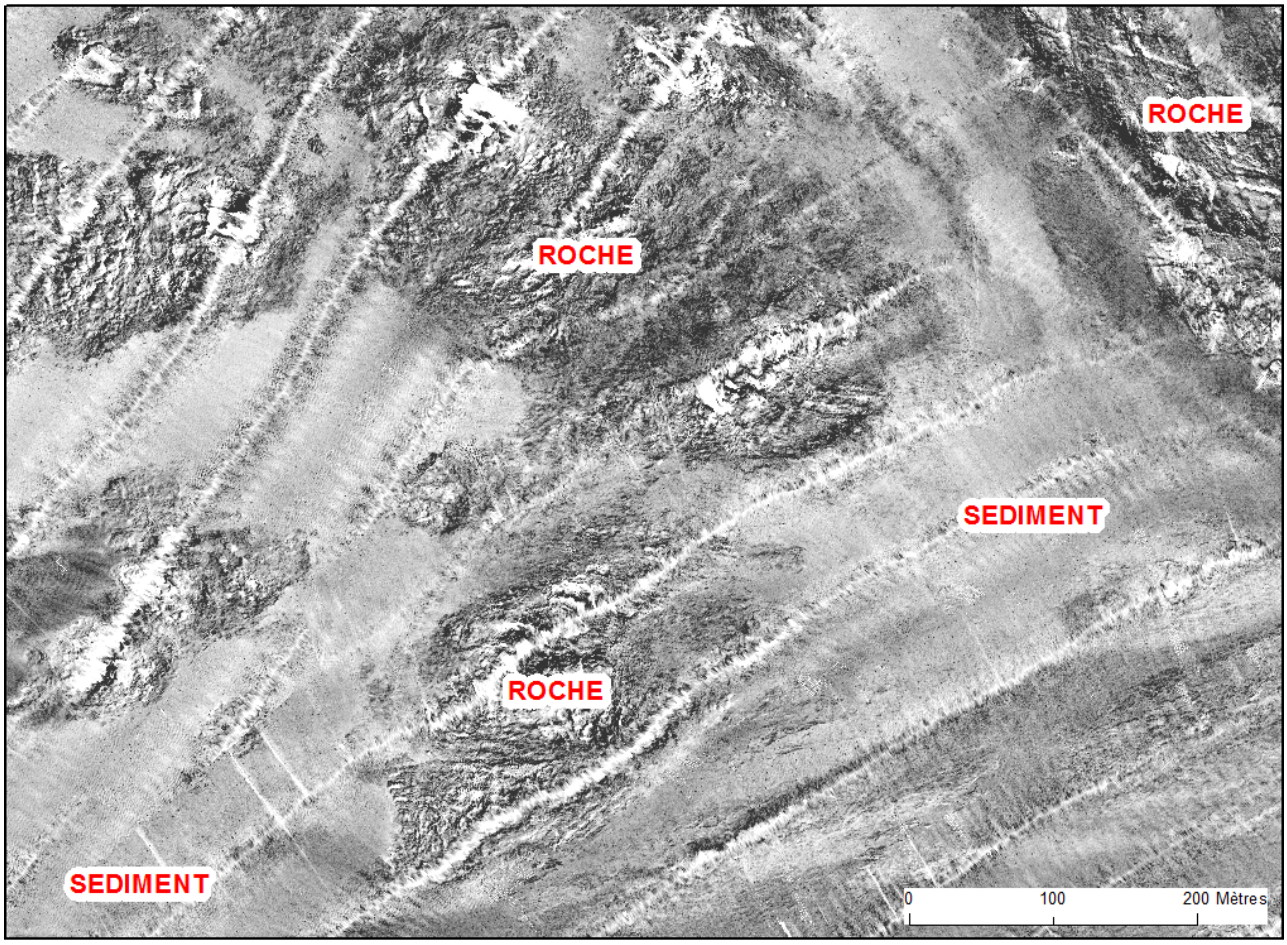


Figure 17 : Mosaïque sonar GeoSwath (à 80cm) sur la zone d'étude

Chaque signature acoustique est caractérisée par une teinte ou "niveaux de gris" et une texture associée à la rugosité de l'image. Dans cette étude, les images ont été analysées dans ArcGis au 1/2000ème, en mode inverse, c'est-à-dire que les ombres sont portées en blanc. Lorsque le signal renvoyé par le fond est fortement rétrodiffusant, la teinte tend vers un gris plutôt foncé à noir. Inversement lorsqu'il est faible, elle vire vers un gris clair à blanc. Plus le niveau d'énergie est important et plus le fond est composé d'éléments grossiers, durs ou rugueux. Les zones rocheuses ont une texture très caractéristique sur les mosaïques sonars, permettant de les caractériser rapidement. Dans le détail, 3 sous-catégories ont ainsi été déterminées :

- la roche affleurante massive avec des reliefs et pouvant présenter des failles ou diaclases,
- la roche dite "sub-affleurante" correspondant à une roche avec peu de relief, recouverte d'une fine pellicule de sédiments et ne laissant apparaître que quelques lambeaux ou pointements du substratum rocheux,
- enfin les zones sédimentaires présentant une large palette de signatures acoustiques.

2. Les données d'observations par prélèvements et vidéo sous-marine

12 profils vidéos et 25 stations de prélèvements ont été réalisés sur le plateau (fig. 12). L'interprétation des données acoustiques a été confrontée aux observations faîtes lors de la mission Neomeclec'h, par des prélèvements shipek et surtout des profils de vidéo sous-marine pour préciser la nature des contacts entre roche et sédiment. La difficulté pour réaliser le nombre de profils initialement prévus sur les zones de roche, en raison des risques de casse ou de perte du matériel vidéo, nous a contraint à limiter cette approche après les 5 premiers profils. Les profils qui traversent le soubassement rocheux jusqu'à la couverture sédimentaire sont P1, P2, P4, P5, P6 et P10.

L'analyse des données vidéo (fig. 18) a été réalisée sous ArcGis (fig. 19). Les pertes du signal GPS associé au logiciel d'acquisition VIDEONAV ont nécessité d'exploiter la navigation enregistrée en parallèle avec le module d'ArcGis, mais avec une fréquence de 10s au lieu des 2s natives. Une interpolation toutes les secondes a donc été calculée pour chaque shape de points, afin de tenir compte de la richesse et de la variabilité des paysages sous-marins. Les informations attributaires suivantes ont été renseignées :

- Mission
- Date
- Heure
- Timecode
- Evènements (pose, cheminement)
- Capture d'image
- Nature du fond
- Morphologie du fond
- Remarques (présence de laminaires, épifaune, etc…)
- Commentaire (sur la qualité de l'image)
- Lien vers l'archive correspondant au film

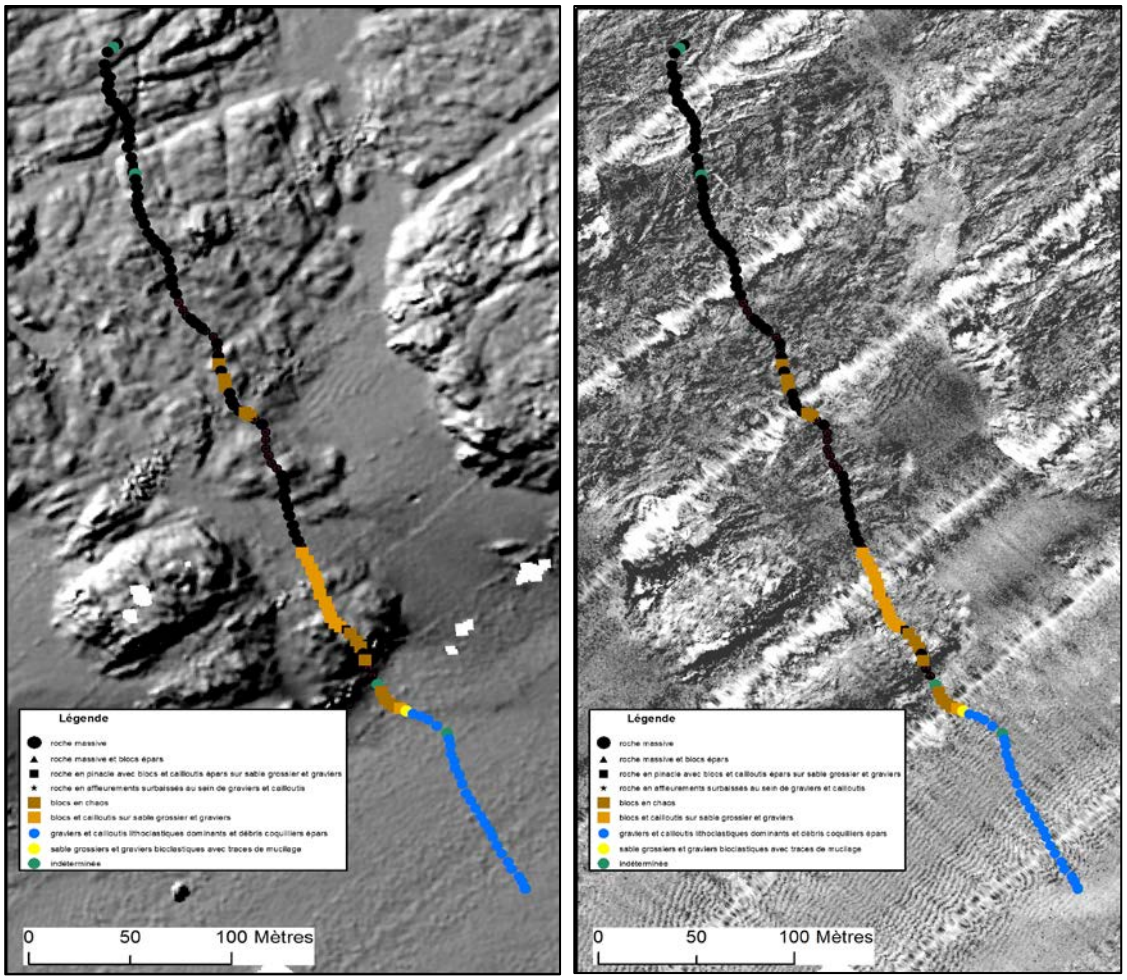


Figure 19 : Analyse du profil vidéo n°1 (gauche : sur ombrage MNT ; droite : sur imagerie)

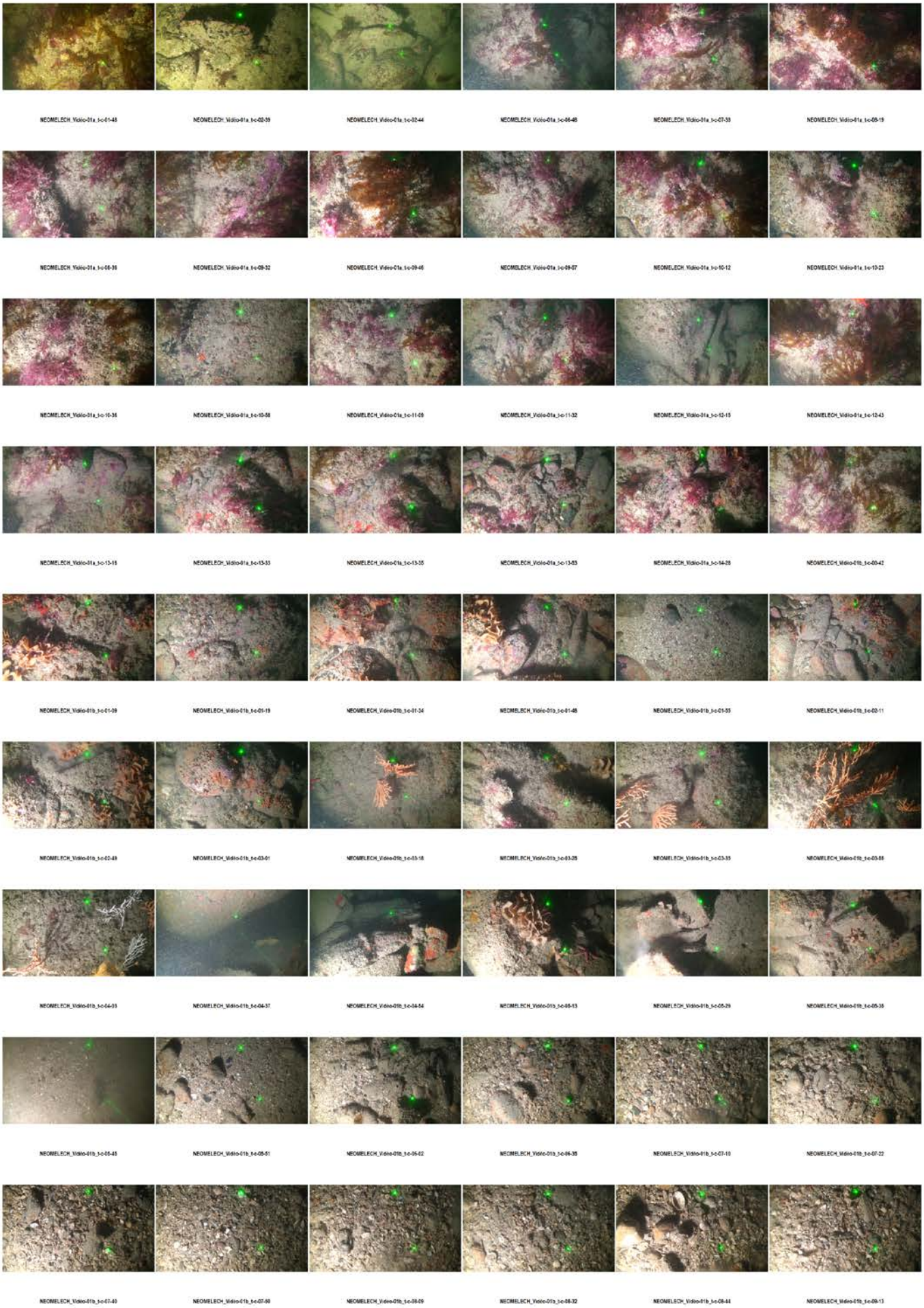


Figure 18 : Exemple d’extraction d’images pour le profil vidéo 1

F. Conclusion

Ce second rapport apporte des informations complémentaires sur la méthodologie employée pour traiter les données des campagnes GéoMéloine (2014) et NéoMelec'h (2014). L'interprétation des données de vidéo sous-marine de l'archipel aura permis d'affiner l'interprétation des données acoustiques en termes de distinction entre les zones rocheuses et sédimentaires. Dans les zones rocheuses prospectées, la couverture végétale est apparue relativement clairsemée, du fait aussi de la gamme des profondeurs d'acquisitions (> 15m).

Deux documents majeurs sont livrés à l'Agence et à la SBR. Le premier concerne le MNT bathymétrique de la zone à 5m (fig. 20), le second celui de la distribution des masses rocheuses affleurantes ou légèrement affleurantes (fig. 21). L'analyse des profils vidéos est également associée à cette livraison. Le dernier rapport (décembre 2015) permettra de rentrer davantage dans le détail de la structuration des fonds de cet archipel et de ses interactions avec la couverture sédimentaire superficielle très mobile dans cette région.

Références bibliographiques

Augris C., Simplet L. et al., 2011. Atlas géologique de la baie de Lannion (Côte-d'Armor - Finistère). Partenariat Ifremer - Conseil général des Côtes-d'Armor et Lannion Trégor-agglomération. Atlas & cartes, sept cartes, échelle 1/20 000 + livret d'accompagnement, 112 p. Éd Quæ.

Auvray B., Lefort JP., 1971. Etude des terrains antécambriens et paléozoïques immergés au large du petit Tregor (Manche occidentale). Essai cartographique. Soc. Geol. Miner. Bretagne, BuII. I, pp. 77-82.

Battistini R., Martin S., 1956. La plate-forme à écueils du N.O. de la Bretagne. Norois, n°10, pp. 147-161.

Boillot G., 1964. Géologie de la Manche occidentale : fonds rocheux, dépôts quaternaires, sédiments actuels. Ann . Inst . Océanogr., Paris, 42, 219 p.

Cabioch L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale, Cahiers de Biologie Marine, 9, 493-720.

Chivers R.C., Emerson N., Burns D., 1990. New Acoustic Processing for Underway Surveying. The Hydrographycal Journal, 56, 9-17.

Chivers R.C., Burns D., 1992. Acoustic surveying of the sea bed. Acoustics Bulletin, 17(1), 5-9.

Coetzee J.C., Merkle D., de Moor C.L., Twatwa N.M., Barange M., Butterworth D.S., 2008. Refined estimates of South African pelagic fish biomass from hydro-acoustic surveys: quantifying the effects of target strength, signal attenuation and receiver saturation. African Journal of Marine Science, 30 (2), 205-217.Ehrhold, 2000.

Ehrhold A., Gautier E., Roubi A., Guérin C., Gaillot A., Gaffet J.D., Caisey X., 2015. Etude morpho-sédimentaire du plateau rocheux de la Méloine (Finistère nord) - Recueil des données acoustiques, sédimentaires et d'observations acquises pendant les missions GEOMELOINE et NEOMELEC'H en 2014. Rapport GM/LES/15-01/AE, 13 p.

Ehrhold A., Hamon D., Chevalier C., Autret E., Houlgatte E., Gaffet J.D., Caisey X., Cordier C., Dutertre M., Alix A.S., Navon M., Kerdoncuff J., Gentil F., Thiébaut E., 2011. Réseau de surveillance benthique (REBENT) – Région Bretagne. Approche sectorielle subtidale : Identification et caractérisation des habitats benthiques du secteur Morlaix. RST/IFREMER/ODE/DYNECO/Ecologie benthique/11-03/REBENT, 129 p., 14 annexes (volume séparé, 276 p).

Foster-Smith R.L., Davies J., Sotheran, I., 1999. Broad scale remote survey and mapping of sublittoral habitats and Biota. Report of sublittoral mapping methodology of the BMAP Project, Sea Map research group, 157 p.

Franzetti, M., Delacourt, C., Garlan, T., Le Roy, P., Cancouët, R., Submitted, Giant sandwave morphologies and dynamics in a deep continental shelf environment: example of the Banc du Four (Western Brittany, France). Marine Geology, Volume 346, 1 December 2013, Pages 17–30.

Gorman D., Bajjouk T., Populus J., Vasquez M., Ehrhold A., 2013. Modeling kelp forest distribution and biomass along temperate rocky coastlines. Marine Biology, Volume 160, Issue 2, 309-325.

Hamilton L.J., 2001. Acoustic seabed classification systems. Rapport DSTO, TN, 0401, 75 p.

Hass C., Bartsch I., 2008. Acoustic kelp bed mapping in shallow rocky coasts – case study Helgoland (North Sea).Hutin E., Simard Y., Archambault P. 2005. Acoustic detection of a scallop bed from a single-beam echosounder in the St. Lawrence. ICES Journal of Marine Science, 62, 966-983.

Jordan A., Lawler M., Halley V. and Barrett N., 2005. Seabed habitat mapping in the Kent Group of islands and its role in marine protected area planning. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 15, pp. 51-70.

Le Gall B., Authemayou C., Ehrhold A., Paquette J.L, Bussien, Chazot G., Aouizerat A. and Pastol Y, 2014. LiDAR offshore structural mapping and U/Pb zircon/monazite dating of Variscan strain in the Leon metamorphic domain, NW Brittany. Tectonophysics, Volume 630, 3 September 2014, Pages 236–250.

Lunven M., Le Goualher V., Vasquez M. 2002. VIDEONAV : Logiciel de navigation, traitement des bandes vidéo benthiques. Rapport Ifremer, 20 p. Lurton X., 1998. Acoustique sous-marine. Présentation et applications. Edition Quæ, 110 p.

Lurton X., 2001. Précision de mesure des sonars bathymétriques en fonction du rapport signal/bruit. Traitement du Signal, vol. 18, n°3, pp ; 179-194.

Monpert C., 2010. Approche multi-capteurs de la végétation sous-marine en baie de Morlaix. Rapport stage Master 2, Ifremer-ENSIETA, 59 p.

Pluquet F. et Ehrhold A., 2009. Une nouvelle stratégie d'étude des habitats marins littoraux au moyen de la vedette acoustique V/O Haliotis. Rapport Ifremer, DYNECO/EB/09-02/FP, 74 p. + 4 annexes.

Walker P., 2001. Dynamique sédimentaire dans le Golfe Normand-Breton. Intérêt de l'imagerie par sonar à balayage latéral. Thèse 3ème cycle, Université de Caen, 288 p.

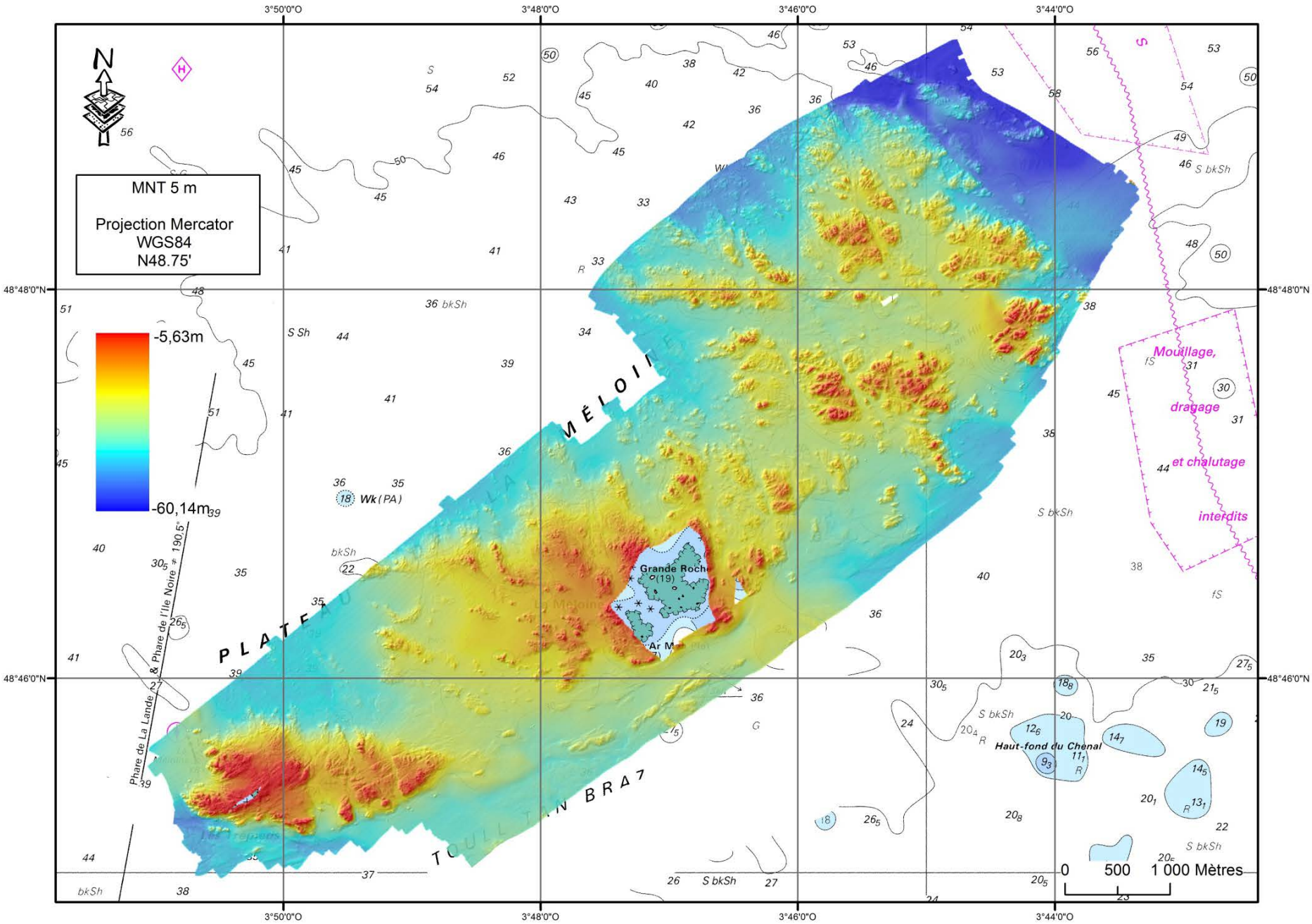


Figure 20 : Carte bathymétrique des fonds de l'archipel de la Méloine (résolution 5m)

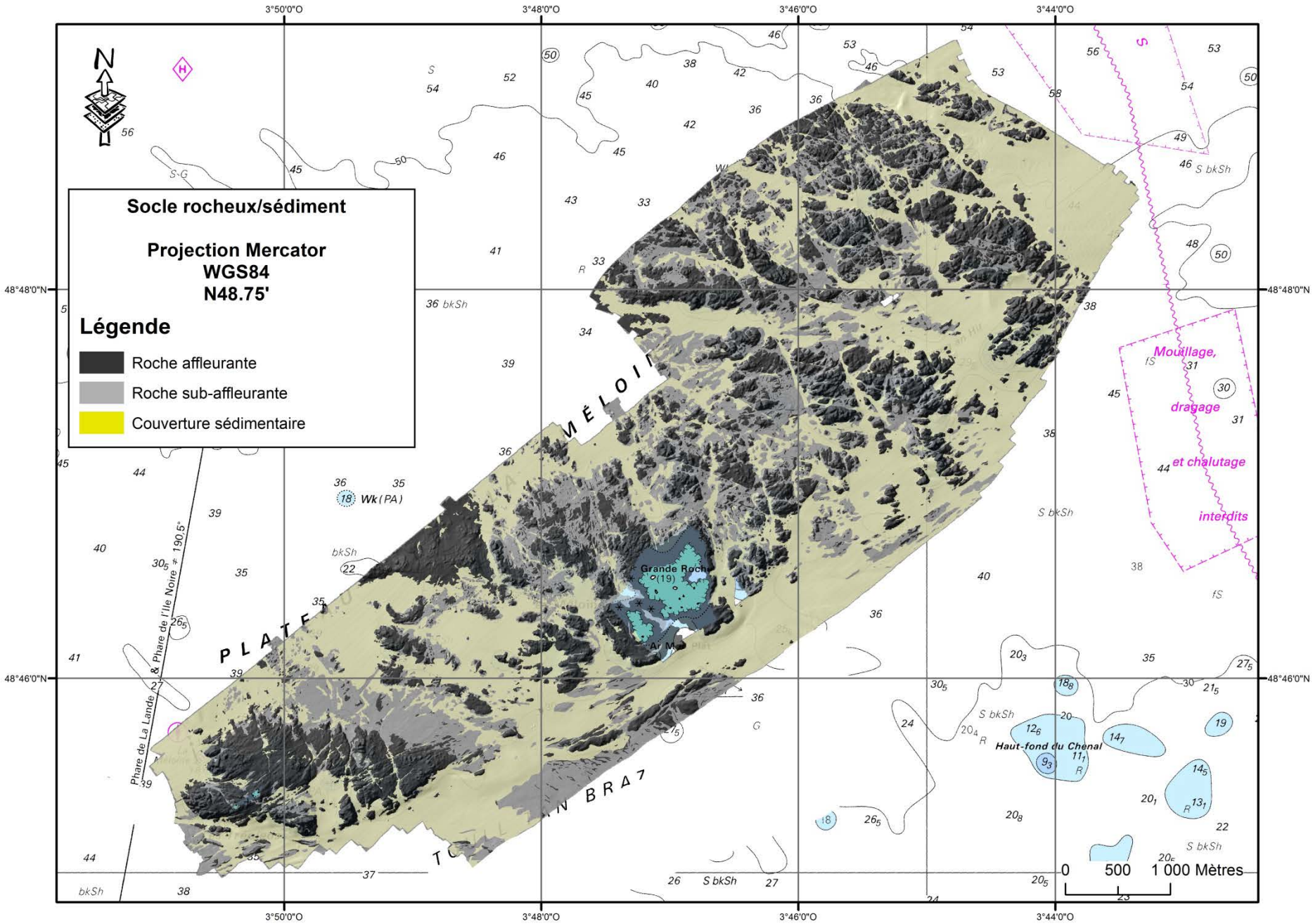


Figure 22 : Carte de répartition des zones rocheuses sur l'archipel de la Méloine