

Groupe hydrographique et
océanographique de l'Atlantique

Dossier suivi par IETA Yann Keramoal

Tél. +33 (0) 2 98 14 05 35 / Fax +33 (0) 2 98 14 05 32
Mail : yann.keramoal@shom.fr

BREST, le 21 septembre 2017
N° 150 Shom/GHOA/NP

ANNULE ET REMPLACE LE RAPPORT FINAL N° 129 SHOM/GHOA/NP du 24 juillet 2017.

- Objet** : Levé SHOM n° S201703400 – Levé EMR Dunkerque – volet 2017.
- Références** :
- a) **Convention SHOM/MEEM [DGEC] n° 51/2016** : réalisation des études de reconnaissance environnementale de la zone d'implantation d'éoliennes en mer au large de Dunkerque, à jour de son avenant n° 1 du 21 juin 2017 ;
 - b) **Instructions techniques n° 36 SHOM/DOPS/MIP/HYDRO/NP du 21 juin 2016** : Etude de reconnaissance environnementale de la zone d'implantation d'éoliennes en mer au large de Dunkerque ;
 - c) **Instruction particulière n° 96 Shom/GHOA/NP du 2 juin 2017** : Travaux à effectuer par les BH2c *Borda* et *Laplace* en juin et juillet 2017 – étude de reconnaissance environnementale de la zone d'implantation d'éoliennes en mer au large de Dunkerque – volet 2017 ;
 - d) **Compte rendu n°36 Shom/GHOA/NP du 27 février 2017** : Ajustage des biais angulaires et qualification des SMF EM2040c des VH *Goéland* et *Macareux* du BH2 *Laplace* ;
 - e) **Compte rendu n° 95 Shom/GHOA/NP du 2 juin 2017** : Ajustage des biais angulaires et qualification du SMF EM2040c de la VH *Macareux* du BH2 *Borda* ;
 - f) **Compte rendu n° 100 Shom/GHOA/NP du 9 juin 2017** : Essais en mer, ajustage des biais angulaires et qualification du SMF EM2040c de la VH *Phaéton* du BH2 *Borda* ;
 - g) **Compte rendu n° 115 Shom/GHOA/NP du 29 juin 2017** : Essais en mer, ajustage des biais angulaires et qualification du SMF EM2040c de

- la VH *Guillemot* du BH2 *Laplace* ;
h) **Rapport final n°42 Shom/GHOA/NP du 7 mars 2017** : Levé Shom n°
S201604300 – Levé EMR Dunkerque.

Pièces jointes : trois annexes

1 OBJET DU DOCUMENT.

Ce rapport final rend compte des travaux effectués en 2017 dans le cadre du levé d'étude de reconnaissance environnementale de la zone d'implantation d'éoliennes en manche mer du nord, au large de Dunkerque.

Ce rapport fait partie des livrables du lot 5 (Ref T4.RI) prévus dans l'annexe 5 de la convention en référence a).

1.1 OBJECTIFS – TRAVAUX DEMANDES.

Les instructions techniques en référence b) préconisent un levé hydrographique complet permettant la réalisation des produits suivants, sur la partie A de la zone demandée:

- modèle numérique de terrain de bathymétrie « haute résolution » ;
- carte d'épaisseur de sédiment ;
- sédimentologie de surface « haute résolution » ;
- description des paramètres environnementaux.

Il est à noter qu'à la suite de la parution de l'appel d'offre fin décembre 2016, les zones d'intérêt ont été revues. La zone prioritaire A (cf. annexe I) englobe la majeure partie de la zone P1, mais a été étendue au nord et à l'ouest. La zone optionnelle B est assez différente des zones P2 et P3 présentées dans les IT en référence b).

La prise en compte de ces modifications fait, entre autres, l'objet de l'avenant n°1 à la convention en référence a).

1.2 TRAVAUX REALISES.

1.2.1 Moyens nautiques mis en œuvre et calendrier.

Le bâtiment hydrographique de 2^{ème} classe (BH2) *Laplace* et ses vedettes hydrographiques étaient sur zone du 9 au 19 juin 2017.

Le BH2 *Borda* et ses vedettes hydrographiques étaient sur zone du 3 au 17 juillet 2017. Le départ du *Borda* a été retardé suite des avaries survenues en juin 2017.

La réalisation du levé a été perturbée par des conditions météorologiques difficiles.

Le levé a donc été réalisé en 2 phases comme décrit ci-dessous :

Date	Evènement
08/06/17	Arrivée sur zone du BH2 <i>Laplace</i> Mouillage du marégraphe de secours à Dunkerque Début du levé hydrographique
26/06/17	Départ du <i>Laplace</i> Les 2 VH sont gardiennées à Dunkerque dans l'attente du BH2 <i>Borda</i>

03/07/17	Arrivée sur zone du BH2 <i>Borda</i>
17/07/17	Fin du levé Départ du <i>Borda</i>

1.2.2 Responsabilités.

Directeur technique : ICETA Ronan Pronost
Ingénieur : IETA Yann Keramoal / IETA Julian Le Deunf
Chef d'équipe : MTS Thierry Poulain / MP Thomas Fromont

1.2.3 Bilan des travaux réalisés.

L'ensemble des travaux réalisés est présenté en annexe I.

- Le **levé bathymétrique « haute résolution »** au sondeur multifaisceau (SMF) EM2040c (Kongsberg) s'est déroulé nominalement. L'ensemble de la zone a été levée en vue d'atteindre la densité de sondes suffisante pour élaborer le livrable final : modèle numérique de terrain de résolution de l'ordre de 50 cm. Le MNT final est présenté en annexe II.
- Le **levé d'épaisseur de sédiment** au sondeur de sédiments (sub-bottom profiler SBP) Echoes 10000 (iXBlue) monté sur perche sur une VH s'est déroulé nominalement. Du fait de l'acquisition simultanée par le SBP et le SMF, la stratégie de réalisation du levé a été menée de telle façon à optimiser les deux objectifs : couverture complète au SMF pour la réalisation d'un MNT à 0,5 m et couverture suffisante au SBP pour la réalisation d'une carte d'épaisseur de sédiment. Au départ de la zone, quelques profils choisis ont pu être levés au sondeur de sédiments Echoes 3500, monté sur la coque du *Borda*. Les profils réalisés sont présentés en annexe I.
- La **sédimentologie de surface « haute résolution »** a été réalisée en parallèle du levé au sondeur multifaisceau : imagerie acoustique provenant du sondeur multifaisceau et acquisition au sondeur monofaisceau pour classification des fonds (hormis pour les profils où le SBP est mis en œuvre). Ainsi, la zone couverte est identique à celle couverte par la bathymétrie au SMF. Plusieurs prélèvements de sédiment ont également été réalisés pour caractériser les natures de sédiment superficiel.
- Pour assurer une redondance des mesures de marée sur zone, un **marégraphe à capteur de pression** a été mouillé à proximité du MCN de Dunkerque (<http://data.shom.fr/#donnees/refmar/2> : marégraphe côtier numérique permanent du réseau RONIM du Shom). Le contrôle du MCN a été effectué en 2016 lors du précédent levé (cf. rapport en référence h)).

1.3 TRAVAUX RESTANT A REALISER.

L'ensemble des travaux demandés dans le cadre de la convention en référence ont été réalisés.

1.4 CONTRAINTES / RETOUR D'EXPERIENCE.

1.4.1 Conditions météorologiques.

Les remarques du précédent levé restent valables pour 2017 (cf. rapport en référence h)).

Les conditions météorologiques sur zone sont particulièrement difficiles : le vent, même modéré peut faire lever la mer à cause des faibles fonds et de leur nature (dunes, mega-rides, etc...). Le courant lorsqu'il est contraire au vent dégrade rapidement l'état de la mer. A contrario, l'état de la mer peut rapidement se calmer en l'absence de vent.

Sur les 34 jours de présence sur zone, un peu plus de 22 jours ont été impraticables à cause de la météo !

1.4.2 Conditions logistiques.

Les BH2 étaient accostées au port de Dunkerque, car les conditions sur zone (densité du trafic, absence de zone de mouillage pour une longue durée à proximité, zones évolutives de faible profondeur) ne permettaient pas d'envisager un stationnement au plus près de la zone de travail. Lors d'une journée type de levé VH, un temps considérable était donc consacré au passage des écluses (environ 45 min à 1 heure) et au transit pour rejoindre la zone de levé éloignée du port de Dunkerque (environ 30 à 45 min). Il est à noter que cet éloignement important interdisait également le travail d'un porteur seul sur la zone pour des raisons de sécurité. Les vedettes elles-mêmes ne pouvaient non plus pas être entreposées à l'extérieur des écluses car un retour quasi quotidien à bord était nécessaire pour réaliser l'entretien et les pleins de carburant.

1.4.3 Bilan des indisponibilités

Période	Nb jours VH prévus	Nb jours VH réalisés	Nb jours indispo météo	Nb jours indispo matériel
<i>8 au 26 juin 2017</i>	38	9,2	14,2	0,2
<i>3 au 17 juillet</i>	30	13	8	0,5
Total	68	22,2	22,2	0,7

Il est rappelé qu'une VH ne pouvait pas travailler seule sur la zone pour des raisons de sécurité. Un jour d'indisponibilité matérielle pouvait donc impliquer une journée « blanche » du point de vue du levé : ce cas de figure ne s'est toutefois pas présenté en 2017.

Un « jour VH » représente au maximum 12h (départ à 07h00 – retour à 19h00), mais compte tenu des temps de passage d'écluse et de transit, et des pauses méridiennes, il ne représente qu'environ 8h de levé effectif.

Le BH2 *Borda* devait être sur zone en parallèle du *Laplace*, mais des problèmes sur ses diesels-alternateurs et ses moteurs principaux l'ont bloqué en indisponibilité pour réparation à Brest pendant tout le mois de juin. Cette indisponibilité matérielle n'est pas comptabilisée dans le tableau ci-dessous qui ne prend donc en compte que les avaries sur les VH, peu nombreuses cette année (2 incidents du même type, vite réparés : hélices cassées le 14 juin et le 13 juillet). En prenant en compte le programme initialement prévu, le nombre de jours de travaux VH potentiellement utilisables était de 86.

2 GESTION DE CONFIGURATION

2.1 MATERIEL

Les VH *Macareux*, *Phaéton*, *Goéland* et *Guillemot* mettent chacune en œuvre un sondeur multifaisceau Kongsberg EM 2040c associé au système d'acquisition SIS du même constructeur. Les paramètres issus des ajustages des sondeurs sont pris en compte en temps réel.

L'ajustage et la vérification des sondeurs EM 2040c des vedettes hydrographiques ont été réalisés en 2017, cf. comptes rendus d'ajustages en références d) à g).

Les données des SMF et des capteurs associés (centrale d'attitude et de cap Applanix POSMV 320 ; célérimètres de coque) ont été acquises, prises en compte et archivées par le logiciel SIS.

Les données de célérité ainsi que les tirants d'eau ont également été pris en compte en temps réel par SIS.

Tous ces matériels sont configurés selon les dossiers d'intégration et de gestion de configuration entretenus par le service logistique et soutien du GHOA.

2.2 LOGICIELS

L'ensemble des données acquises par le logiciel SIS a été traité avec le logiciel CARIS HIPS version 9.1.

Le traitement de la marée a été effectué avec le logiciel Chersoft Tide DataBase (TDB) version 2.7.

L'extraction des données des bathycélérimètres a été réalisée à l'aide du logiciel Valeport DatalogX2 et leur traitement à l'aide du logiciel Ifremer/Shom DORIS.

Tous ces logiciels sont gérés en configuration par l'équipe informatique du GHOA.

3 RÉFÉRENCES

3.1 REFERENCES HORIZONTALES

Les positions sont référencées par rapport au système géodésique *WGS84* qu'on assimile au système géodésique *RGF93*. L'écart entre ces deux systèmes en France continentale est de l'ordre de 65 cm (valeur à Brest). Cet écart est pris en compte dans le bilan des erreurs théoriques aux paragraphes 4.3 et 5.4.

La projection utilisée pour les documents graphiques est la projection *Lambert 93*.

3.2 REFERENCES VERTICALES

La référence verticale pour les sondes est le zéro hydrographique (ZH) à Dunkerque. Le ZH est situé à 9,504 m au-dessous du repère fondamental de l'observatoire de marée, repère IGN N.A.L3-7 scellé à la base du grand phare côté Est à environ 0,90m du sol.

La référence verticale des altitudes est le zéro du système *NGF-IGN 1969*.

3.3 REFERENCE MAGNETIQUE

Sans objet.

3.4 REFERENCE GRAVIMETRIQUE

Sans objet.

4 GÉODÉSIE ET LOCALISATION

4.1 GEODESIE

Sans objet.

4.2 SYSTEMES DE LOCALISATION

Le positionnement a été délivré par la centrale inertielle POSMV320 exploitant une solution GNSS augmentée par la réception des corrections provenant du système EGNOS.

4.3 INCERTITUDE DE LA LOCALISATION

En mode hybride, la centrale d'attitude fournit la position au logiciel d'acquisition SIS, synchronisée et datée par le message de navigation délivré par la centrale.

Le logiciel SIS calcule en temps réel une position dans le système WGS84, à partir de la position fournie par la POSMV, extrapolée à l'heure « du top ».

La cadence d'archivage de la position était fixée à 1 s.

La précision de la localisation était calculée en temps réel par la POSMV. Un seuil d'alarme de 2 m (à 95%) a été mis en place lors de l'acquisition.

En temps différé, la validation de la localisation et de l'attitude du porteur a été effectuée à l'aide des modules *Navigation Editor* et *Attitude Editor* du logiciel CARIS.

Pour le système de positionnement EGNOS, la qualité du positionnement a été contrôlée quotidiennement via le logiciel POSPAC MMS (visualisation et vérification des RMS du *Solution Status* et du *Real Time Performance Metrics Max* pour chaque porteur). Les valeurs observées étaient généralement meilleures que 2,0m. Le site support d'EGNOS (<http://egnos-user-support.essp-sas.eu>) a également été consulté a posteriori pour contrôler l'incertitude sur le positionnement du levé, par observation de la précision de la localisation corrigée des stations SWA et PAR.

Au final, la précision de la localisation des VH est estimée meilleure que 3 m (à 95%).

5 BATHYMÉTRIE

5.1 STRATEGIE ET CONDITIONS DE LEVE

Le levé bathymétrique a été réalisé avec les paramètres suivants :

EM2040c de la VH	Réguliers	Traversiers	Recherches
Ouverture	2x 60°	2x 45°	2x 30°
Mode	Equidistant high density 300 kHz	Equidistant high density 300 kHz	Equidistant high density 400 kHz
Vitesse	5 nœuds avec mise en œuvre SBP	5 nœuds avec mise en œuvre SBP	4 nœuds

	6 nœuds sans mise en œuvre SBP	6 nœuds sans mise en œuvre SBP	
--	-----------------------------------	-----------------------------------	--

La boîte A a fait l'objet d'un levé en « simple insonification » en assurant un recouvrement entre profils adjacents permettant d'assurer une densité de sondage suffisante pour la réalisation des produits attendus (recouvrement entre 10 et 20%). L'acquisition du SBP se faisait conjointement avec celle du SMF.

5.2 CORRECTIONS

5.2.1 Marée

Un marégraphe de secours SBE26+ a été mouillé par plongeurs au niveau de l'écluse *Trystram* du 09/06/17 au 15/07/17, à côté du MCN de Dunkerque à la position : 51° 02,885' N / 002° 21,986' E. La durée d'intégration de ce marégraphe était de 4 minutes et la période d'acquisition de 5 minutes.

Plusieurs séances de tirants d'air ont été réalisées sur la période de mesure pour caler le zéro instrumental de ce marégraphe.

Toutefois, le marégraphe côtier numérique permanent de Dunkerque a bien fonctionné sur la durée du levé, et les données du marégraphe de secours n'ont pas été utilisées. Les sondes ont donc été réduites de la marée observée au MCN de Dunkerque, déportée sur la zone de levé grâce au modèle « modele_PDC_2012 ». Un fichier de marée a ainsi été créé sous MASG2 en utilisant les hauteurs d'eau du MCN de Dunkerque extraites via TDB export et le fichier de navigation représentant la concaténation de toutes les informations de navigation des différents porteurs sur la durée du levé.

L'incertitude à 95% liée à la marée est estimée meilleure que 0,20 m.

5.2.2 Tirant d'eau

Les données SMF ont été acquises par le logiciel SIS avec une valeur fixe de tirant d'eau (distance entre l'origine du repère navire et la base du sondeur multifaisceau). Conformément au dossier de configuration des porteurs disponibles au GHOA, la « waterline » est de -9,0 cm pour *Phaéton*, -8,0 cm pour *Macareux*, -6,0 cm pour *Goéland*, -8.0 cm pour *Guillemot*.

L'incertitude de la mesure du tirant d'eau de la VH est estimée meilleure que 0,05 m (à 95%).

5.2.3 Attitude et cap

Les données d'attitude (roulis, tangage et pilonnement) et de cap, mesurées par la centrale d'attitude et de cap POSMV 320, leur rattachement au sondeur et le profil de célérité ont été pris en compte en temps réel par le logiciel d'acquisition des données SIS du SMF pour le calcul de la position des sondes.

En temps différé, les sondes sont positionnées en absolu par la fonction merge de CARIS, par interpolation des données de localisation du porteur à chaque cycle d'émission du sondeur.

Les incertitudes des mesures d'angle ont été estimées en tenant compte des incertitudes des calibrages et des données constructeur. Les incertitudes à 95% adoptées figurent dans les tableaux du paragraphe 5.4.

Certaines portions de données bathymétriques sont entachées d'un effet de pilonnement résiduel. Ce biais est pris en compte dans le bilan d'erreur.

5.2.4 Célérité

Les sondes ont été corrigées en temps réel du profil de célérité.

Les profils de célérité ont été réalisés à l'aide de bathycélérimètres SVP 1000. Ces mesures ont été réalisées lors de chaque séance de sondage et prises en compte par le logiciel d'acquisition SIS pour le calcul des sondes.

L'incertitude sur la mesure des bathycélérimètres VALEPORT est estimée à 0,10 m/s (à 95%).

La célérité au niveau des transducteurs était mesurée in situ à l'aide de célérimètres de coque de type Valeport mini SVS et fournie en temps réel aux sondeurs.

L'incertitude des célérimètres de coque est estimée à 0,15 m/s (à 95%).

Une alarme a été configurée dans SIS pour signaler un écart supérieur à 2 m/s entre les mesures temps réel du célérimètre de coque et la mesure du profil de célérité au niveau de la surface. Un nouveau profil de célérité était alors mesuré.

L'incertitude à 95% sur les profils de célérité est ainsi estimée à 2 m/s.

5.2.5 Paramètres d'installation

Les données sont corrigées en temps réel des paramètres d'installations (bras de levier et orientations relatives entre transducteur du sondeur, antennes GPS et centrale inertielle) et de calibration du sondeur.

L'incertitude sur les bras de leviers est estimée meilleure que 0,01 m (à 95%) et peut être négligée dans le bilan d'erreur.

5.3 TRAITEMENT ET VALIDATION DES SONDES

Les données enregistrées par l'EM2040c au format « .all » (par le logiciel SIS) et exploitées lors du traitement sont des données corrigées :

- du profil de célérité et de la célérité mesurée au niveau du transducteur ;
- du roulis, tangage et pilonnement mesurés par la centrale d'attitude POSMV;
- du tirant d'eau, valeur fixe sur les VH
- des paramètres d'installation et de calibration du sondeur.

En temps différé, les données ont été traitées à l'aide du logiciel Caris HIPS&SIPS 9.1. Les sondes ont été :

- géo-référencées après validation de la localisation et de l'attitude ;
- réduites de la marée.

Toutes les sondes ont été visualisées afin de repérer les relèvements caractéristiques. Les sondes caractéristiques réelles, issues d'un choix de sondes surfacique, ont été comparées aux sondes du modèle. Les sondes caractéristiques s'écartant de plus de 5% du fond moyen ou de 0,50 m de celui-ci, ont été systématiquement examinées sous CARIS HIPS.

Les sondes ont été traitées manuellement par un hydrographe.

5.4 INCERTITUDE, EXACTITUDE ET CONTROLE QUALITE

Les incertitudes théoriques verticale et horizontale des sondes (calculées à partir des incertitudes décrites aux paragraphes précédents) sont données ci-dessous.

La cohérence interne des données a également été évaluée de manière statistique à l'aide de l'outil « HIPS Quality Control Report » de CARIS/HIPS. La méthode a consisté à mesurer les écarts entre l'ensemble des profils réguliers et un modèle numérique de terrain réalisé à partir des profils traversiers. Le résultat est donné au paragraphe 5.4.3.

A la date du dernier contrôle des sondeurs EM2040c, la conformité des systèmes par rapport aux ordres de la norme de l'OHI pour les levés hydrographiques (S-44, 5ème édition) a été vérifiée sur une zone de référence.

5.4.1 Incertitude horizontale

L'incertitude sur la position horizontale théorique résulte de la somme quadratique des incertitudes listées dans les paragraphes précédents.

Paramètres pour l'EM2040 des VH	Incertitude de la mesure à 95%	Incertitude planimétrique sur le positionnement des sondes à 95%
Localisation du porteur (§4.3)	/	3 m
Attitude et cap (§5.2.3)	$\sigma_{roulis} = 0,056^\circ$ $\sigma_{tangage} = 0,202^\circ$ $\sigma_{cap} = 0,202^\circ$	Roulis : 0,10 %P Tangage : 0,35%P Cap : 0,61%P
Célérité (§5.2.4)	Surface : 0,15 m/s Profil : 2 m/s	Surface : 0,02%P Profil : 0,22%P
Incertitude horizontale du SMF	1,36%P	
Bilan d'incertitude sur la position horizontale de la sonde	$\sqrt{3^2 + (1,56\% \cdot P)^2}$	
Incertitude horizontale (majorant pour la profondeur maximale de 33m)	3,10 m	

Cette incertitude horizontale est **compatible avec l'ordre 1a** de la norme S-44 de l'OHI.

5.4.2 Incertitude verticale

L'incertitude sur la position verticale théorique résulte de la somme quadratique des incertitudes listées dans les paragraphes précédents.

Paramètres	Incertitude (à 95%)
Rattachement à la référence verticale (§5.2.1)	0,20 m
Tirant d'eau (§0)	0,05 m
Pilonnement résiduel (§5.2.3)	0,40 m
Attitude (§5.2.3)	Roulis : 0,17 %P

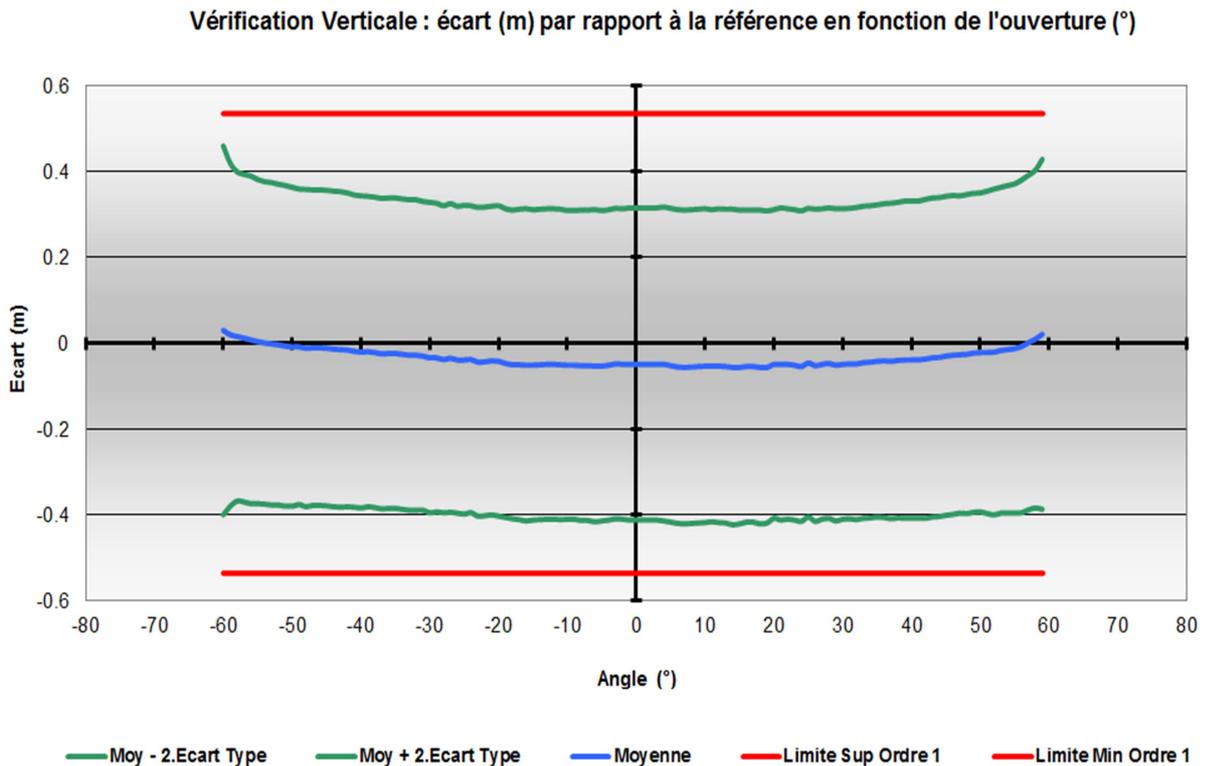
Célérité (§5.2.4)	Surface : 0,03 %P Profil : 0,26 %P
Incertitude verticale du SMF	0,10%P
Bilan d'incertitude sur la valeur de la sonde	$\sqrt{0,45^2 + (0,33\%.P)^2}$
Incertitude verticale (majorant pour la profondeur maximale de 33m)	0,50 m

Cette incertitude verticale est **compatible avec l'ordre 1a** de la norme S-44 de l'OHI.

5.4.3 Contrôle qualité

Un contrôle qualité a été réalisé en utilisant l'outil « Quality Control » de HIPS. Les profils traversiers ont été utilisés pour générer une surface de référence.

Les courbes ci-dessous présentent les écarts mesurés (moyenne et écarts types à 2σ (95%)) entre les profils réguliers et cette surface de référence, en fonction de l'angle de tir des faisceaux. Figurent également sur ce graphique les exigences de précision de la S-44 (« Lim Sup » et « Lim Min ») pour l'ordre 1a à la profondeur moyenne du levé, définie à 15m.



Les écarts mesurés sont compatibles avec les critères de l'ordre 1a et sont cohérents avec le bilan d'incertitudes théoriques.

5.5 DONNEES VALIDEES.

Conformément à l'instruction particulière en référence c), ce levé a été réalisé en simple insonification, tout en s'assurant que la densité de sondes obtenue était suffisante pour atteindre la résolution demandée (MNT de maille de 0,5 m).

Les sondes du levé respectent les critères d'incertitude horizontale et verticale de l'ordre 1a. Les critères de détection de l'ordre 1a ne peuvent pas être totalement garantis pour un levé en simple insonification réalisé par les sondeurs EM2040c (une étude est actuellement en cours au Shom pour qualifier ces sondeurs dans cette configuration d'emploi). En conséquence, et en attente des résultats de cette étude, le lot constitué est classé en ordre 1b.

Un seul lot de sondes a ainsi été constitué.

Lot	Zone	Ordre S-44	CATZOC
1	Zone A - volet 2017	1b	B

6 OCÉANOGRAPHIE.

6.1 MESURES HYDROLOGIQUES.

Des mesures du profil de célérité ont été réalisées au bathycélérimètre dès qu'une variation notable de la célérité était observée (> 2 m/s) et au moins une fois par jour. Des prélèvements d'eau quotidiens ont été effectués et transmis au laboratoire de chimie océanographique du Shom.

6.2 COURANTOMETRIE.

Aucune mesure de courantométrie complémentaire à celle réalisée en 2016 n'a été réalisée.

6.3 OBSERVATIONS DE MAREE.

Les mesures réalisées pour réduire le levé sont décrites dans le paragraphe 5.2.1.

Un contrôle de l'observatoire de marée du port-est de Dunkerque avait été réalisé en 2016. Aucun contrôle n'a été réalisé lors de cette mission.

6.4 VISIBILITE SOUS-MARINE.

Des mesures de visibilité verticale de la colonne d'eau ont été réalisées au disque de Secchi sur la zone de levé, lors des mesures de profils bathycélérimètres.

7 SÉDIMENTOLOGIE.

7.1 IMAGERIE SMF.

Les données brutes d'imagerie acoustique des sondeurs multifaisceaux EM2040c ont été transmises au département DOPS/HOM/SEDIM pour traitement, comme préconisé dans les IT en référence c).

L'exploitation des données fera l'objet d'un rapport dédié.

7.2 IMAGERIE SONAR LATERAL.

Au vu du retour d'expérience du levé réalisé en 2016 (modalités d'emploi difficiles du fait des conditions météorologiques), le sonar latéral n'a pas été mis en œuvre. La densité obtenue grâce au SMF est suffisante pour décrire les obstructions découvertes sur la zone de levé.

7.3 PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS EN SURFACE.

Quatorze prélèvements ont été réalisés par benne Van Veen à partir des vedettes. Les points de prélèvement ont été déterminés à partir des faciès identifiés sur l'imagerie SMF. Il s'agit essentiellement de sable et de coquilles brisées.

Ces prélèvements ont été adressés au département géologie marine (DOPS/HOM/SEDIM) du Shom pour analyse complète.

L'exploitation des données fera l'objet d'un rapport dédié.

7.4 SONDEUR DE SEDIMENTS.

Le sondeur de sédiment Echoes 10000 de la société iXBlue a été mis en œuvre durant ce levé. Les configurations d'acquisition étaient adaptées pendant le levé selon les gammes de profondeurs concernées (fichiers de configuration prédéfinis).

Le sondeur de sédiment Echoes 3500 de la société iXBlue a été mis en œuvre le 17 juillet sur quelques profils choisis suite à l'analyse des données recueillies en 2016.

Les données brutes de l'Echoes 10000 et de l'Echoes 3500 ont été transmises au département géologie marine (DOPS/HOM/SEDIM) du Shom pour traitement, comme préconisé dans les IT en référence c).

L'exploitation des données fera l'objet d'un rapport dédié.

7.5 SYSTEME DE CLASSIFICATION DU FOND.

Le sondeur monofaisceau EA400 était mis en œuvre en parallèle du levé au sondeur multifaisceau lorsque le SBP n'était pas en fonction sur les VH.

Les données brutes ont été transmises au département géologie marine (DOPS/HOM/SEDIM) du Shom pour traitement, comme préconisé dans les IT en référence c).

L'exploitation des données fera l'objet d'un rapport dédié.

8 DONNÉES ET DOCUMENTS PRODUITS.

Tous les documents fournis sont élaborés en Lambert93.

8.1 MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN.

Les différents modèles numériques de terrain (MNT) générés sont transmis sous la forme d'une surface CARIS au format csar, sous la forme de fichier ascii maillé au format raster ESRI Ascii Grid et sous la forme d'image raster georéférencée au format geotiff.

8.1.1 MNT final sans interpolation

L'ensemble des sondes validées (1 605 694 475 points de mesure) a été utilisé pour créer un modèle numérique de terrain de maille 0,5m, en utilisant l'algorithme *Swath Angle* sous CARIS HIPS, au format .csar.

Ceci correspond au MNT après traitement et qualification, sans interpolation.

✓ fichier .csar de CARIS :

MNT_0.5m_2017_L93.csar

MNT_0.5m_2017_L93.csar0

Le fichier .csar contient les couches :

- deep (profondeur la plus importante dans la maille)
- density (nombre de sondes de la maille)
- depth (profondeur issue du calcul d'une moyenne pondérée *Swath angle*)
- mean (profondeur moyenne)
- shoal (profondeur la plus faible de la maille)
- std_dev (écart-type dans la maille)

✓ fichier raster geotiff de couche Depth (cf. illustration en annexe II):

MNT_0.5m_2017_L93.tif

✓ fichier raster geotiff de couche Density (cf. illustration en annexe II) :

MNT_0.5m_densite_2017_L93.tif

✓ fichier raster ascii Grid :

MNT_0.5m_2017_L93.asc

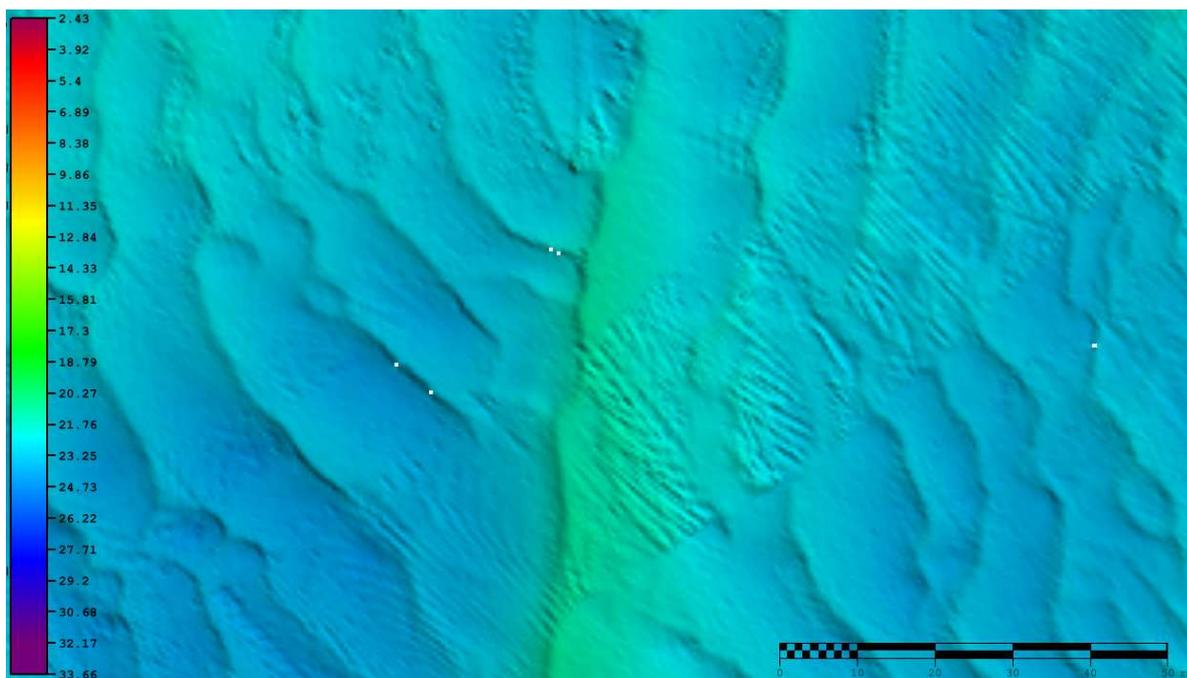
MNT_0.5m_2017_L93.asc.aux.xml

MNT_0.5m_2017_L93.prj

Les zones de recouvrement entre les MNT produits en 2017 et 2016 montrent nettement les évolutions des rides dans la zone, sur une période de quelques mois (cf. Annexe III).

8.1.2 Densité

Dans certaines zones, la densité de sonde par maille est plus faible. Quelques mailles de 0,5m de côté sont même vides (absence de sonde dans la maille de 50 cm de côté) :



Exemple de mailles vides (en blanc) dans le MNT final.

La couche « density » du fichier .csar résultant a été exportée au format image GeoTiff (voir illustration en Annexe II).

- ✓ fichier raster geotiff de couche Depth :
MNT_0.5m_2017_densite_L93.tif

8.1.3 MNT final interpolé

Le MNT décrit dans le paragraphe précédent a ensuite été interpolé pour combler les quelques mailles vides (5 795 mailles interpolées au total, sur un total de près de 91 millions de mailles), valeur moyenne sur une matrice de 3x3 mailles autour de la maille vide, avec un minimum de 3 mailles non-vides dans la matrice. Les produits fournis sont les suivants :

- ✓ fichier .csar de CARIS :
MNT_0.5m_2017_interpolate3x3_L93.csar
MNT_0.5m_2017_interpolate3x3_L93.csar0

Le fichier .csar contient les couches :

- depth (profondeurs issues du MNT d'origine ou interpolées)
- depth interpolated (profondeurs interpolées uniquement)
- depth and holidays (mailles contenant une profondeur et trous de couverture)

- ✓ fichier raster geotiff de couche Depth :
MNT_0.5m_2017_interpolate3x3_L93.tif

- ✓ fichier ascii Grid :
MNT_0.5m_2017_interpolate3x3_L93.asc
MNT_0.5m_2017_interpolate3x3_L93.asc.aux
MNT_0.5m_2017_interpolate3x3_L93.prj

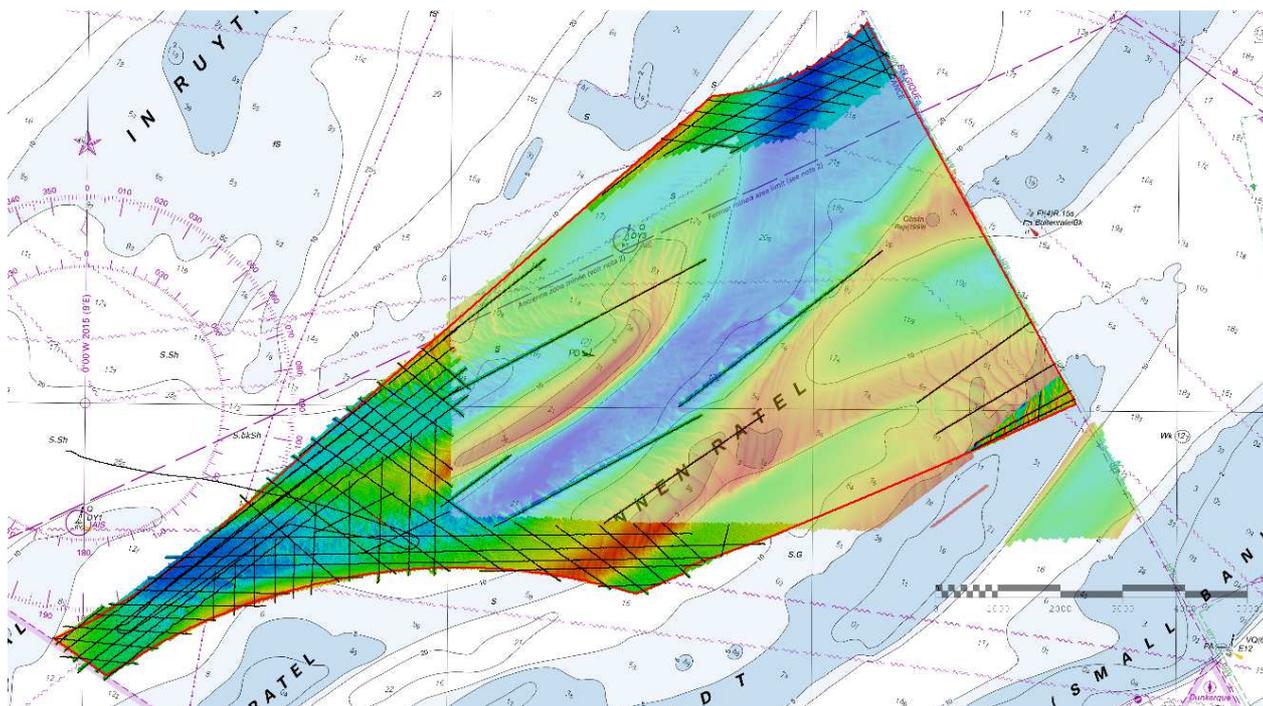
8.2 OBJETS DETECTES.

Lors de ce levé, une épave a été retrouvée, 3 obstructions et 1 roche sous-marine ont été détectées et ont fait l'objet de recherches. Les fiches concernées ont été créées et sont fournies sous forme d'un fichier au format CARIS .hob et d'un fichier pdf.

- ✓ fichier .hob de CARIS :
S201703400_epaves_a_creer.hob
S201703400_epaves_a_modifier.hob
- ✓ fichier descriptive de chaque objet au format pdf :
S201703400_epaves_a_creer.pdf
S201703400_epaves_a_modifier.pdf

L'ingénieur en chef des études et techniques de l'armement Serge Lannuzel
directeur technique adjoint du groupe hydrographique et océanographique de
l'Atlantique
SIGNE : ICETA LANNUZEL

ANNEXE I - PRÉSENTATION DU LEVÉ.

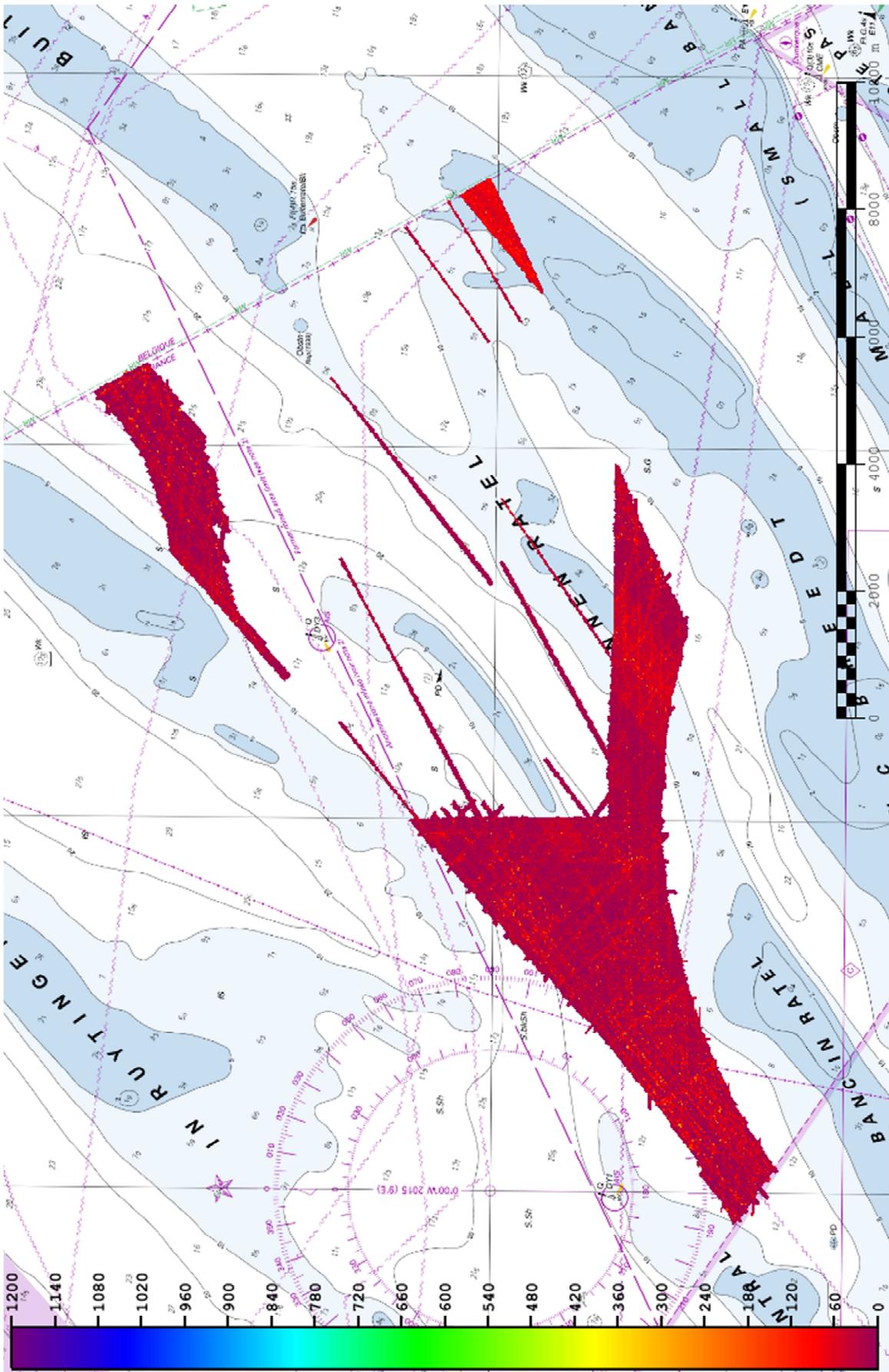


Zone couverte par le levé SHOM sur un extrait de la CM7214.

En noir : profils réalisés au sondeur de sédiment.

En rouge : délimitation de la zone A de l'appel d'offre final.

En transparence : zone levée en 2016.

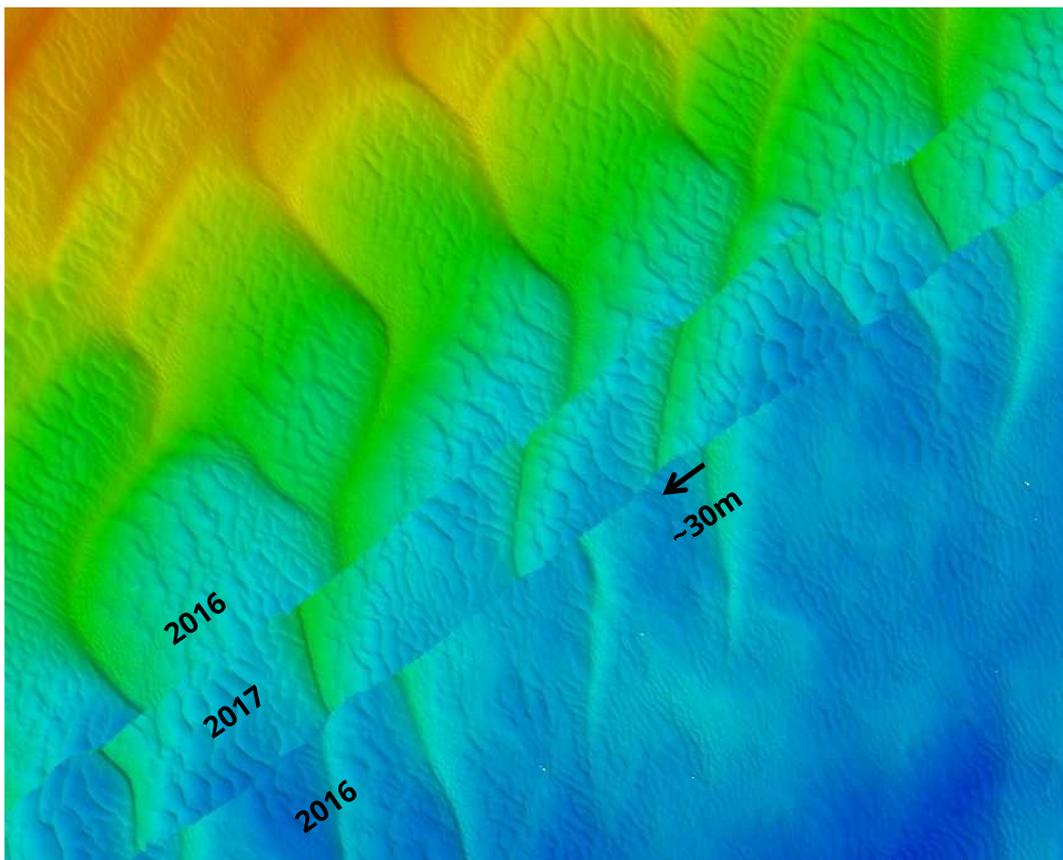


MNT maille 0,5m - Densité de sondes par maille - volet 2017.

ANNEXE III - COMPARAISON AVEC LE LEVÉ 2016.

L'évolution de la bathymétrie entre fin 2016 et juin/juillet 2017 sera détaillée dans le rapport sur la sédimentologie. Toutefois, la simple superposition des MNT produits montre de façon très nette le déplacement des rides sur une période de quelques mois.

La figure ci-dessous montre un profil fait en 2017 dans la zone déjà levée en 2016. Les crêtes de rides se sont visiblement déplacées d'environ 30 mètres vers le Sud-Ouest pendant cette période. Il est à noter que le déplacement n'est pas uniforme sur toute la zone considérée : un profil au Nord de la zone semble par exemple montrer un déplacement de l'ordre de 8m vers le Nord-Est.



Destinataire : DSD/DAF.

Copie(s) extérieure(s): /

Copies intérieures : GHOA/D – GHOA/DTA – Archives.
