HAL open science

Campagne DRADEM – Juillet 2016 - Rapport scientifique

Christophe Basile, Igor Girault, Arnauld Heuret, Lies Loncke, Ewald Poetisi

To cite this version:

Christophe Basile, Igor Girault, Arnauld Heuret, Lies Loncke, Ewald Poetisi. Campagne DRADEM – Juillet 2016 - Rapport scientifique. [Rapport de recherche] ISTerre, CNRS UMR 5275, Université Grenoble Alpes. 2016. hal-01418119

HAL Id: hal-01418119

https://hal.science/hal-01418119v1

Submitted on 16 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Campagne DRADEM – Juillet 2016

Rapport scientifique

(rédigé en Aout-Septembre 2016, finalisé en Octobre 2016)

Chef de mission :
Christophe Basile
Université Grenoble-Alpes (France)

Scientifiques embarqués :
Igor Girault
Université de Dijon (France)
Arnauld Heuret
Université de Guyane (France)
Lies Loncke
Université de Perpignan (France)
Ewald Poetisi
Université Anton de Kom (Suriname)

1. Zone de travail et objectifs

La mission DRADEM s'est déroulée sur la bordure septentrionale du plateau de Demerara, au large de la Guyane française et du Suriname (Figure 1).

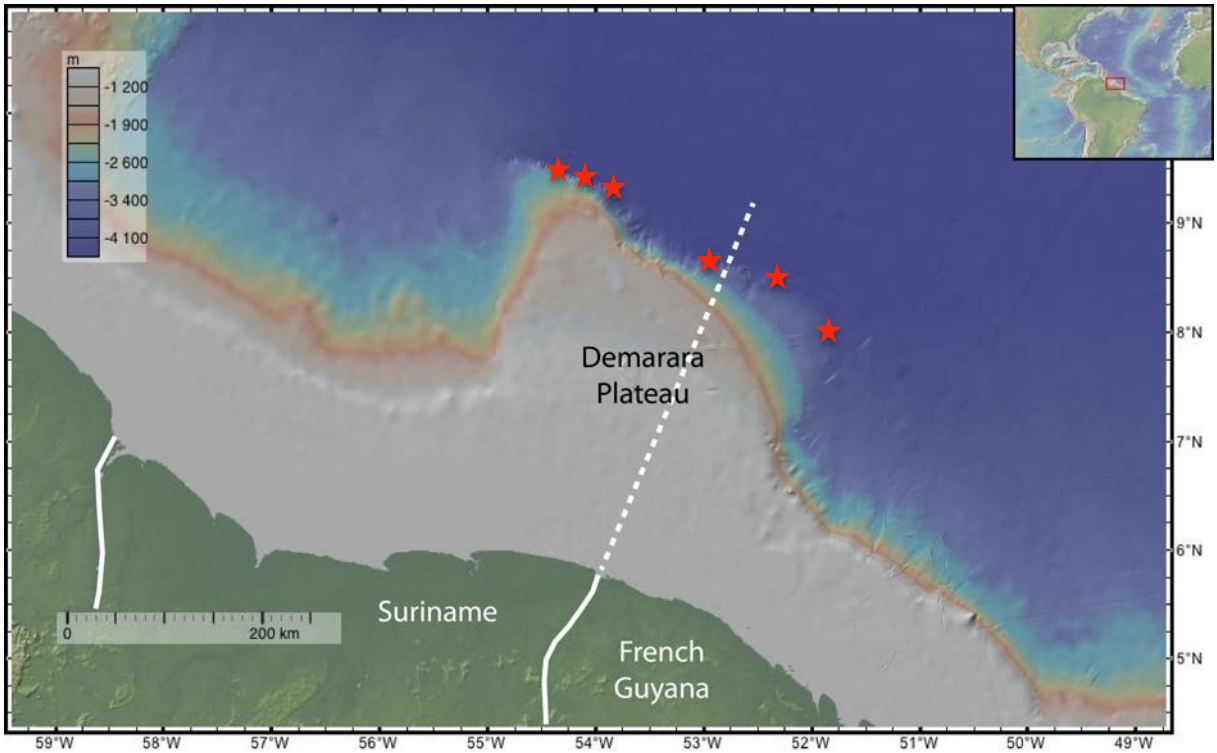

Figure 1: Localisation des dragages de la campagne DRADEM (étoiles rouges) au large de la Guyane et du Surinam, sur la bordure Nord du plateau de Demerara.

Les objectifs de la campagne DRADEM étaient :

- de cartographier la bathymétrie de l'ensemble de la pente continentale pour en préciser la segmentation (Figure 2) ;
- d'échantillonner par dragage les roches affleurant sur la pente continentale, sur des sites où des données sismiques antérieures (campagnes GUYAPLAC, 2003 et IGUANES, 2013 ; Basile et al., 2013 ; Loncke et al., 2016) laissent supposer l'absence d'une couverture sédimentaire récente. L'objectif des dragages était d'échantillonner le socle du plateau de Demerara. Les roches les plus anciennes connues sur le plateau correspondent à des carbonates fini-jurassiques forés au site Demerara A2-1 (Figure 3), et à des grès fini-jurassiques à Crétacé inférieurs dragués au pied de la pente continentale (Fox et al., 1970).

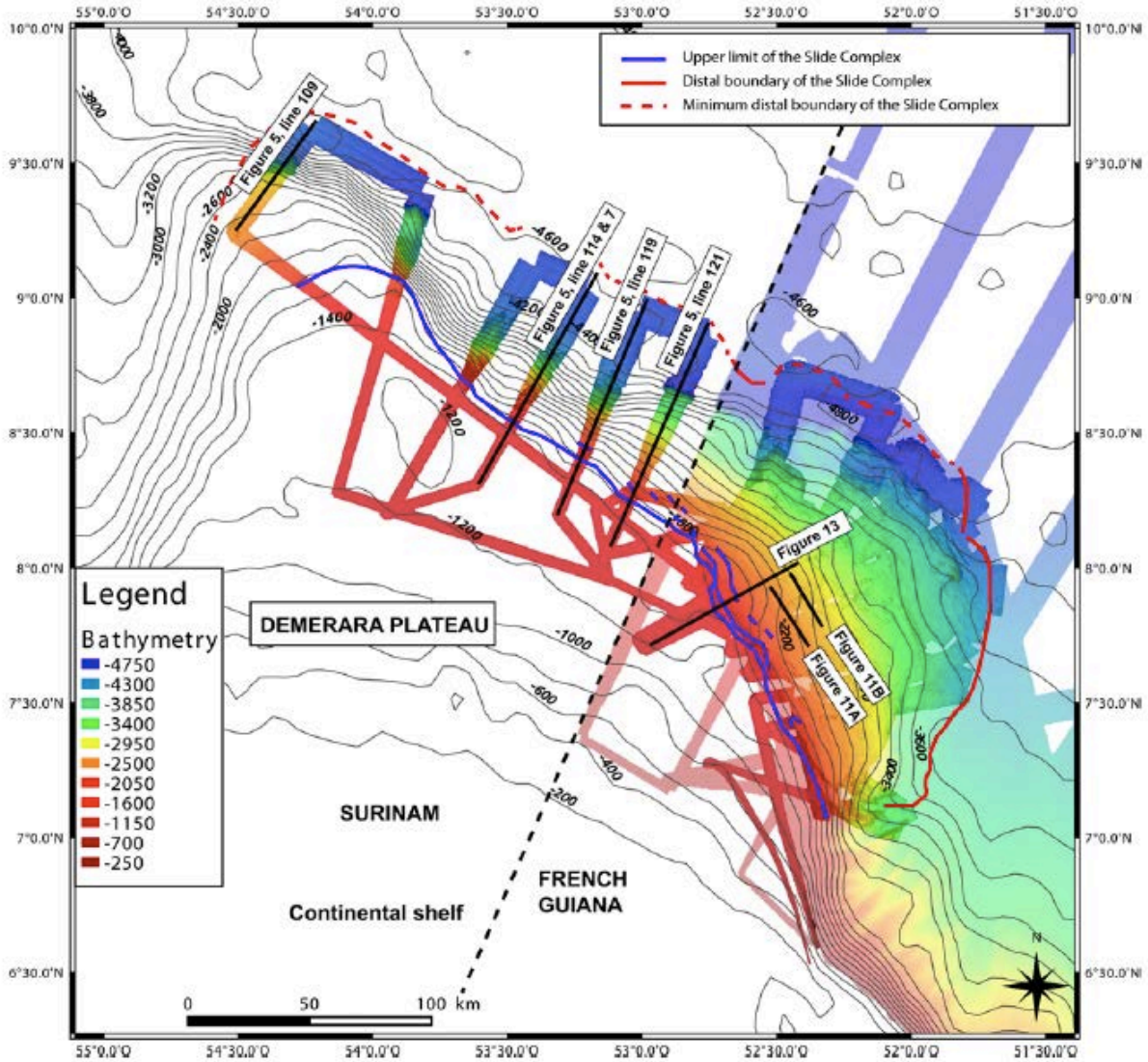

Figure 2: Bathymétrie du plateau de Demerara connue avant la campagne DRADEM. Données hautes résolution des campagnes IGUANES (couleurs denses) et GUYAPLAC (couleurs légères) ; isobathes d'après la grille Etopo1 (Amante et Eakins 2009). D'après Loncke et al., 2016.

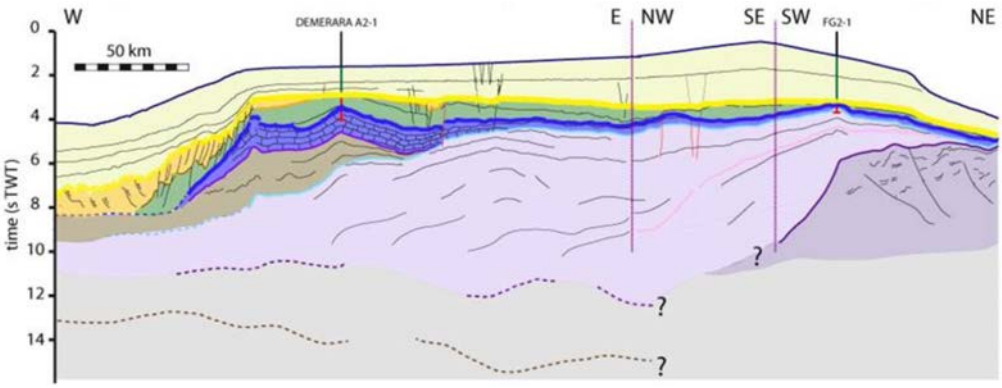

Figure 3: Coupe synthétique Ouest-Est à travers le plateau de Demerara. En jaune, les sédiments d'âge Crétacé supérieur et Tertiaire, le trait jaune épais correspond à la discordance Albien supérieur, en bleu soutenu les sédiments d'âge Jurassique. Les unités sous-jacentes (violet) sont stratifiées, disposées en éventails inclinés vers l'Ouest, mais leur nature et leur âge sont inconnus. Le Moho correspond au pointillé le plus profond. D'après Mercier de Lépinay, 2016.

Les données industrielles suggèrent la présence d'une série litée très épaisse sous les carbonates jurassiques. Il était postulé avant la campagne DRADEM qu'une partie de ces unités (en violet figure 3) puissent être constituées d'un empilement de coulées volcaniques, qui pourraient affleurer sur la pente continentale septentrionale.

2. Opérations

2. 1 Déroulement de la campagne

Le Pourquoi Pas ? a appareillé du port de Pointe à Pitre le 10 Juillet 2016, pour un retour à quai au même port le 20 Juillet 2016. Les opérations ont été menées dans les eaux internationales, et les Zones Economiques Exclusives (ZEE) du Surinam et de la Guyane française, du 12 Juillet au 19 Juillet. Les acquisitions de données (bathymétrie multifaisceau, CHIRP, magnétisme, gravimétrie) ont commencé en transit à 11°24'N-56°37'W, en suivant une ligne droite vers l'extrémité NW du plateau de Demarara ; au retour une ligne parallèle mais décalée vers l'Est a été suivie pour compléter la couverture bathymétrique. Ces deux lignes de transit ont recoupé la partie distale du cône sous-marin profond de l'Orénoque (Figure 4).

L'essentiel des opérations ont eu lieu en suivant la pente continentale septentrionale du plateau de Demerara, avec un premier passage d'Ouest en Est qui a permis de relever la bathymétrie jusqu'à l'extrémité NE.
Six sites de dragages avaient été sélectionnés avant la campagne (sites A à F). Le site D n'a pas été dragué compte tenu de la morphologie de la pente qui s'est révélée à faiblement inclinée et peu accidentée ; il a été remplacé par le site G localisé sur un éperon à la bordure du plateau (Figure 5).

Le nom des dragages qui ont été réalisés correspond au nom du site (A, B …), suivi d'un numéro de drague incrémenté à chaque opération (successivement B1, B2, B3). Les structures bathymétriques sur lesquelles se sont effectués les dragages ont également été nommées (Figure 5).

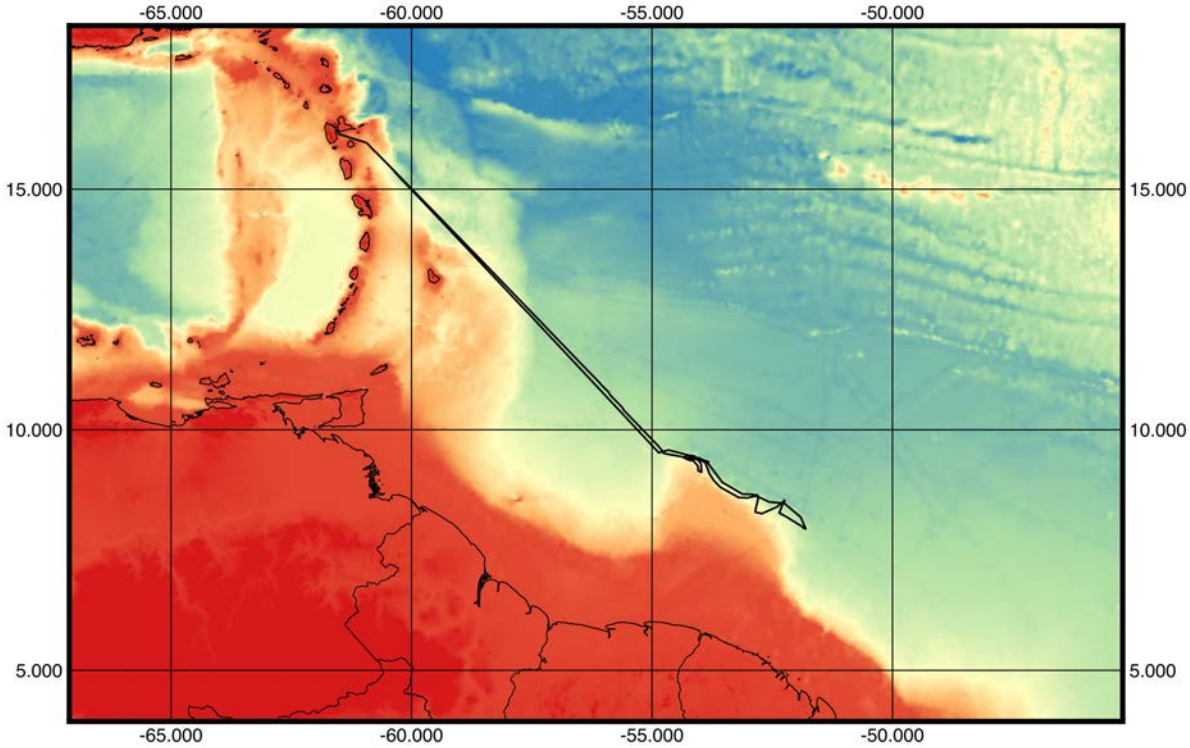

Figure 4: Routes suivies pendant la campagne DRADEM

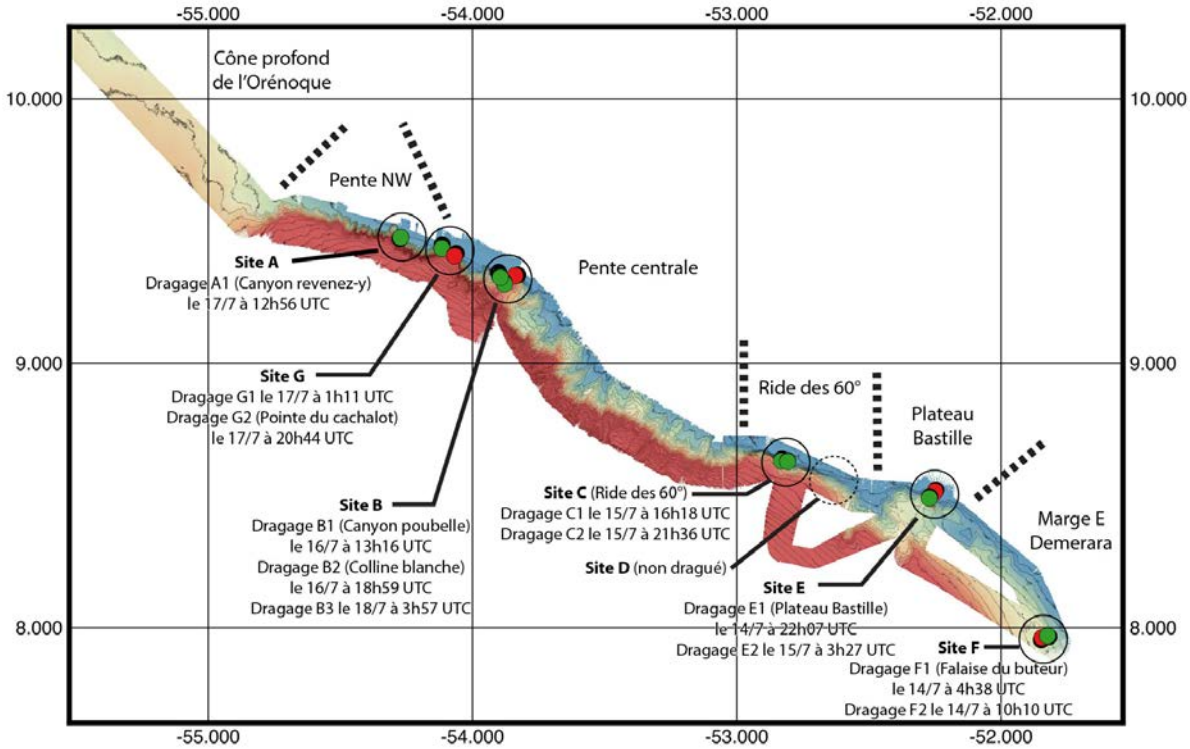

Figure 5: Couverture bathymétrique acquise pendant la campagne DRADEM sur la pente N du plateau de Demerara. Les cercles verts représentent les dragages qui ont remonté des roches, les cercles rouges les dragages vides.

Les dragages ont été effectués successivement d'Est en Ouest (F1, F2, E1, E2, C1, C2, B1, B2, G1, A1) puis à nouveau vers l'Est pour les deux derniers (G2, B3) (Figure 5). En fonction du temps de transit disponible entre les sites de dragage, les routes ont été soit directes (de site à site), soit configurées pour améliorer la couverture bathymétrique.

Deux sites de dragage sont situés dans la ZEE française : sites E (plateau Bastille) et F (falaise du buteur). Les quatre autres sites de dragage se trouvent dans les eaux économiques du Surinam : sites A (canyon revenez-y), G (pointe du cachalot), B (canyon poubelle et colline blanche) et C (ride des 60°).

2.2 Mode opératoire des dragages

La drague à roche est constituée d'un cercle métallique d'un mètre de diamètre environ, sur lequel sont fixé à l'avant (sur le coté raclant le fond marin) des dents et une potence, et un filet d'un mètre et demi de long à l'arrière (Figure 6). Le filet est formé de mailles métalliques larges, et est doublé à l'intérieur d'un filet nylon à maille fine (Figure 7). La potence est attachée par deux manilles à une chaîne (15 m de long) puis à au câble martyr (125 m de long) (Figure 8). Ces deux éléments sont susceptibles de trainer au fond pendant le dragage. Lors des opérations de mise à l'eau/mise à bord de la drague, le câble martyr est relié au treuil de manœuvre ; lors du dragage il est relié par un émerillon au câble Grand Fond dont la longueur filée et la tension sont mesurées à bord.

Figure 6: la drague à bord à la fin du dragage E1

Figure 7: les deux filets de la drague (extérieur en maille métallique, intérieur en nylon) lors de la remontée de la drague E1

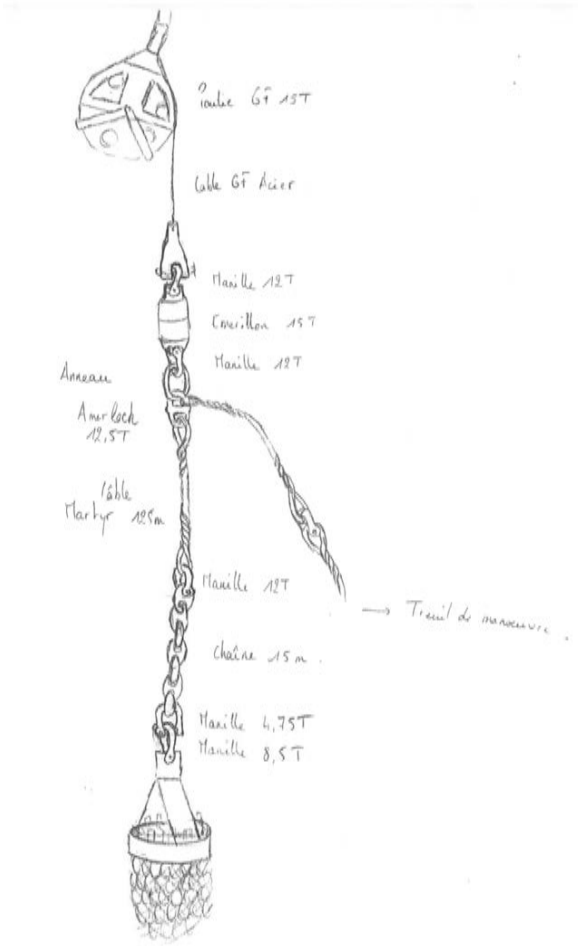

Figure 8: câblage de la drague (dessin Morgane Golain, annotations Jean Meral). Les différents éléments ne sont pas représentés à la même échelle (cf figure 9)

Figure 9: mise sur le pont de la drague A1. De gauche à droite et de haut en bas : 1- La drague est pendue au câble grand fond par l'émerillon (en rouge), le câble (qui pend) du treuil de manœuvre est fixé sous l'émerillon au câble martyr. 2- Reprise du câble martyr par le treuil de manœuvre, le câble grand fond et l'émerillon pendent et vont être détachés. 3- La drague est mise à bord, puis 4- retournée pour être vidée.

Lors de la mise à l'eau, le zéro de la longueur filée est fixé quand l'émerillon se trouve à la hauteur du pont arrière. La drague se trouvant un peu plus de 140 m plus bas que l'émerillon, il convient de rajouter cette longueur aux longueurs filées pour avoir la longueur de câble totale.
La mesure de la tension du câble présente un décalage constant d'une tonne (le zéro est à 1000 kg). Les pics de tension mentionnés dans ce rapport correspondent aux valeurs mesurées, sans correction du décalage.
La drague est mise à l'eau avant que le bateau ne soit à la verticale du début de profil de dragage ; elle est descendue (câble filé) alors que la bateau avance (typiquement à 0,5 nœuds) de manière à être au fond en début de profil de dragage. Cela implique qu'avant comme pendant le dragage, la drague n'est pas à la verticale du bateau. Le bateau continue à avancer, et la drague commence à être remontée (câble viré au début de dragage) pour suivre le fond marin. Pendant le dragage, la tension du câble varie avec les oscillations du bateau et la longueur filée. Si la drague s'accroche, la tension augmente (croche) avec le déplacement du bateau et le virage du câble, jusqu'à ce que la drague soit libérée et que la tension du câble chute brutalement.
En fin de profil, la vitesse de virage est augmentée pour remonter la drague. Une fois à bord, la drague est basculée et retournée sur le pont pour être vidée des roches qui s'y trouvent (Figure 9). L'équipe scientifique prend alors en charge les échantillons pour les

laver et les numéroter, puis ultérieurement les décrire (macroscopiquement), éventuellement les découper et les archiver.

3. Principales observations bathymétriques

La campagne DRADEM a couvert la totalité de la pente continentale au Nord du plateau de Demerara. La couverture bathymétrique obtenue confirme la segmentation de la marge déjà observée pendant la campagne IGUANES (Loncke et al., 2016), en la précisant sur l'extrémité NE. A partir de la morphologie, on peut définir quatre segments sur la marge, d'Ouest en Est (Figure 5) :

- une partie NW de 80 km de long, où la pente continentale est raide, de l'ordre de 16° entre la rupture de pente à la bordure du plateau (2900 à 3200 m de profondeur) jusqu'à la plaine abyssale vers 4400 m. La pente est globalement linéaire, mais dans le détail découpée par de nombreux canyons (Figure 12). Sur les lignes sismiques, cette pente n'apparaît pas couverte de sédiments. L'extrémité Est de ce secteur correspond à un plateau de 13 km de large incliné vers le Nord Est.
- Une partie centrale incurvée, de 145 km de long. La pente continentale y est beaucoup moins raide, de l'ordre de 5° entre la plaine abyssale et la bordure du plateau dont la profondeur varie de 2500 m aux extrémités Ouest et Est à 1500 m dans la partie centrale. Les canyons sont relativement larges, et présentent localement une succession de sauts et de replats, voire de dépressions (Figure 10). Les profils sismiques montrent dans ce secteur une couverture sédimentaire récente qui présente de nombreux glissements gravitaires, dont l'arrachement sommital marque la bordure morphologique du plateau. L'extrémité Nord Ouest de ce secteur correspond à un plateau culminant à 3600 m de profondeur.

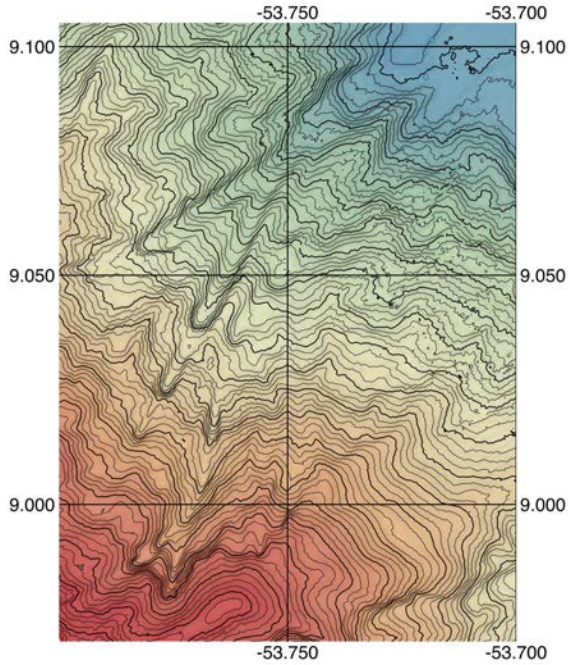

Figure 10: Canyons en marches d'escalier dans la partie centrale de la pente continentale.

- Plus vers l'Est, une ride asymétrique (ride des 60°), d'orientation WNW-ESE, culminant à 3400 m de profondeur (Figure 39). Cette ride domine de 200 m maximum la bordure du plateau vers le Sud, et 1200 m la plaine abyssale vers le Nord. La pente moyenne vers le Nord est de l'ordre de 40°, elle atteint localement 60° vers le haut. La crête de la ride

est discontinue, et localement érodée par des glissements en demi-cercles. Les canyons ne sont pas marqués sur la pente.
- Enfin, l'extrémité orientale est marquée par un plateau (plateau Bastille) au sommet presque plat à 3700 m de profondeur, dominant de 300 à 400 m la partie profonde du plateau de Demerara (plateau inférieur, Basile et al., 2013) et d'un kilomètre la plaine abyssale (Figure 51). Ce plateau présente un allongement NW-SE, oblique par rapport à direction générale de la bordure Nord du plateau de Demerara.

Deux probables volcans de boue ont été découverts, l'un à la bordure du plateau de Demerara à proximité immédiate de la ride des 60° (Figure 39), qui se présente comme un édifice circulaire de 100 m de hauteur et 800 m de diamètre, à sommet plat.
L'autre volcan de boue supposé a été observé dans la partie distale du cône sous-marin profond de l'Orénoque. Il se présente sous la forme d'une dépression annulaire (anneau de πr) de 70 m de profondeur entourant une partie centrale plate de 2 km de diamètre (Figure 11).

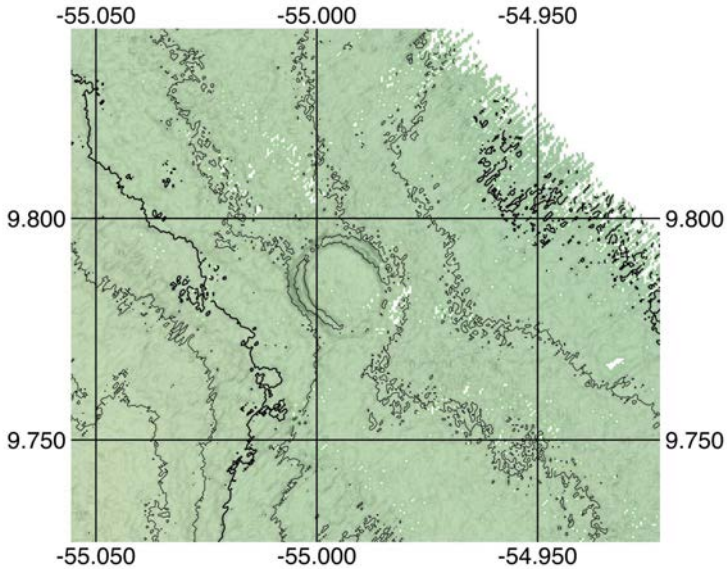

Figure 11: Anneau de πr, dépression en anneau à 3940 m de profondeur dans la partie distale de cône profond de l'Orénoque.

4. Dragages

Les dragages sont présentés d'Ouest en Est (sites A, G, B, C, E, F) et non dans l'ordre des opérations (Figure 5). Toutes les cartes de localisation sont à la même échelle, la position du bateau pendant le dragage étant indiquée par un cercle vert pour les dragages réussis, rouge pour les dragues vides. Les profils bathymétriques sont tracés à partir des données bathymétriques, et correspondent à la drague prévue ; les échelles sont différentes, mais toujours sans exagération verticale. Une échelle unique est utilisée pour représenter la tension du câble dans tous les dragages. Position du bateau et tension du câble sont extraites du fichier CASINO, où ces données sont enregistrées toutes les trente secondes.

4.1 Site A

Drague A1 (canyon revenez-y – Come back canyon) (Figure 5)

Position du bateau (Figure 12) pour
Mise à l'eau de la drague : N 9° 28,76553' ; W 54° 16,1401' le 17/7/16 à 11h17 UTC
Drague au fond: N 9° 28,63859' ; W 54° 16,22443' le 17/7/16 à 12h56 UTC
Début de dragage: N 9° 28,57038' ; W 54° 16,26326' le 17/7/16 à 13h06 UTC
Fin de dragage : N 9° 28,52263' ; W 54° 16,29172' le 17/7/17 à 16h01 UTC

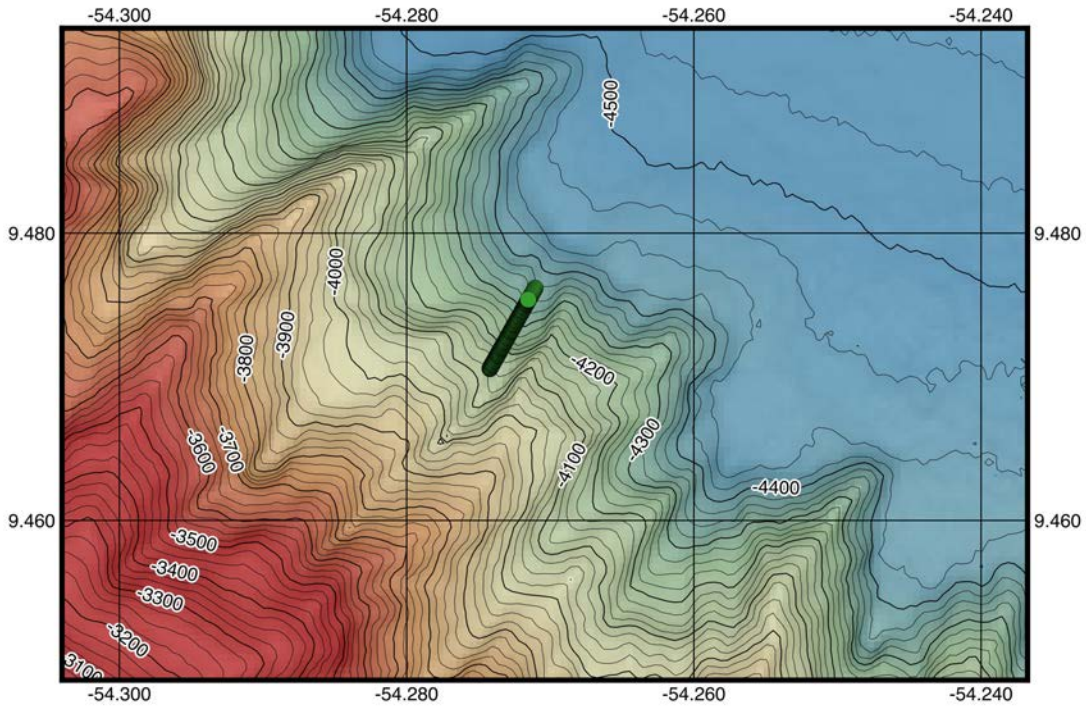

Figure 12: Position du bateau pendant le dragage A1

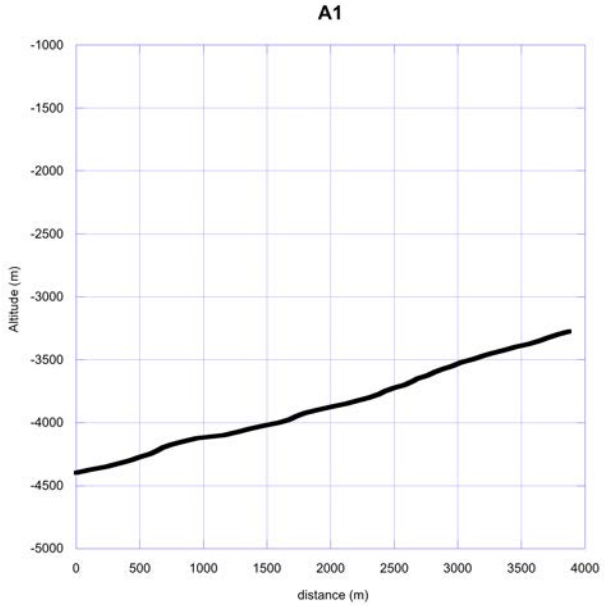

Figure 13: coupe bathymétrique prévue pour le dragage A1

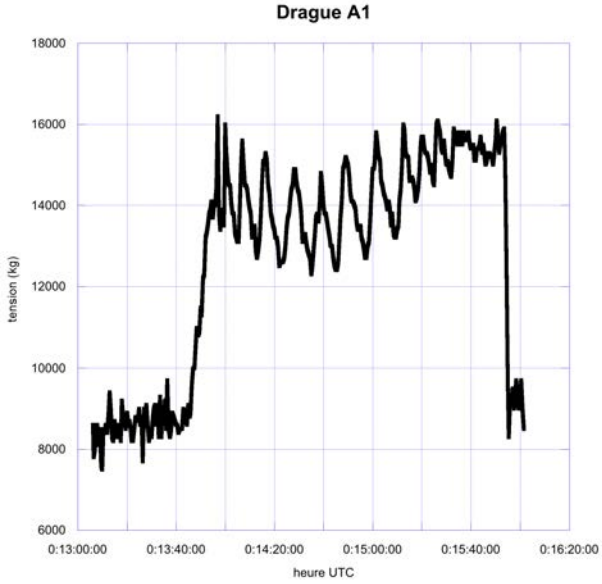

Figure 14: tension du câble pendant le dragage A1

Opérations : la drague A1 était prévue pour remonter l'ensemble de la pente continentale le long d'un canyon (Figures 12 et 13). Peu après le début de dragage, une croche est intervenue, sans relâchement de la tension qui a dépassé 16 tonnes (Figure 14). La drague a du se coincer dans un affleurement, sans que la tension du câble ne permettent une rupture de la roche. Pour dégager la drague, le bateau a reculé en virant le câble jusqu'à être à la verticale du point de blocage, voire de l'avoir dépassé, ce qui a relâché la tension et décoincé la drague. La position du bateau en fin de dragage correspond donc à la position du prélèvement au fond, à peu près à 4350 m de fond.

Les échantillons remontés par la drague A1 ont été référencés comme 17 échantillons numérotés DRA-A1-1 à -17, l'échantillon DRA-A1-17 correspondant à un vrac de 24 morceaux. La masse totale récupérée est de 134 kg (Figure 15).

Figure 15: l'ensemble des échantillons de la drague A1

Les échantillons sont constitués de grès jaunes-verts bien triés, de grain en général moyen à fin, parfois grossier (DRA-A1-9). Les grains sont sub-anguleux à sub-arrondis. Des fragments de coquilles de bivalve, voire des coquilles entières d'huitres (DRA-A1-12), sont fréquents (Figure 16). Certains nivaux sont riches en coquilles et pièces d'oursins (ex. DRA-A1-7). Ces grès sont riches en minéraux noirs, parfois concentrés dans certains niveaux. Ces grès sont friables, la cimentation s'est faite par croissance épigénique de quartz autour des grains. Localement, certaines parties sont plus indurées suivant une direction perpendiculaire à la stratification (DRA-A1-3). Quelques fines veines de quartz peuvent être observées (DRA-A1-7). Certaines stratifications sont obliques (Figure 16). On observe parfois des terriers, des galets mous (DRA-A1-11), et quelques coquilles sont remplies par du sédiment fin. Les blocs encroûtés sont peu nombreux (DRA-A1-16).

Figure 16: DRA-A1-3 (stratifications obliques, coquille d'huitre)

4.2 Site G

4.2.1 Drague G1 (Figure 5)

Position du bateau (Figure 17) pour
Mise à l'eau de la drague : N 9° 25,04531' ; W 54° 3,52419' le 16/7/16 à 23h23 UTC
Drague au fond: N 9° 25,00201'; W 54° 3,57273' le 17/7/16 à 1h11 UTC
Début de dragage: N 9° 24,91763'; W 54° 3,66777' le 17/7/16 à 1h27 UTC
Fin de dragage : N 9° 24,31733'; W 54° 4,10485' le 17/7/17 à 3h10 UTC

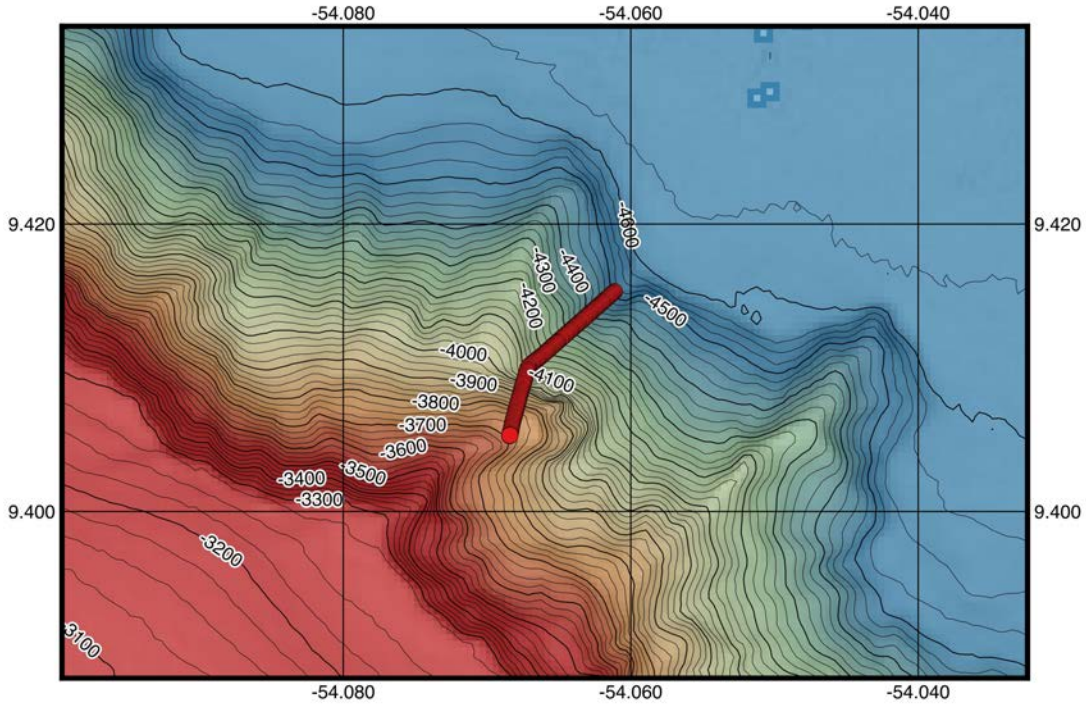

Figure 17: Position du bateau pendant le dragage G1

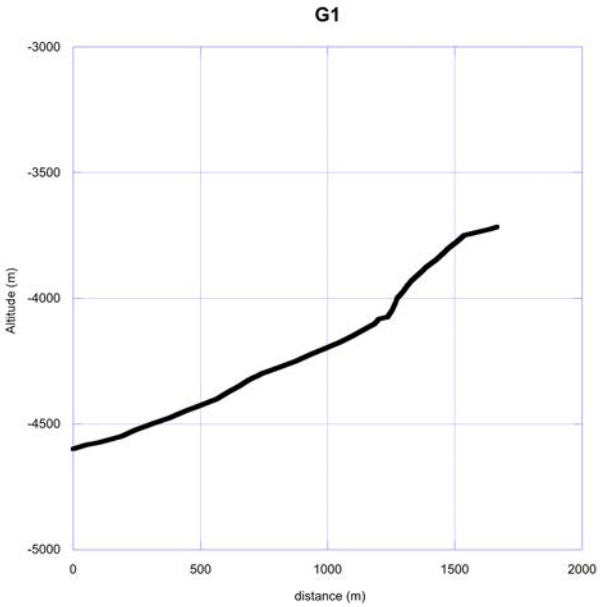

Figure 18: coupe bathymétrique prévue pour le dragage G1

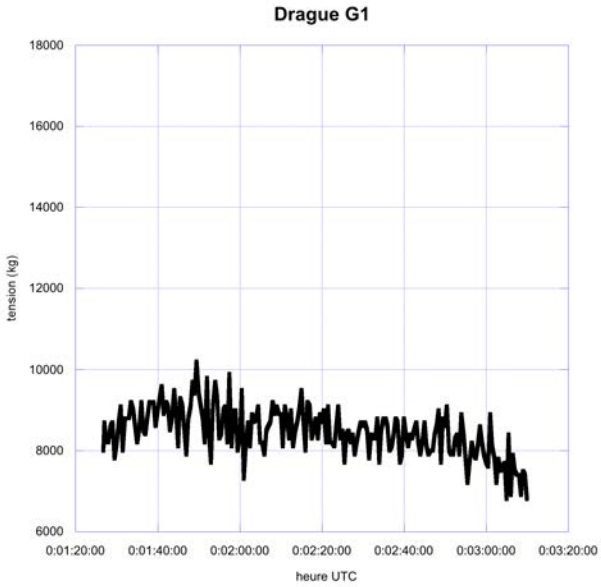

Figure 19: tension du câble pendant le dragage G1

Opérations : la drague G1 était localisée pour remonter un canyon puis le flanc d'une crête au NE du site G, entre 4500 et 3700 m de profondeur (Figures 17 et 18). Aucune croche n'a été enregistrée pendant ce dragage (Figure 19), et la drague est remontée vide.

4.2.2 Drague G2 (pointe du cachalot - Sperm whale spur) (Figure 5)

Position du bateau (Figure 20) pour
Mise à l'eau de la drague : N 9° 27,01053' ; W 54° 7,02407' le 17/7/16 à 18h56 UTC
Drague au fond: N 9° 26,91604'; W 54° 6,87688' le 17/7/16 à 20h44 UTC
Début de dragage: N 9° 26,83808' ; W 54° 6,88421' le 17/7/16 à 20h53 UTC
Fin de dragage : N 9° 26,01799'; W 54° 6,95706' le 17/7/17 à 22h40 UTC

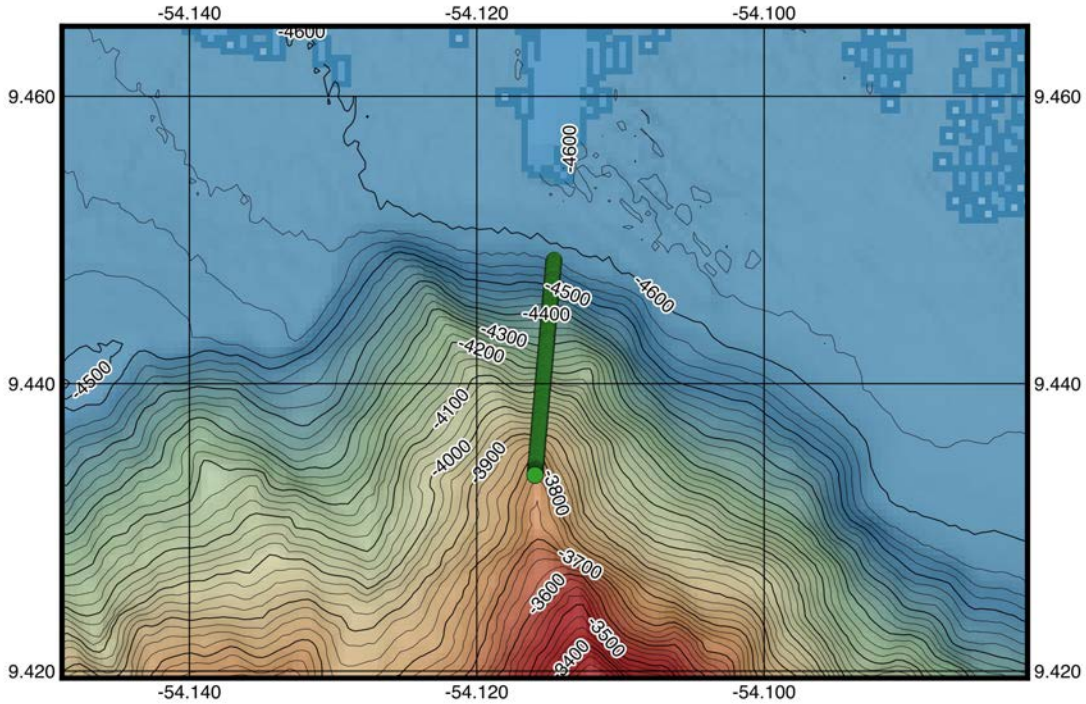

Figure 20: Position du bateau pendant le dragage G2

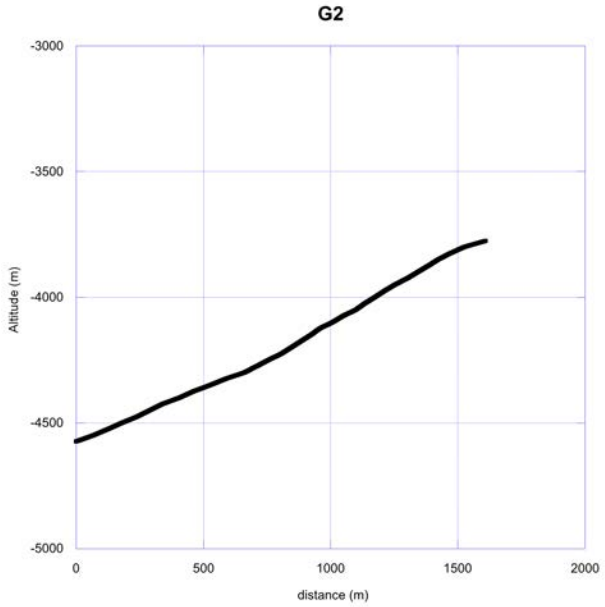

Figure 21: coupe bathymétrique prévue pour le dragage G2

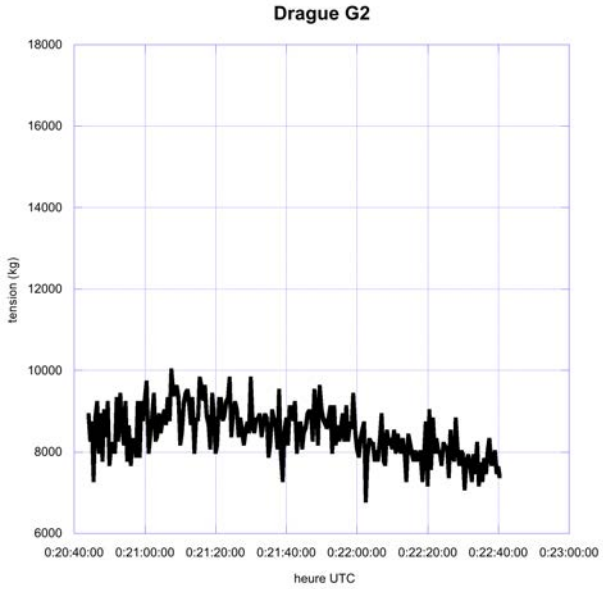

Figure 22: tension du câble pendant le dragage G2

Opérations : la drague G2 était prévue pour une facette triangulaire à l'extrémité septentrionale du site G, entre 4580 et 3770 m de profondeur (Figures 20 et 21). Aucune croche n'a été enregistrée pendant ce dragage (Figure 22).

Les échantillons remontés par la drague G2 sont tous de petite taille. Ils ont été référencés comme 14 échantillons numérotés DRA-G2-1 à -14, plus de la boue (DRA-G2-15). La masse totale récupérée (hors boue) est de 3,5 kg (Figure 23).

Figure 23: l'ensemble des échantillons de la drague G2

DRA-G2-14 correspond à des blocs de boue indurée. Tous les autres échantillons correspondent à des roches encroûtées sur toutes leurs faces. L'épaisseur des encroûtements varie de 1 mm à 1 cm (nodules), et certains nodules sont formés par l'encroûtement de plusieurs clastes ou nodules (Figure 24). Deux types de clastes sont observés : des grès fins (DRA-G2-2 (Figure 25), et pour moitié -9 (Figure 24)) voire très fins (DRA-G2-3) et des argilites (DRA-G2-1, -5, et pour moitié -9 (Figure 24)).

Figure 24: Section de l'échantillon DRA-G2-9. Nodule constitué de l'accrétion de deux nodules et de plusieurs fragments. Le cœur du nodule de droite est constitué d'un grès fin ; celui du nodule de gauche d'une argilite.

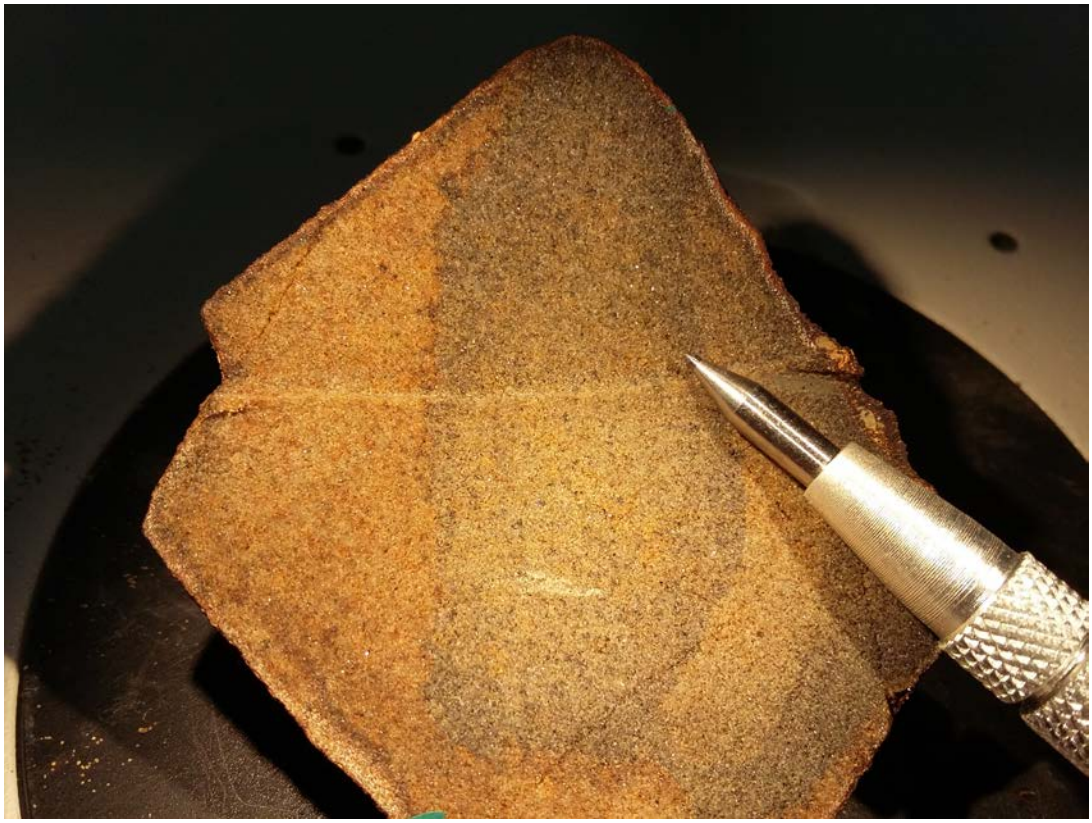

Figure 25: section de l'échantillon DRA-G2-2. Grès fin.

4.3 Site B

4.3.1 Drague B1 (canyon Poubelle - Waste canyon) (Figure 5)

Position du bateau (Figure 26) pour
Mise à l'eau de la drague : N 9° 21,35573'; W 53° 54,24244' le 16/7/16 à 11h23 UTC
Début de dragage: N 9° 20,65976' ; W 53° 54,08468' le 16/7/16 à 13h19 UTC
Fin de dragage : N 9° 19,44138'; W 53° 53,6719' le 16/7/17 à 15h47 UTC

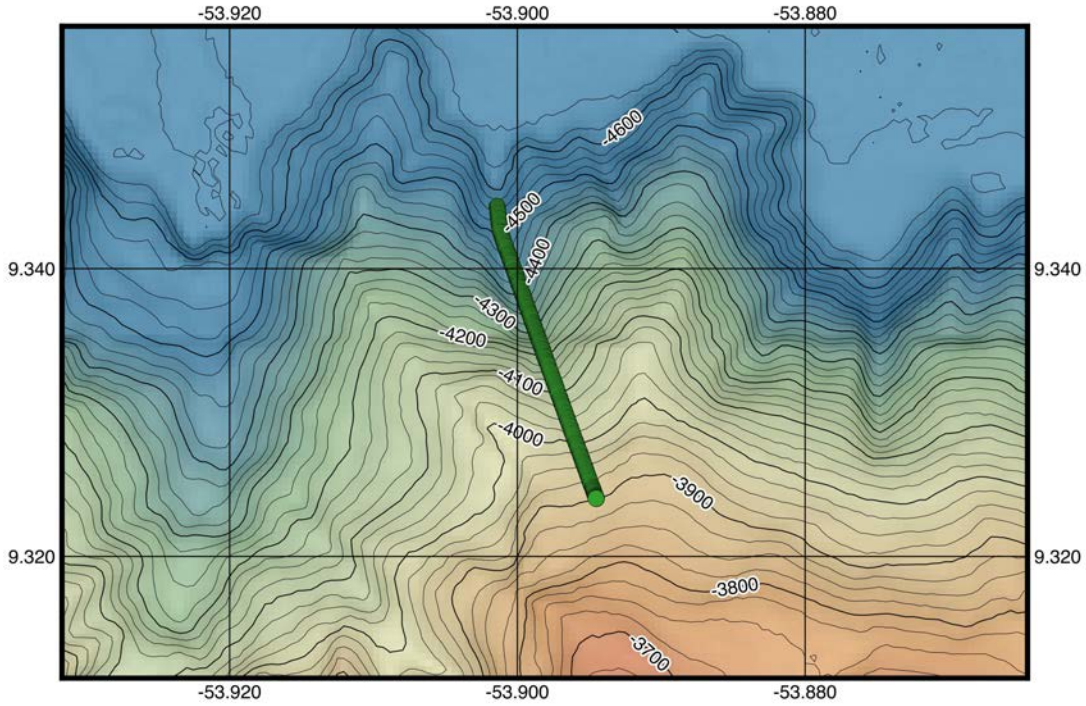

Figure 26: Position du bateau pendant le dragage B1

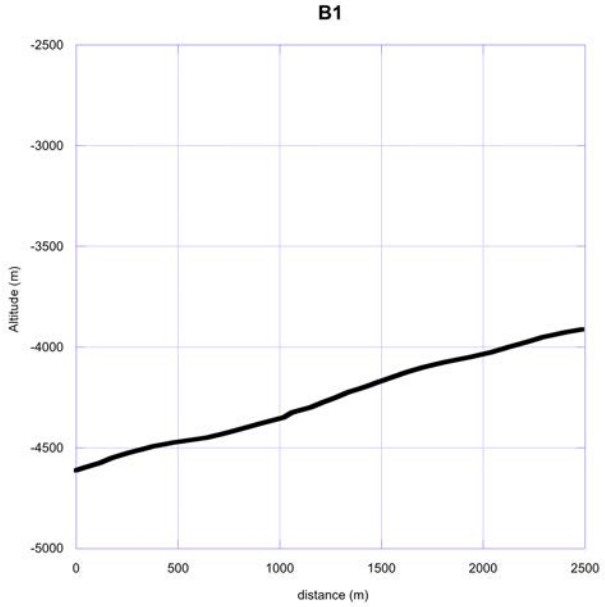

Figure 27: coupe bathymétrique prévue pour le dragage B1

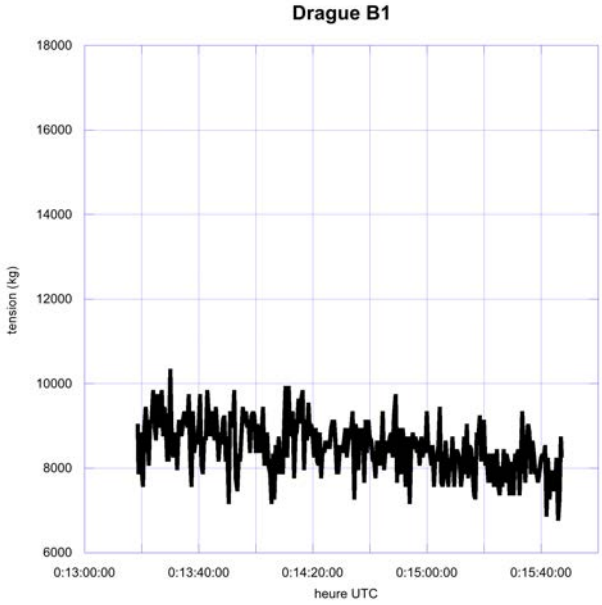

Figure 28: tension du câble pendant le dragage B1

Opérations : la drague B1 était prévue le long d'un canyon du site B, entre 4580 et 3900 m de profondeur (Figures 26 et 27). L'objectif était de récupérer des blocs qui auraient glissé dans le canyon. Aucune croche n'a été enregistrée pendant ce dragage (Figure 28).

La drague B1 a remonté 37 échantillons de roches, référencés DRA-B1-1 à -37, plus un sac d'une dizaine de galets d'argiles (DRA-B1-38) et de la boue (DRA-B1-39). La masse totale récupérée (hors boue) est de 25,8 kg (Figure 29).

Figure 29: l'ensemble des échantillons de la drague B1

A l'exception de galets d'argiles (DRA-B1-34, -35, -38), tous les échantillons récupérés dans la drague B1 correspondent à des grès fins à grossiers, avec souvent des fragments de plantes (DRA-B1-4, -22, -23) en particulier dans les niveaux les plus fins. Un échantillon (DRA-B1-25) présente une granulométrie plus fine (argilites). Certains blocs présentent un granoclassement (DRA-B1-3, -5), des stratifications entrecroisées (DRA-B1-2), des lamines convolutes (DRA-B1-15, -27) ou des rides de courant (DRA-B1-24), des terriers (DRA-B1-18, -29). Quelques échantillons présentent des veines millimétriques, probablement de quartz (DRA-B1-2, -12).
Trois fragments de croûte polymétallique ont été récupérés (DRA-B1-32). Cependant, les échantillons ne sont pas encroûtés, mais présentent souvent une patine noire. En coupe, les blocs présentent une altération périphérique. Des anémones de mer sont fixées sur quelques plaques (DRA-B1-36).
Les galets d'argiles sont soit gris (DRA-B1-35, avec de nombreux terriers sur les deux faces), gris clairs (DRA-B1-34), ou blanc (DRA-B1-38), ces dernières ressemblant aux argiles blanches de la drague B2 sus-jacente.

4.3.2 Drague B2 (Coline blanche - White hill) (Figure 5)

Position du bateau (Figure 30) pour
Mise à l'eau de la drague : N 9° 18,71345'; W 53° 53,02835' le 16/7/16 à 17h32 UTC
Drague au fond : N 9° 18,52837' ; W 53° 52,8915' le 16/7/16 à 18h59 UTC
Début de dragage: N 9° 18,45623'; W 53° 52,86973' le 16/7/16 à 19h10 UTC
Fin de dragage : N 9° 17,95964'; W 53° 52,72028' le 16/7/17 à 20h21 UTC

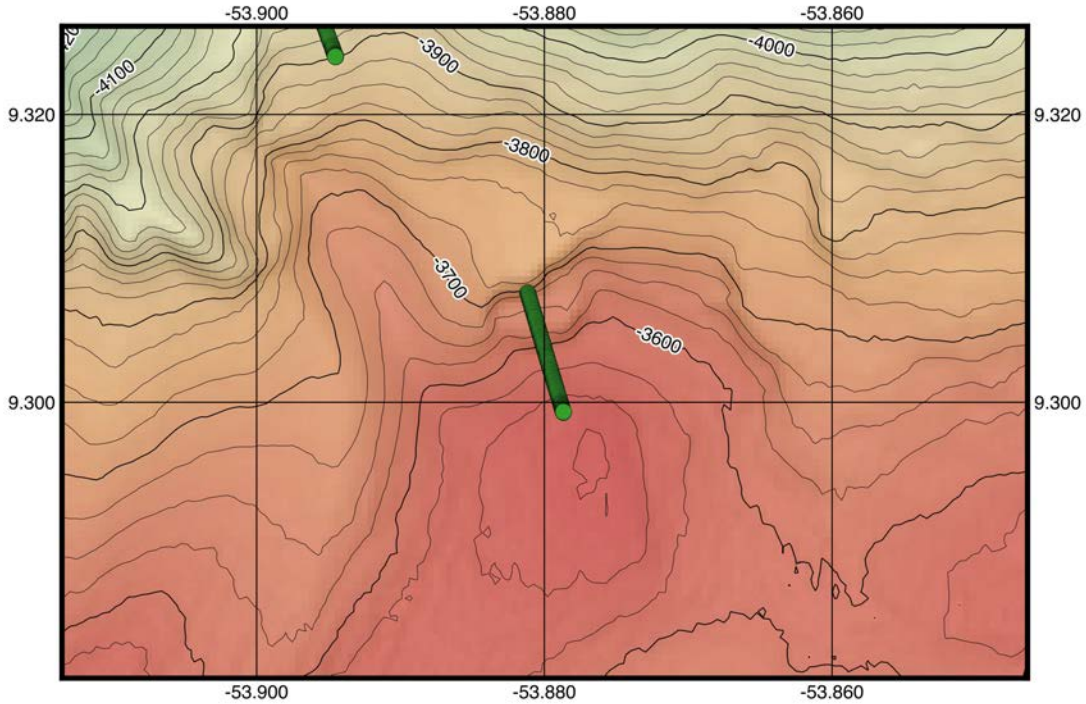

Figure 30: Position du bateau pendant le dragage B2

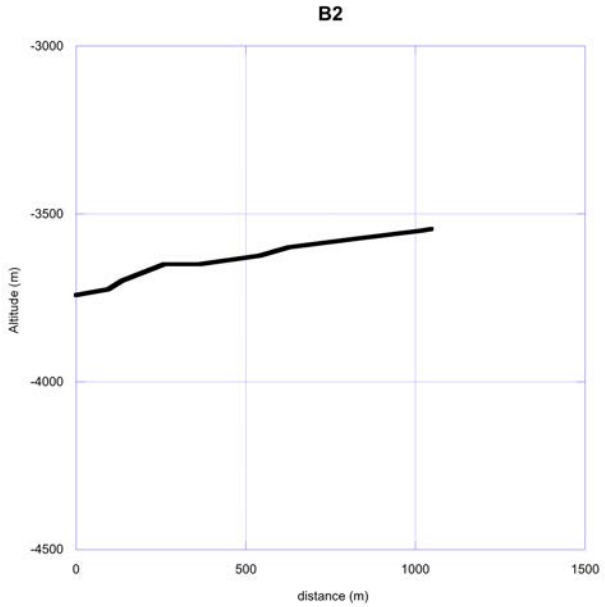

Figure 31: coupe bathymétrique prévue pour le dragage B2

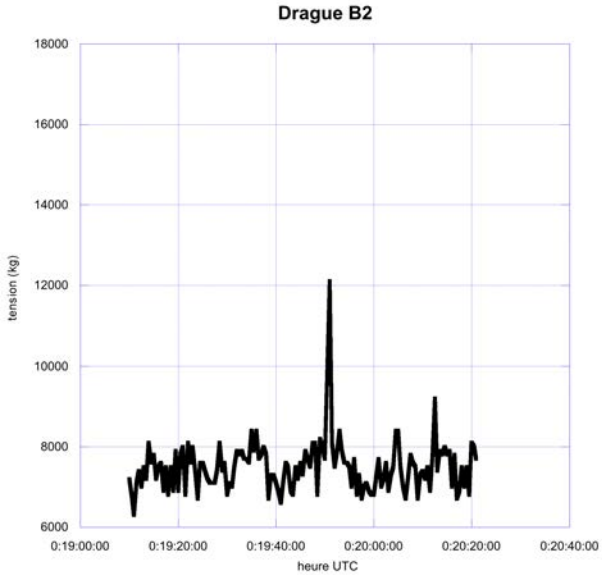

Figure 32: tension du câble pendant le dragage B2

Opérations : la drague B2 était prévue à travers une petite falaise sur la crête du site B, entre 3700 et 3560 m de profondeur (Figures 30 et 31). Une croche supérieure à 12 tonnes a été enregistrée à 19h50 UTC (Figure 32), probablement au moment où la drague s'est remplie.

La drague B2 est arrivée pleine sur le pont, dont un gros bloc coincé dans le filet (Figure 33). Compte tenu de l'homogénéité du prélèvement, la plus grande partie a été rejetée à la mer. Les échantillons conservés ont été numérotés DRA-B2-1 à -9. La masse totale conservée (hors boue) est de 44 kg.

Figure 33: le deversement sur le pont de la drague B2

La drague B2 était remplie d'une boue blanche légèrement indurée, avec un banc plus induré d'une vingtaine de cm d'épaisseur. On peut identifier une surface durcie et localement encroutée (Figure 34), qui doit correspondre à la surface affleurant actuellement en fond de mer. Cette surface est perforée par de très nombreux terriers fins sur 5 cm d'épaisseur, et par des terriers de diamètre centimétrique sur plus de 30 cm de profondeur (Figure 35). Tous ces terriers sont remplis par une boue marron qui doit correspondre à la sédimentation actuelle (Figure 35).

Figure 34: DRA-B2-6a. Surface encroutée du banc.

Figure 35: DRA-B2-3. En haut le sommet du banc encrouté et foré par deux types de terriers emplis de boue marron. Les terriers fins sont limités à la partie supérieure, les terriers larges traversent tout l'échantillon.

4.3.3 Drague B3 (Figure 5)

Position du bateau (Figure 36) pour
Mise à l'eau de la drague : N 9° 20,07817'; W 53° 49,46068' le 18/7/16 à 2h17 UTC
Drague au fond : N 9° 20,01545'; W 53° 49,62053' le 18/7/16 à 3h57 UTC
Début de dragage: N 9° 20,00021'; W 53° 49,69007' le 18/7/16 à 4h06 UTC
Fin de dragage : N 9° 19,85906'; W 53° 50,32874' le 18/7/17 à 5h24 UTC

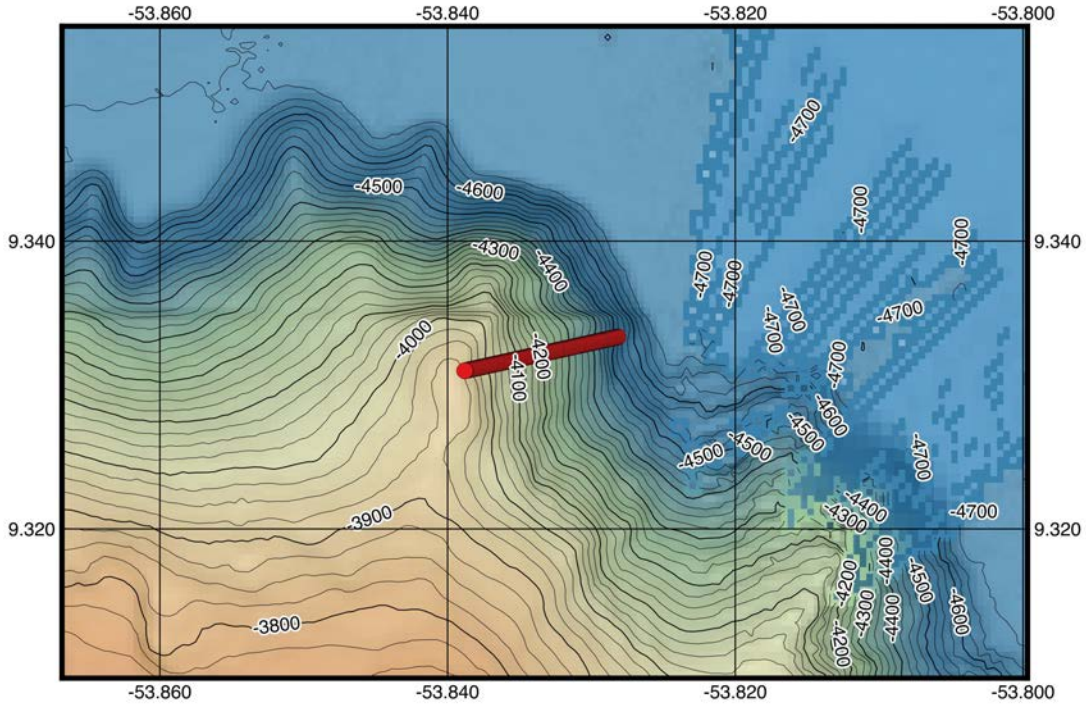

Figure 36: Position du bateau pendant le dragage B3

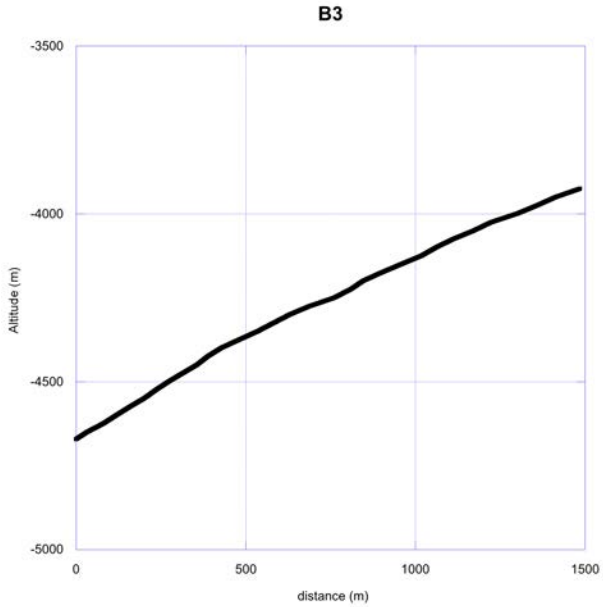

Figure 37: coupe bathymétrique prévue pour le dragage B3

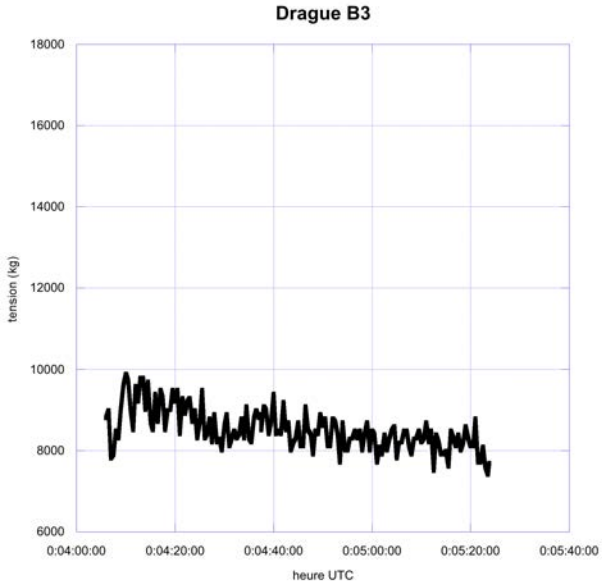

Figure 38: tension du câble pendant le dragage B3

Opérations : la drague B3 était localisée sur une pente régulière au NE du site B, entre 4550 et 3940 m de profondeur (Figures 36 et 37). Aucune croche n'a été enregistrée pendant ce dragage (Figure 38), et la drague est remontée vide.

4.4 Site C (ride des 60° - 60° ridge)

4.4.1 Drague C1 (Figure 5)

Position du bateau (Figure 39) pour
Mise à l'eau de la drague : N 8° 38,0252'; W 52° 48,37761' le 15/7/16 à 14h37 UTC
Drague au fond : N 8° 37,89412'; W 52° 48,40305' le 15/7/16 à 16h18 UTC
Début de dragage: N 8° 37,881' ; W 52° 48,40595' le 15/7/16 à 16h20 UTC
Fin de dragage : N 8° 37,66829' ; W 52° 48, 44579' le 15/7/16 à 17h06 UTC

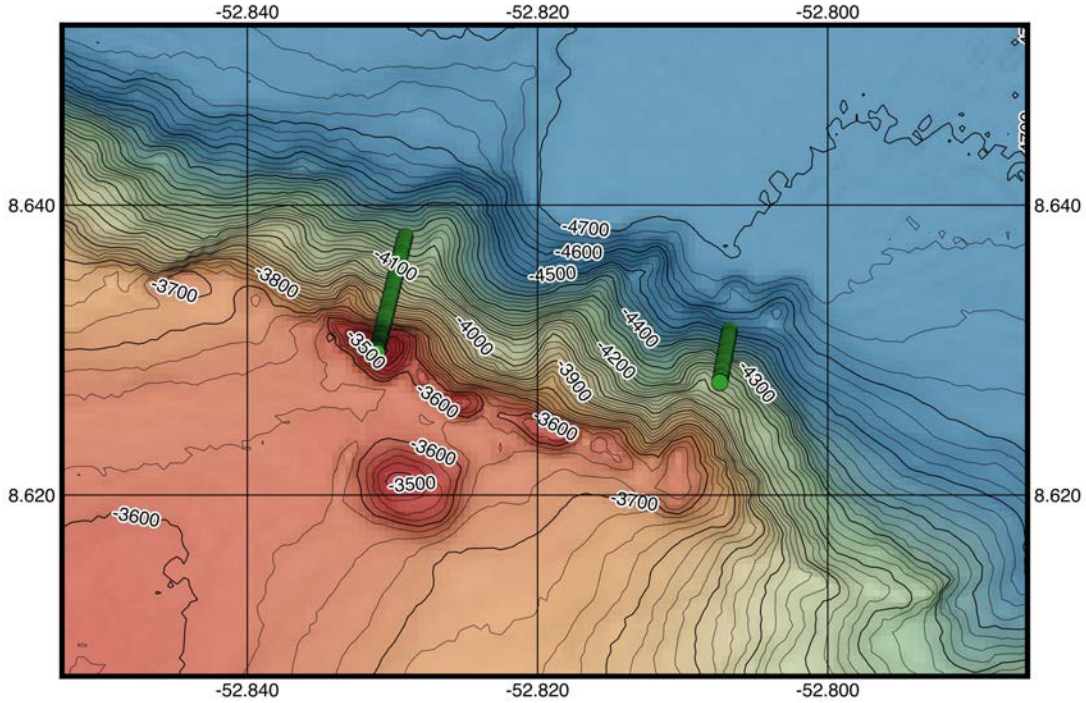

Figure 39: Position du bateau pendant les dragages C1 (à l'Est) et C2 (à l'Ouest)

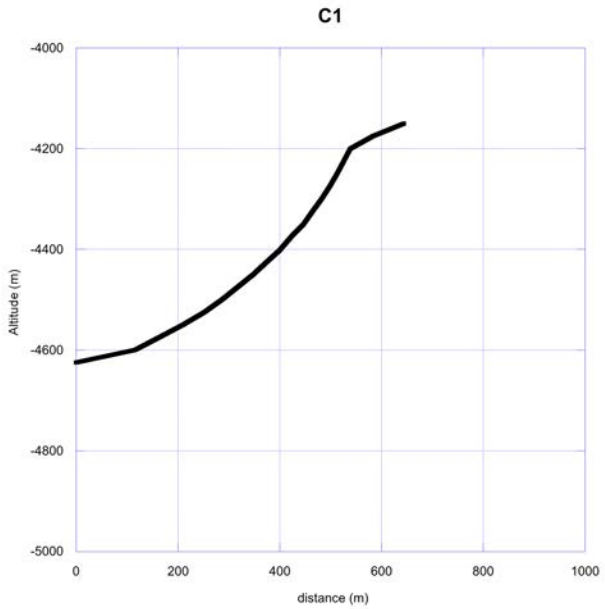

Figure 40: coupe bathymétrique prévue pour le dragage C1

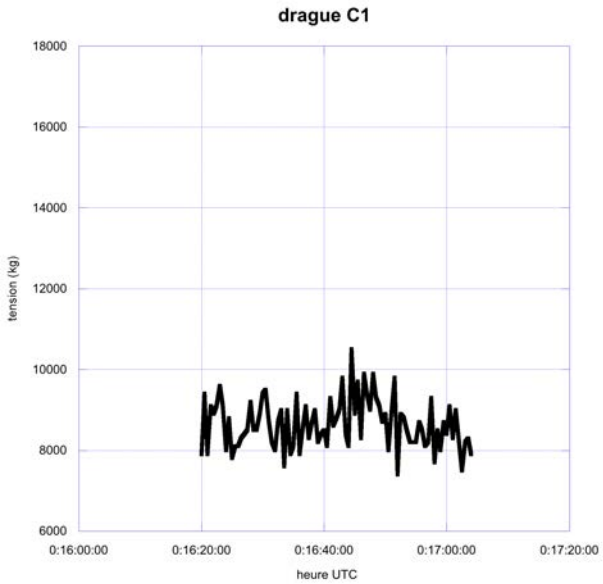

Figure 41: tension du câble pendant le dragage C1

Opérations : la drague C1 était prévue dans la partie inférieure de la pente septentrionale de la ride de 60°, entre 4540 et 4150 m de profondeur (Figures 39 et 40). Aucune croche n'a été enregistrée pendant ce dragage (Figure 41).

La drague C1 a remonté 4 échantillons de roches, référencés DRA-C1-1 à -4 (Figure 42). La masse totale récupérée est de 3,4 kg.

Figure 42: l'ensemble des échantillons de la drague C1. DRA-C1-1 est cassé en deux morceaux.

Les échantillons ont une forme aplatie (schistosité), oblique par rapport à une foliation métamorphique. Ils présentent une texture porphyroblastique, avec des quartz allongés dans une matrice formée de quartz recristalisé. On peut observer localement une texture mylonitique. De la pyrite est présente en points et en veine. La foliation est recoupée par des veines d'épidote tardives.
Les échantillons DRA-C1-2 à -4 présentent une patine noire ; DRA-C1-1 présente un encroûtement sauf sur une face qui est supposée correspondre à l'affleurement. L'encroûtement est plus épais sur un coté (Figure 43). Dans l'hypothèse où la croûte la

plus épaisse se trouverait vers le haut, la foliation pencherait à 45° et que la schistosité serait verticale.

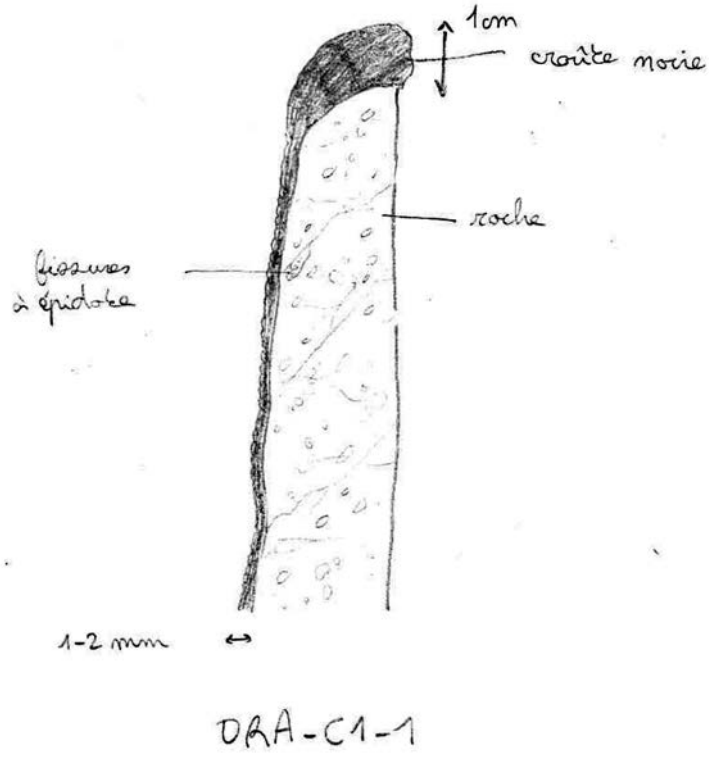

Figure 43: Schéma d'une section de l'échantillon DRA-C1-1

4.4.2 Drague C2 (Figure 5)

Position du bateau (Figure 39) pour
Mise à l'eau de la drague : N 8° 38,82634'; W 52° 49,58501' le 15/7/16 à 18h50 UTC
Drague au fond : N 8° 38,78242'; W 52° 49,59752' le 15/7/16 à 19h56 UTC
Début de dragage: N 8° 38,27024'; W 52° 49,74686' le 15/7/16 à 21h36 UTC
Fin de dragage : N 8° 37,7872'; W 52° 49,86528' le 15/7/16 à 22h52 UTC

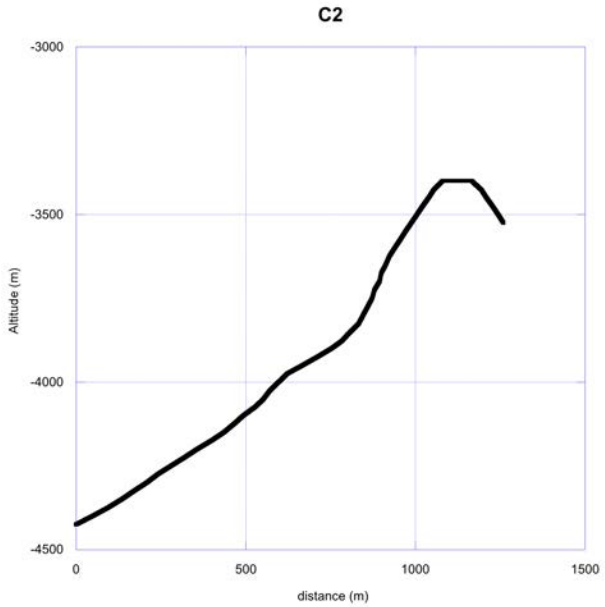

Figure 44: coupe bathymétrique prévue pour le dragage C2

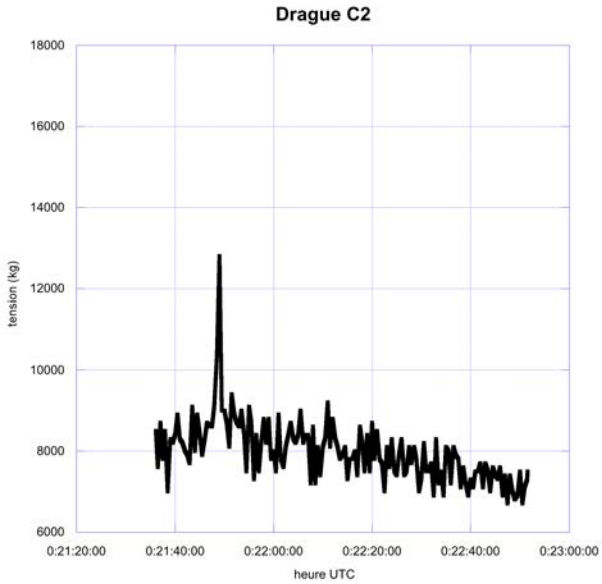

Figure 45: tension du câble pendant le dragage C2

Opérations : la drague C2 était prévue dans la partie supérieure de la pente septentrionale de la ride de 60°, entre 4250 m et la crête de la ride à 3400 m de profondeur (Figures 39 et 44). Une croche supérieure à 12 tonnes été enregistrée pendant ce dragage à 21h49, qui correspond sans doute à l'arrachage du bloc récupéré (Figure 45).

La drague C2 a remonté un seul bloc de 45 kg, qui s'est cassé en plusieurs pièces lorsqu'il a été versé sur le pont (Figure 46). L'essentiel du bloc correspond à l'échantillon DRA-C2-1, comprenant plusieurs blocs de roches et d'encroûtement dont la position relative peut être reconstituée (Figure 47). DRA-C2-2 correspond à 4 pièces d'encroûtement qui n'ont pu être assemblées.

Figure 46: l'ensemble des échantillons de la drague C2.

Le bloc remonté par la drague C2 est constitué de deux types de roches :
- une roche métamorphique verdâtre, constituée essentiellement de quartz finement cristallisé, avec localement des cavités remplies de quartz secondaire (Figure 48). Cette roche est massive, mais présente quelques plans de fractures (Figure 49).
- un encroûtement, qui est resté fixé à une partie de son support. Cet encroûtement entoure le bloc sur deux cotés, dont un coté plus épais (Figure 47). L'encroûtement est à la base laminé et concentrique (parallèle à la bordure du bloc), puis columnaire et radiaire (perpendiculaire à la bordure du bloc) (Figures 47 et 50). L'espace entre les colonnes est rempli de boue.

Figure 47: Le bloc DRA-C2-1 reconstitué. Un encroûtement entoure le bloc sur deux cotés. La croûte est plus épaisse sur le coté droit, qui était peut être la partie supérieure du bloc. Il n'y a pas de croûte à la base du bloc, qui était peut être fixée à l'affleurement.

Figure 48: section de l'échantillon DRA-C2-1a

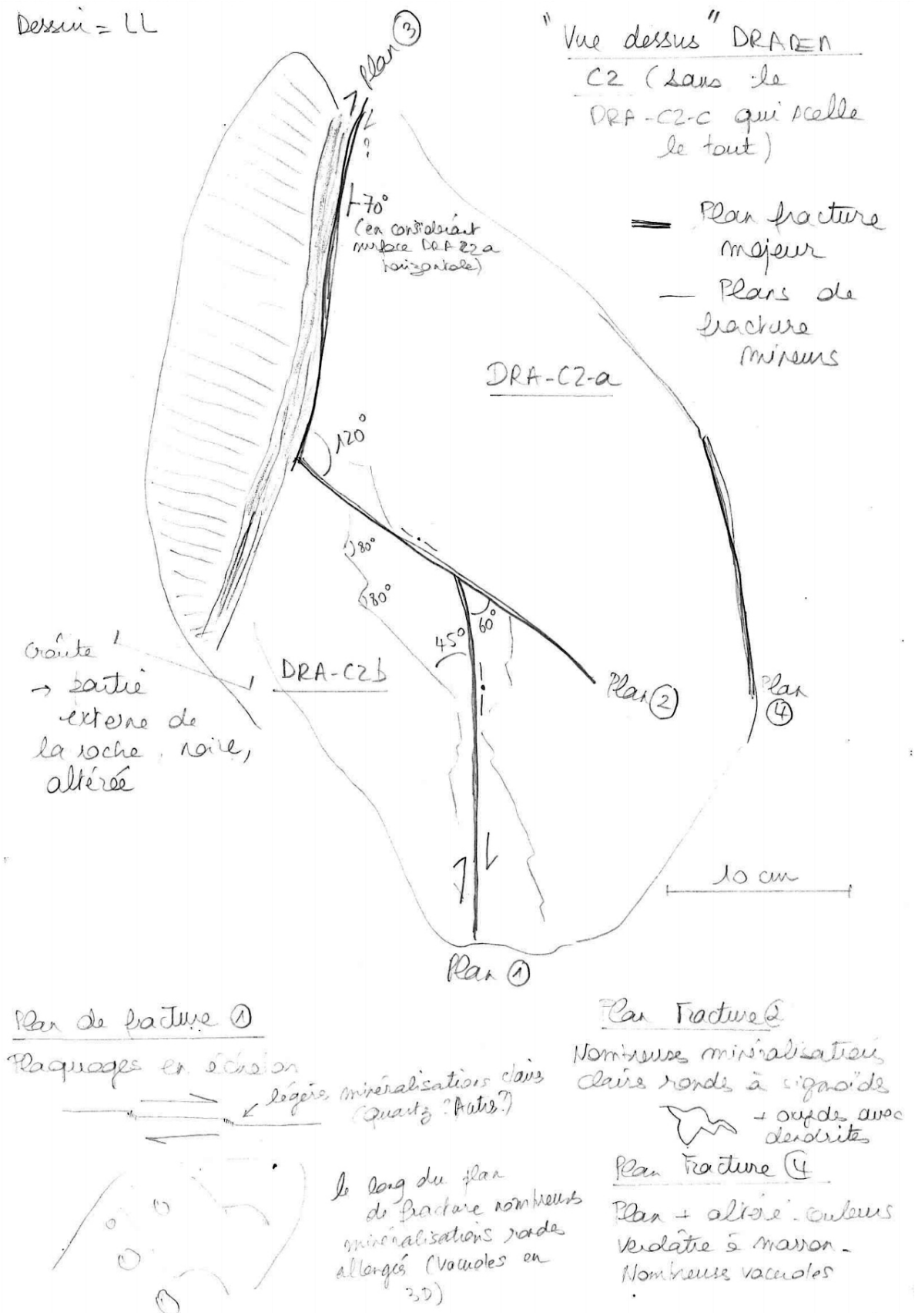

Figure 49: Schéma de l'assemblage des pièces DRAC2-1a et -1b une fois enlevé la croûte 1c qui les recouvre. Les bordures des blocs correspondent à des plans de fracture.

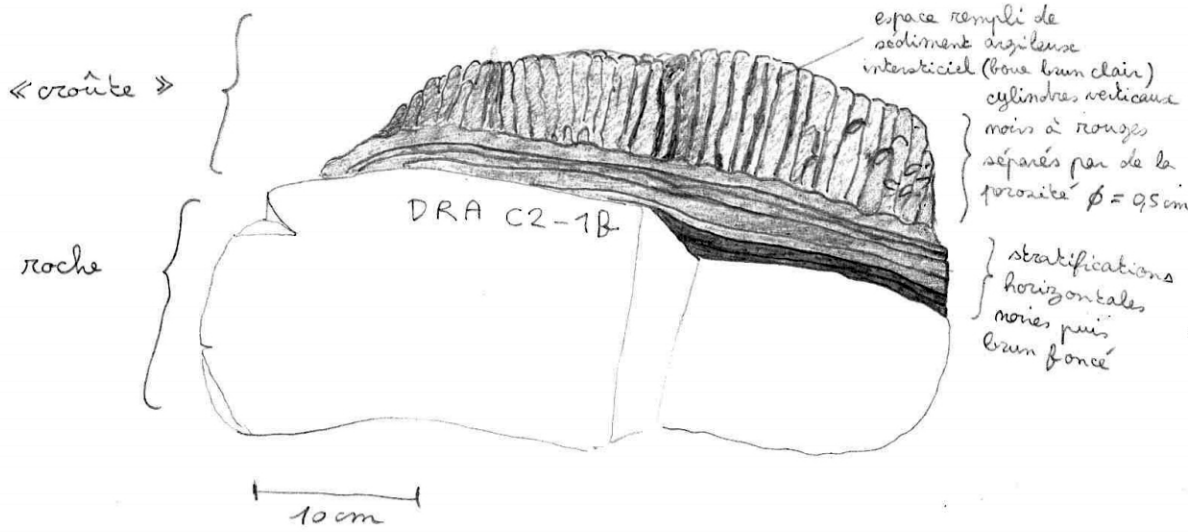

Figure 50: Schéma de l'échantillon DRA-C2-1b, constitué d'un bloc sur lequel est collé un encroûtement. Vue dans le prolongement du plan 2, perpendiculaire à la figure 49.

4.5 Site E

4.5.1 Drague E1 (Plateau Bastille - Bastille plateau) (Figure 5)

Position du bateau (Figure 51) pour
Mise à l'eau de la drague : N 8° 29,84531'; W 52° 16,16835' le 14/7/16 à 20h33 UTC
Drague au fond : N 8° 29,76229'; W 52° 16,18838' le 14/7/16 à 22h06 UTC
Début de dragage: N 8° 29,75501'; W 52° 16,1903' le 14/7/16 à 22h08 UTC
Fin de dragage : N 8° 29,3505'; W 52° 16,28629' le 14/7/16 à 23h15 UTC

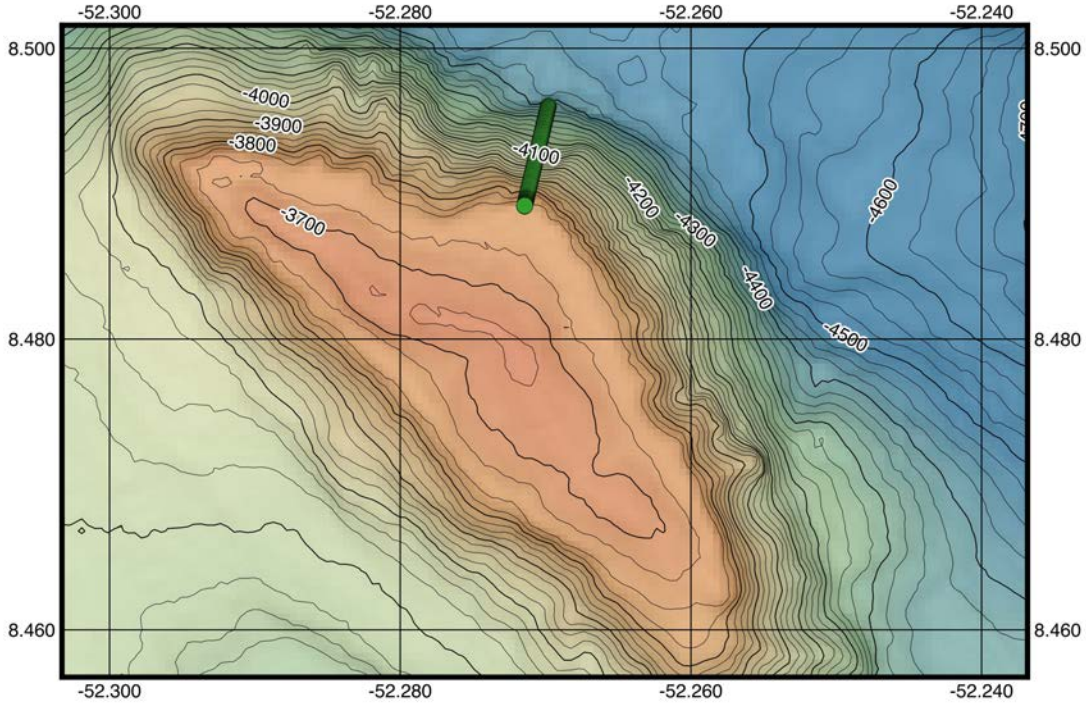

Figure 51 : Position du bateau pendant le dragage E1

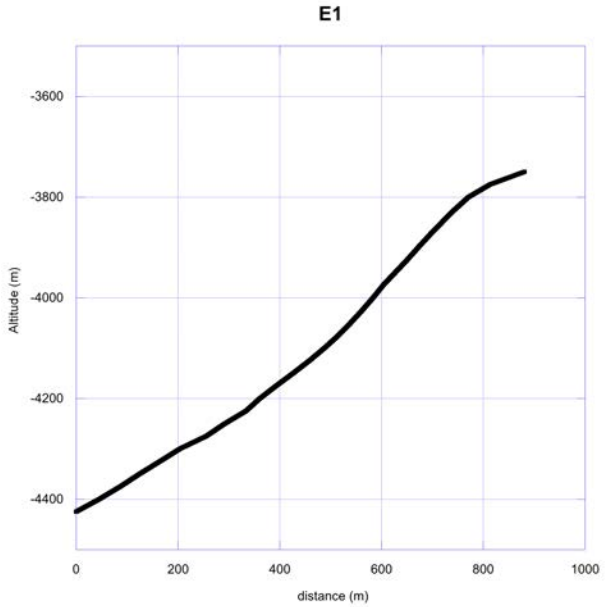

Figure 52: coupe bathymétrique prévue pour le dragage E1

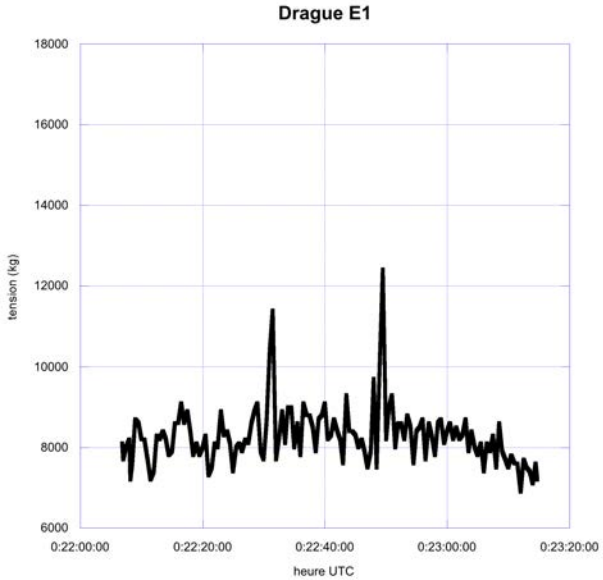

Figure 53: tension du câble pendant le dragage E1

Opérations : la drague E1 était prévue sur la pente septentrionale du plateau Bastille, entre 4400 et le replat du plateau à 3740 m de profondeur (Figures 51 et 52). Deux croches supérieures à 11 et 12 tonnes ont été enregistrées pendant ce dragage à 22h31 et 22h49 (Figure 53).

La drague E1 a remonté à peu près 70 échantillons de roches, référencés DRA-E1-1 à -7 pour les pièces les plus massives, DRA-E1-8 pour une cinquantaine de pièces, et DRA-E1-9 pour une dizaine de pièces (Figure 54). La masse totale récupérée est de 39,5 kg.

Figure 54: l'ensemble des échantillons de la drague E1.

Trois types de roches ont été échantillonnés :
- des blocs à cassure fraiche, probablement arrachés lors d'une croche. Ces blocs correspondent à une brèche à matrice calcaire, où de nombreuses coquilles ou débris de coquilles de bivalves sont au moins partiellement dissous (DRA-E1-1, -5, -7) (Figures 55 et 56). Les éléments lithiques contenus dans la brèche sont anguleux, non triés, et de nature variée, soit à texture microgrenue (Figure 57) (à feldspaths altérés, minéraux noirs, peut être du quartz) soit sédimentaire (argilites rouges ou vertes). Ces clastes paraissent toujours altérés.
- Des blocs anguleux non encroûtés, mais à surface parfois noire (DRA-E1-9). Ces blocs ont tous une texture microgrenue comparable à celle retrouvée dans la brèche.
- Des nodules (DRA-E1-2, -6), c'est à dire en section des clastes entourés d'une croûte laminée noire, d'épaisseur variant d'un millimètre à 2 centimètres (Figure 58). Tous les nodules n'ont pas été découpés à bord. Les clastes sont de mêmes natures dans les nodules et dans la brèche. Par contre à première vue on ne retrouve pas la matrice de la brèche dans les nodules. Le claste du nodule DRA-E1-6 présente une veine polygénique de 2 cm d'épaisseur. On retrouve des veines, parfois polygéniques (DRA-E1-9d) dans les blocs DRA-E1-9b, -9c, -9d. Certains nodules sont polygéniques, agglomérant dans un

même nodule des clastes de natures différentes (DRA-E1-8b), ou encroutant un morceau de croûte resédimentée (DRA-E1-8d, -8f). Des clastes millimétriques, voire des foraminifères sont également visibles dans les laminations des encroutements.

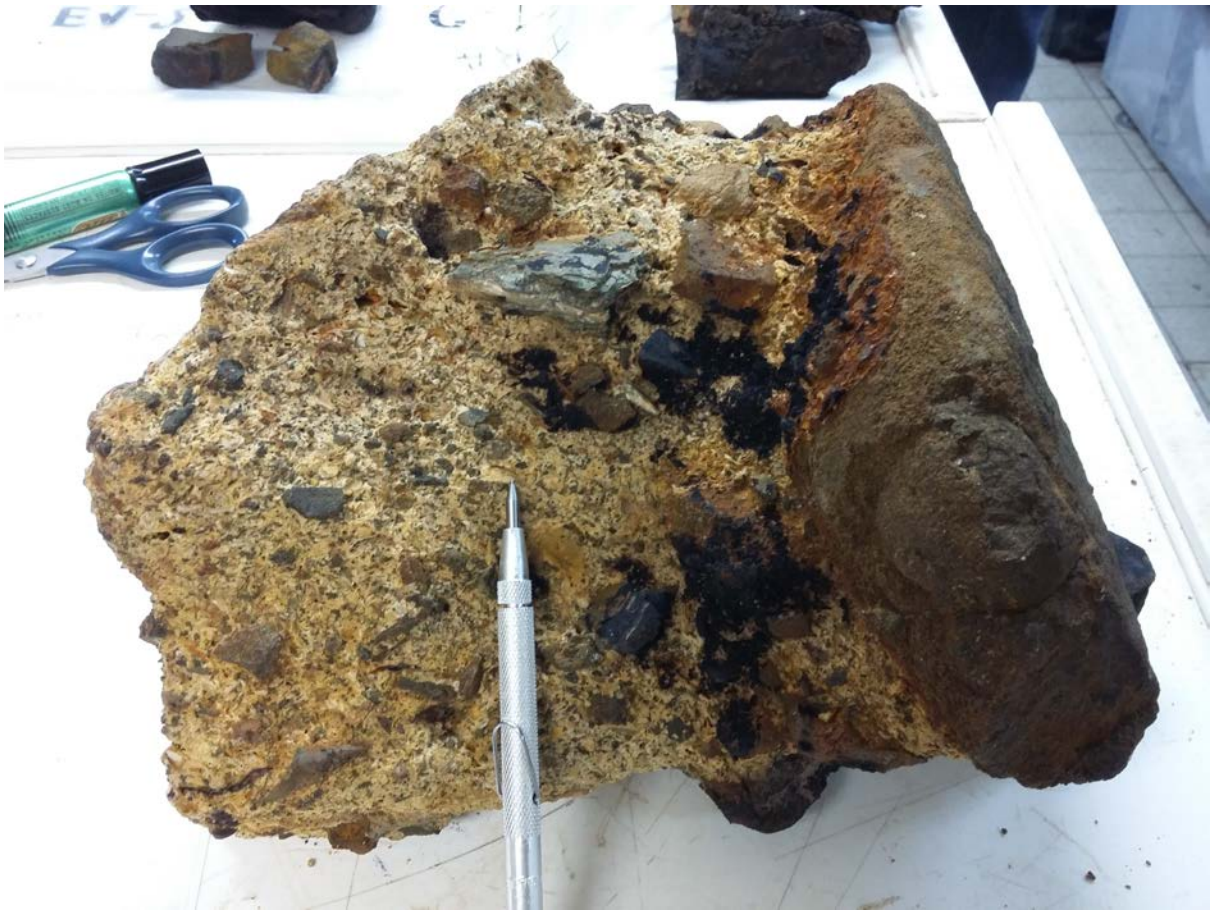

Figure 55: vue d'ensemble de la brèche (DRA-E1-1)

Figure 56: Section de la matrice sédimentaire de la brèche (DRA-E1-7)

Figure 57: section d'un claste microgrenu (DRA-E1-5) dans la brèche

Figure 58: claste sédimentaire constituant le cœur d'un nodule (DRA-E1-8)

4.5.2 Drague E2 (Figure 5)

Position du bateau (Figure 59) pour
Mise à l'eau de la drague : N 8° 31,27638'; W 52° 14,74566' le 15/7/16 à 20h33 UTC
Drague au fond et début de dragage : N 8° 31,21828'; W 52° 14,78149' le 15/7/16 à 3h27 UTC
Fin de dragage : N 8° 30,87285'; W 52° 14,99198' le 15/7/16 à 4h36 UTC

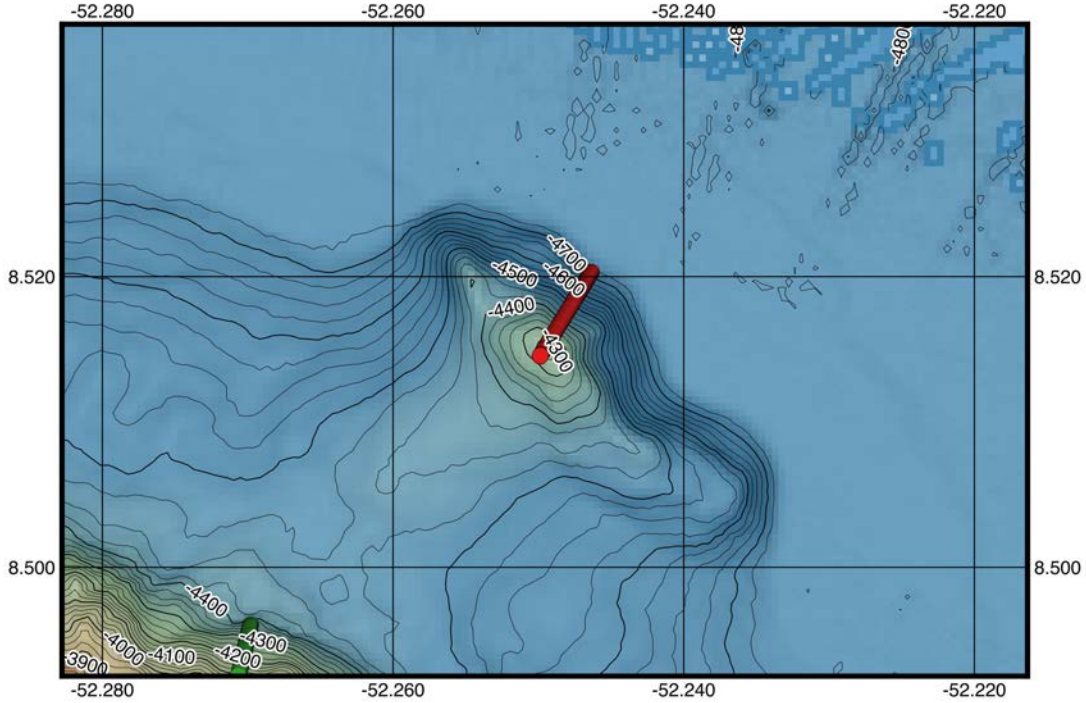

Figure 59: Position du bateau pendant le dragage E2

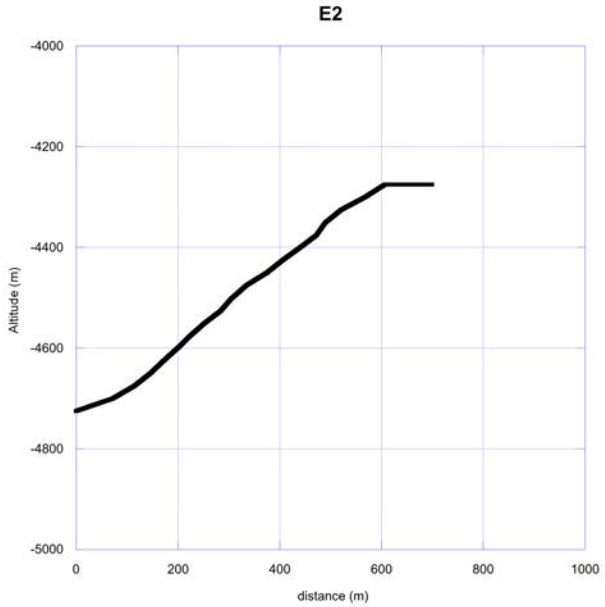

Figure 60: coupe bathymétrique prévue pour le dragage E2

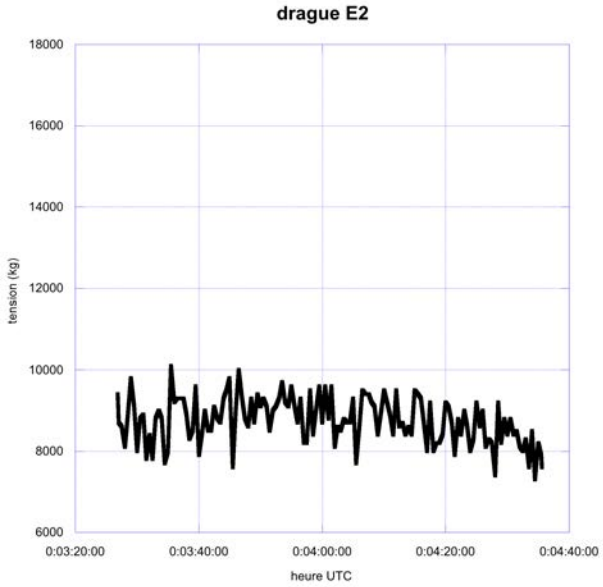

Figure 61: tension du câble pendant le dragage E2

Opérations : la drague E2 était localisée sur la pente NE d'une ride située au NE du plateau Bastille, entre 4700 et 4300 m de profondeur (Figures 59 et 60). Aucune croche n'a été enregistrée pendant ce dragage (Figure 61), et la drague est remontée vide.

4.6 Site F

4.6.1 Drague F1 (Falaise du buteur - Goleador cliff) (Figure 5)

Position du bateau (Figure 62) pour
Mise à l'eau de la drague : N 7° 57,88517'; W 51° 48,98932' le 14/7/16 à 2h33 UTC
Drague au fond : N 7° 57,93286'; W 51° 49,08385' le 14/7/16 à 4h38 UTC
Fin de dragage : N 7° 58,13161'; W 51° 49,436' le 14/7/16 à 5h54 UTC

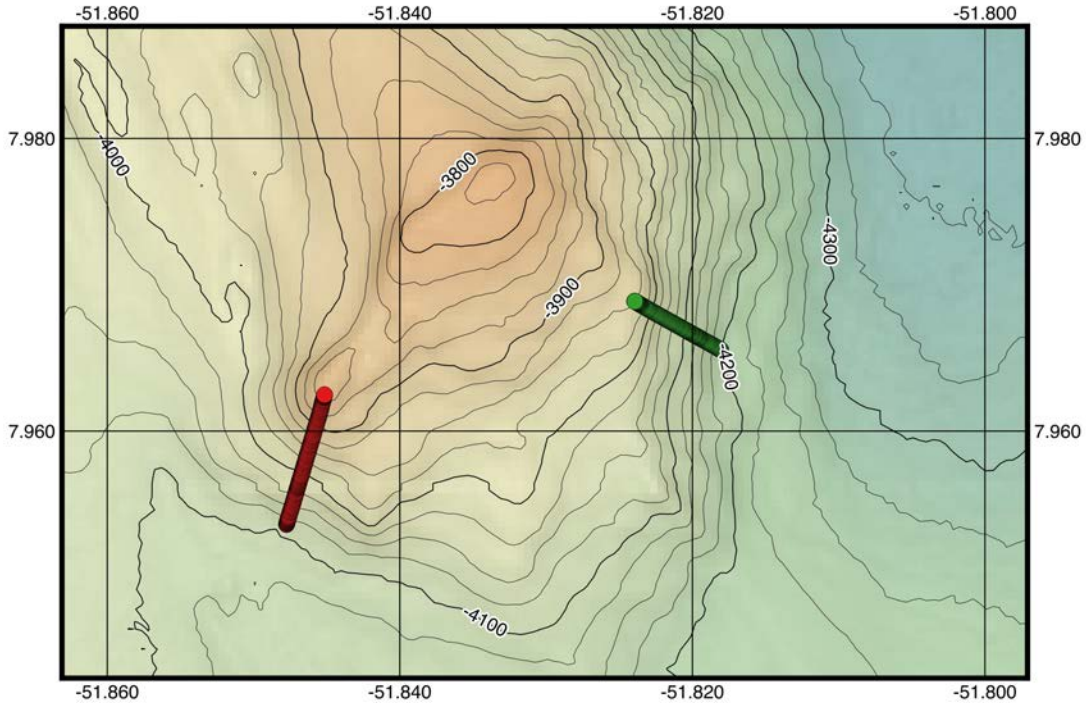

Figure 62: Position du bateau pendant les dragages F1 (à l'Est) et F2 (à l'Ouest)

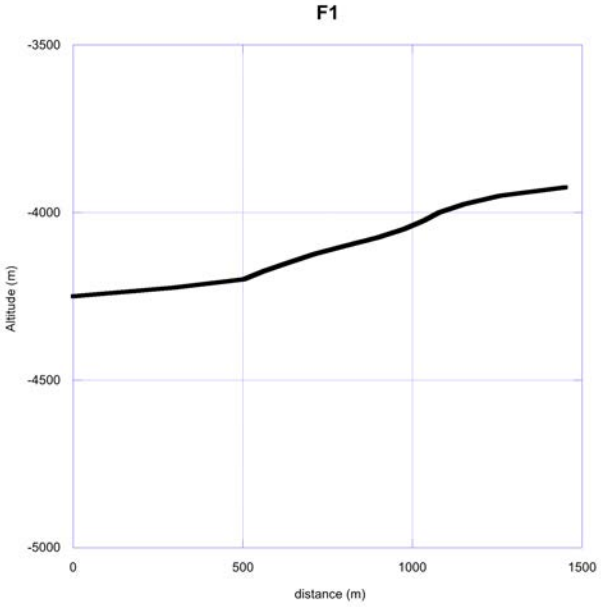

Figure 63: coupe bathymétrique prévue pour le dragage F1

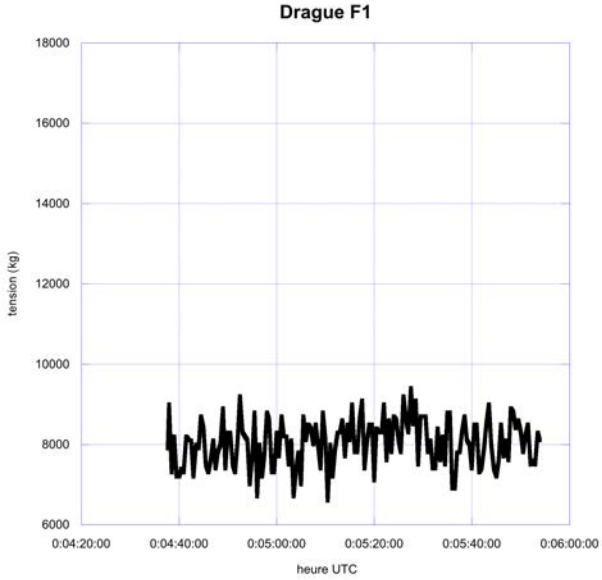

Figure 64: tension du câble pendant le dragage F1

Opérations : la drague F1 était localisée sur la pente orientale du site F, entre 4200 et 3940 m de profondeur (Figures 62 et 63). Aucune croche n'a été enregistrée pendant ce dragage (Figure 64), mais la drague a remonté un bloc principal et plusieurs fragments. La drague F1 a remonté au total 17 échantillons de roches, référencés DRA-F1-1 à -9, et DRA-F1-10 pour 8 fragments qui proviennent probablement de DRA-F1-1 (Figure 65). La masse totale récupérée est de 56,4 kg.

La pièce la plus grosse (DRA-F1-1) se présente sous la forme d'une boule de grès d'à peu près 35 cm de diamètre et de 53 kg (Figures 65 et 66). Cette boule étant trop grosse pour être déplacée, elle a été brisée à bord en 9 fragments. L'ensemble des échantillons est constitué d'un grès assez grossier (Figure 66), à grains de quartz anguleux (80% des grains), plus des micas, des minéraux altérés (dont feldspaths) et des minéraux noirs, et à matrice argileuse localement autour des grains de quartz. L'altération périphérique tout autour de la boule DRA-F1-1 laisse supposer que cette boule reposait en l'état au fond de la mer, et n'a pas été arrachée par la drague, mais a roulé au fond du filet.

Figure 65: l'ensemble des échantillons de la drague F1.

Figure 66: une section (DRA-F1-1b) du bloc DRA-F1-1

4.6.2 Drague F2 (Figure 5)

Position du bateau (Figure 62) pour
Mise à l'eau de la drague : N 7° 57,11273'; W 51° 50,89109' le 14/7/16 à 8h18 UTC
Drague au fond : N 7° 57,21653'; W 51° 50,86498' le 14/7/16 à 10h10 UTC
Début de dragage : N 7° 57,23017'; W 51° 50,86108' le 14/7/16 à 10h13 UTC
Fin de dragage : N 7° 57,74869'; W 51° 50,70895' le 14/7/16 à 11h44 UTC

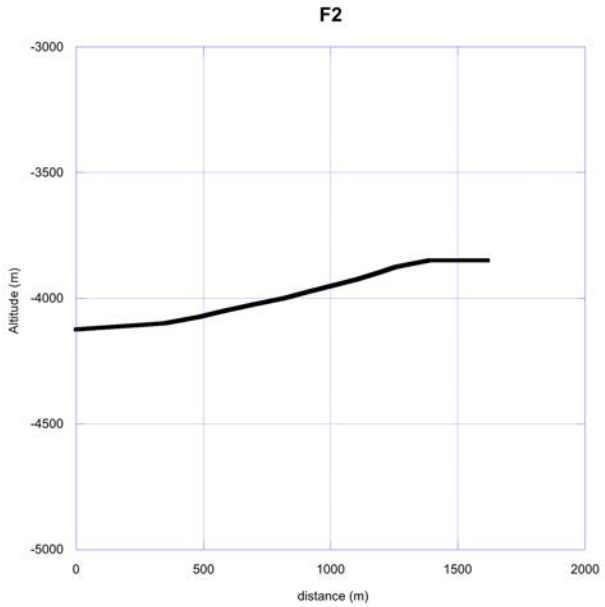

Figure 67: coupe bathymétrique prévue pour le dragage F2

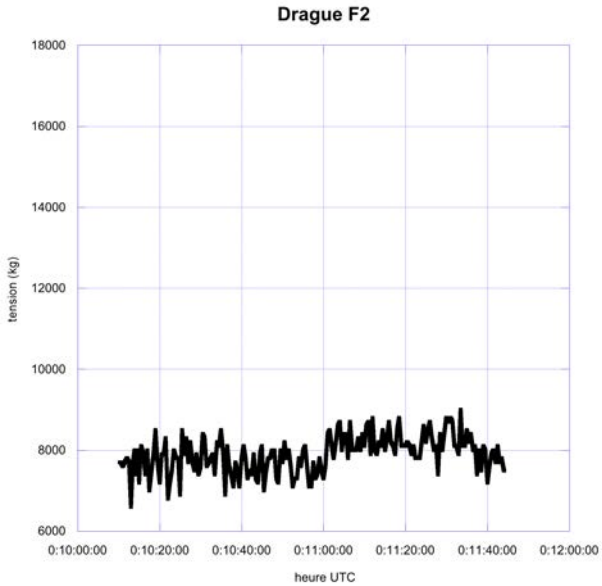

Figure 68: tension du câble pendant le dragage F2

Opérations : la drague F2 était localisée au SW du site F, entre 4100 et 3860 m de profondeur (Figures 62 et 67). Aucune croche n'a été enregistrée pendant ce dragage (Figure 68), et la drague est remontée vide.

4.7 Organismes dragués

A l'exception des anémones fixées sur des plaques de schistes de la drague B1, aucun organisme n'a été remonté dans les dragues.

5. Synthèse des dragages (Figure 69)

La présence de nodules et d'encroûtements sur de nombreux échantillons remontés par dragage laisse supposer que les roches affleurent en fond de mer, s'y éboulent, et restent exposées à l'eau de mer pendant de longues périodes. Cela confirme la faiblesse des taux de sédimentations actuels, probablement en raison de courants de fond importants (Loncke et al., 2016 ; Tallobre et al., 2016).

Les argiles de la drague B2, et les roches comparables récupérées dans la drague B1 sous-jacente, sont les seuls sédiments pélagiques échantillonnés. Compte tenu de l'histoire géologique du plateau de Demerara, il est probable que ces sédiments pélagiques soient plus récents que l'Albien supérieur, qui représente la période la plus récente de sédimentation (voire d'érosion) à faible profondeur (Mercier de Lépinay 2016). Ces sédiments pélagiques probablement d'âge tertiaire pourront être comparés aux sédiments carottés à proximité lors des forages du leg ODP 207.

A l'exception de ces argiles, toutes les roches sédimentaires remontées par dragage correspondent à des sédiments détritiques et se sont formées à faible profondeur d'eau (dragues A1, G2, B1, E1, F1), voire peut être en milieu continental pour F1. Ces roches sont donc probablement plus anciennes que l'Albien supérieur, et elles représentent les produits de l'érosion d'un socle soit lointain, mais probablement proche pour les grès grossiers de la drague F1, voire érodé sur place pour la brèche de la drague E1.

Alors que les roches sédimentaires draguées apparaissent très peu déformées, la structure extrêmement escarpée de la ride des 60° est quant à elle associée à des roches métamorphiques, présentant une foliation et une schistosité. Enfin, il faut souligner la nature microgrenue de nombreux blocs de la brèche de la drague E1, indiquant la présence à proximité immédiate de roches magmatiques qu'il conviendra de caractériser.

Ces différents échantillons font faire l'objet d'études approfondies, en particulier de datations. Il conviendra ensuite de les replacer dans le cadre de l'histoire du plateau de Demerara, et en particulier de ses mouvements verticaux. Dans l'immédiat se pose la question des mécanismes de subsidence de sédiments déposés pratiquement au niveau de la mer , et qui se retrouvent à des profondeurs de l'ordre de 4000 m en l'absence de structures tectoniques (failles normales en particulier) accommodant un amincissement crustal.

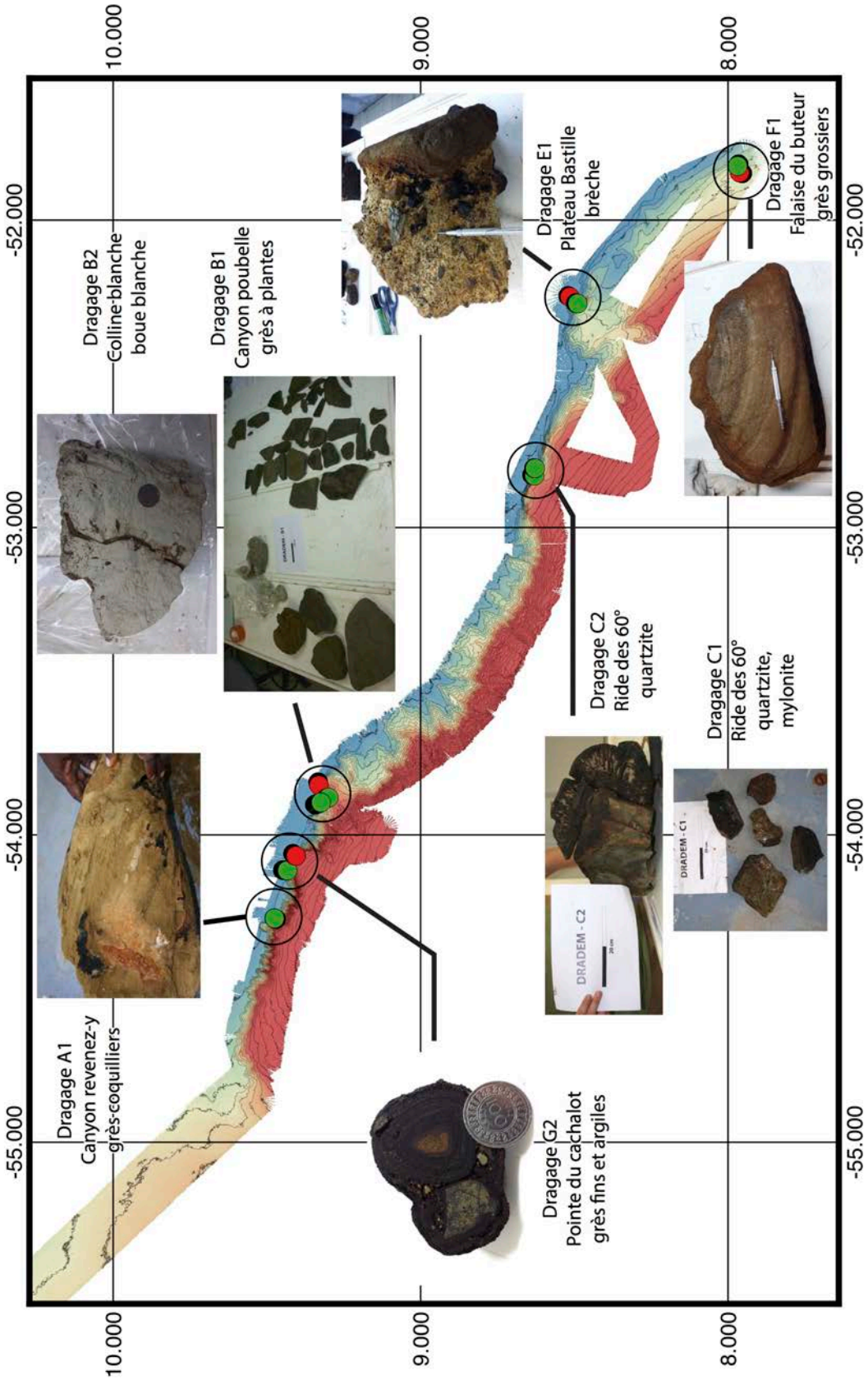

Figure 69 : résumé des roches prélevées pendant la campagne DRADEM. Les différentes photographies ne sont pas à la même échelle.

6. Résumé

La campagne DRADEM s'est déroulée du 9 au 21 Juillet 2016 à bord du Pourquoi Pas ?, dans les zones économique exclusives du Suriname et de la Guyane. Cette campagne s'inscrit dans un programme d'étude géologique du plateau de Demerara, dans la suite des campagnes GUYAPLAC (2003), IGUANES (2013), et avant MARGATS (2016). Les objectifs de la campagne DRADEM étaient de cartographier la pente continentale de la marge transformante bordant au Nord le Plateau de Demerara, et d'échantillonner par dragage les roches qui y affleurent.

La bathymétrie de la totalité de la pente continentale et une partie de la bordure du plateau ont été cartographiées, confirmant la segmentation de cette marge en trois parties avec des caractéristiques morphologiques très différentes. Deux probables volcans de boue ont été identifiés, l'un sur la bordure nord du plateau, l'autre dans la partie distale du cône sous-marin de l'Orénoque.

Douze dragages ont été réalisés entre 4700 et 3500 m de profondeur. Quatre dragues n'ont pas remonté d'échantillons. Les huit autres ont remonté des quantités variables de roches, très souvent encroûtées, mais à chaque fois de natures différentes : sédiments (brèche, grès grossiers, grès à plantes, grès coquillers, marne calcaire), roches grenues et métamorphiques (dont mylonites). Les déterminations lithologiques sont basées sur l'observation macroscopique de roches souvent altérées, et restent bien sûr à confirmer par les études à terre ; mais dans tous les cas ces roches pour la plupart inconnues dans ce secteur vont radicalement modifier notre compréhension de la structure et de l'évolution de cette marge. Elles mettent en évidence des mouvements verticaux importants qui ont ramené à l'affleurement des roches formées en profondeur.

7. Remerciements

Pour cette campagne fructueuse dans une excellente ambiance, nous adressons nos remerciements aux officiers et à tout l'équipage du Pourquoi Pas ?, ainsi qu'aux 'sédentaires' embarqués. Merci également aux personnels à terre de Genavir pour leur réactivité dans l'organisation de la campagne, y compris pour remédier au dernier moment à l'obligation d'embarquer des observateurs de mammifères.

Nous remercions les autorités du Surinam pour les autorisations de travail dans les eaux surinamaises, et Walter Roest et David Graindorge pour leur implication dans l'obtention de ces autorisations.

La campagne DRADEM a bénéficié d'un financement de l'INSU (soutien pre-campagne) ainsi que du fond de soutien de l'UMS Flotte océanographique française.

8. Références

Amante, C. & Eakins, B. W. 2009. ETOPO1 1 Arcminute global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center, NOAA, Washington, DC, http://doi.org/10.7289/V5C8276M

Basile, C., Maillard, A., Patriat, M., Gaullier, V., Loncke, L., Roest, W., Mercier de Lépinay, M., Pattier, F., 2013. Structure and evolution of the Demerara Plateau, offshore French Guiana: Rifting, tectonic inversion and post-rift tilting at transform–divergent margins intersection. Tectonophysics 591, 16-29.

Fox, P.J., Heezen, B.C., Johnson, G.L., 1970. Jurassic sandstone from the tropical Atlantic. Science, 25, 170, 3965, 1402-1404.

Mercier de Lépinay, M., 2016. Inventaire mondial des marges transformantes et évolution tectonosédimentaire des plateaux de Demerara et de Guinée, Oceanography. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan Via Domitia, Perpignan.

Loncke, L., Maillard, A., Basile, C., Roest, W., Bayon, G., Pattier, F., Mercier de Lépinay, M., Grall, C., Droz, L., Marsset, T., Giresse, P., Caprais, J.C., Cathalot, C., Graindorge, D., Heuret, A., Lebrun, J.F., Bermell, S., Marcaillou, B., Bassetti, M.A., Tallobre, C., Buscail, R., Durrieu de Madron, X., Bourrin, F., 2016. Structure of the Demerara passive transform margin and associated sedimentary processes. Preliminary results from the IGUANES cruise. In: Nemcok, M., Rybar, S., Sinha, S. T., Hermeston, S. A. & Ledve´nyiova , L. (eds). Transform Margins: Development, Controls and Petroleum Systems. Geological Society, London, Special Publications, 431, http://doi.org/10.1144/SP431.7.

Tallobre, C., Loncke, L., Bassetti, M.A., Giresse, P., Bayon, G., Buscail, R., Durieu de Madron, X., Bourrin, F., Vanhaesebroucke, M., Sotin, C., and the IGUANES Scientific party, 2016. Description of a contourite depositional system on the Demerara Plateau: results from geophysical data and sediment cores. Marine Geology, 378, 56-73. http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2016.01.003