



Dossier d'environnement final

**Analyse, traitement et qualification des données acquises lors du
levé morpho-sédimentaire de reconnaissance environnementale
mené sur la zone d'implantation du parc de la zone éolien en mer
de**

Normandie Manche Est

Volet « Sédimentologie marine »

Lot 4 – référence T4.S4

Auteurs : Blandine Le Cour Grandmaison, Hermann Gauduin, Yann le Faou, Loïc Moutoussamy, Isabelle Gabelotaud, Edith le Borgne, Thierry Garlan

Référence : Convention Shom/MTES [DGEC], SHOM n°79/2019, relative à la réalisation des études de reconnaissance environnementale de site en vue des appels d'offres pour l'implantation d'éoliennes en mer au large des côtes françaises

Introduction

Les résultats des précédents travaux effectués sur la zone Normandie Manche Est décrivent un fond essentiellement composé de cailloutis et de graviers. La nécessité de mettre à jour la cartographie des natures de fond et d'épaisseur des sédiments de la zone d'étude a amené à la réalisation de campagnes de mesures complémentaires en 2020 et 2021 comprenant le prélèvement d'échantillons sédimentaires à l'aide d'une benne Shipeck et l'acquisition de mesures de réflectivité acoustique et de données sismiques (sondeur de sédiments).

Après un rappel sur la pré-connaissance de la sédimentologie de la zone, le présent rapport décrit plus précisément :

- les résultats des analyses granulométriques effectuées sur les nouveaux prélèvements ;
- l'imagerie acoustique acquise sur la zone d'étude ;
- la cartographie de la nature des fonds produite à l'issue du levé ;
- la carte d'épaisseur sédimentaire élaborée à partir des données sismiques acquises lors de la campagne.

1. Rappel sur la sédimentologie du secteur

La connaissance de la nature des sédiments superficiels de cette région repose sur les travaux réalisés à la fin du 19^{ème} siècle et au début du 20^{ème} siècle (Delesse, 1879 ; Thoulet 1912). Les techniques de cette époque reposaient sur des mesures au plomb suifé, à la lance et à la benne, qui sous-estimaient les sédiments grossiers, les assimilant à la roche. La carte de Delesse (Figure 1) présente dans la région des sables coquilliers et met en évidence, aux abords de la Hougue, la présence de roche couverte localement d'une couche peu épaisse de sables. Près du rivage au sud de Saint-Vaast la Hougue est indiquée une bande de vase que l'on retrouve en de nombreux autres endroits à cette même distance de la côte le long de la Baie de Seine.

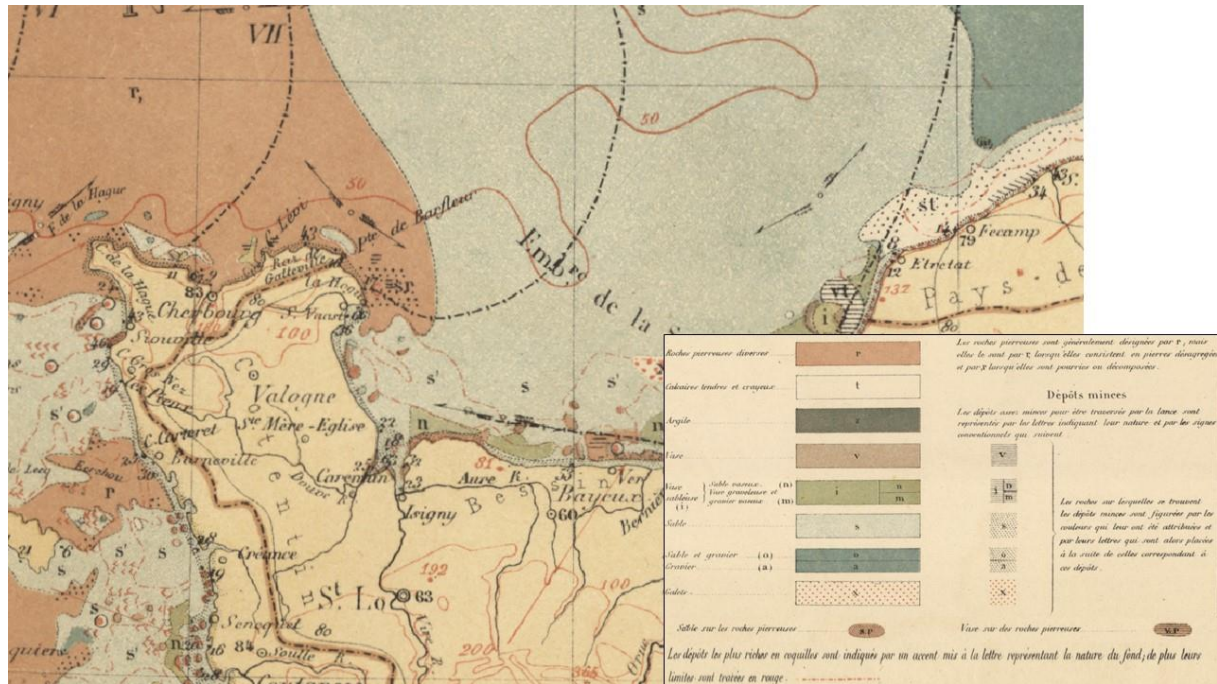


Figure 1 : Carte lithologique des mers de France 1879 (Source : Delesse, 1879)

Plus récemment, en 2015, a été publiée, dans le cadre de la DCSMM, la carte sédimentaire de la Baie de Seine à 1/150 000 (Figure 2). Cette carte a été réalisée par le Shom à partir de la carte à 1/500 000 de Larssonneur et Auffret (1981), des cartes G 7120G (2008), 7421G (1998) et 7422G (2003) pour la partie littorale, et des données disponibles acquises dans le cadre de levés scientifiques et hydrographiques.

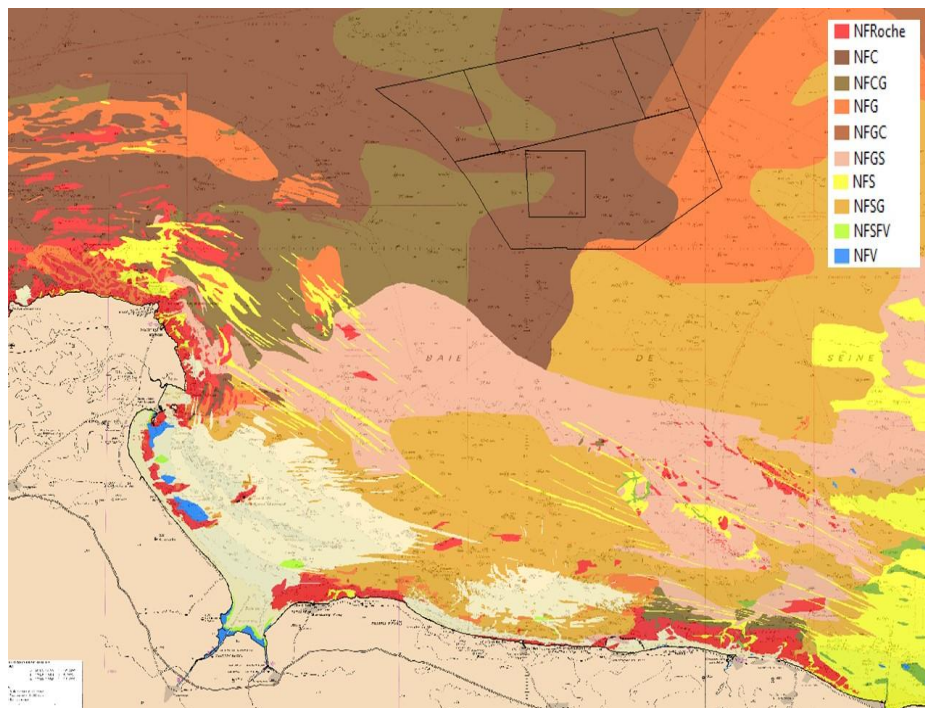


Figure 2 : Carte sédimentaire à 1/150 000 de la Baie de Seine (Source : Shom, 2015)

Les fonds rencontrés sur la zone d'étude sont constitués de cailloutis (> 20mm), de graviers (2 à 20 mm) et du mélange de ces deux types de sédiments grossiers (Figure 2). Larssonneur (1979) souligne la proportion importante de coquilles dans ces sédiments.

2. Prélèvements sédimentaires

Trois porteurs opérés par le Shom ont réalisé en 2020 et 2021 un total de 60 prélèvements à la benne Shipeck sur la zone de parc EMR située dans la Manche : le BHO Beautemps-Beaupré, les BH2 La Pérouse et Laplace.

Les métadonnées des 60 échantillons sont présentées dans le Tableau 1. La Figure 3 présente la répartition de ces prélèvements positionnés sur la carte marine du secteur.

Tableau 1 : Métadonnées des prélèvements effectués à la benne en 2020 et 2021 (Source : Shom, 2020, 2021)

Porteur	Numéro de l'échantillon	Date du prélèvement	Heure Z	Latitude	Longitude	Z (m)	Précision loc.	Description visuelle à bord
Beautemps-Beaupré	S202001800_01	13/10/2020	11h02	49.885	0.920	50	10	Cailloux, cailloutis
	S202001800_02	13/10/2020	11h50	49.89	0.921	50	10	Corail, sables grossiers, coquilles, cailloux
	S202001800_03	13/10/2020	12h10	49.889	0.913	50	10	Corail, sables grossiers, coquilles brisées
	S202001800_04	13/10/2020	12h25	49.889	0.913	50	10	Sables grossiers, cailloux
La Pérouse	S202001800_05	16/10/2020	11h31	49.782	0.628	43	10	Cailloux, coquilles, sables
	S202001800_06	16/10/2020	12h08	49.748	0.695	42	10	Sables, coquilles brisées, cailloux

Laplace	S202001800_07	28/04/2021	07h19	49.903	0.600	50	10	Cailloux, coquillages, sables
	S202001800_08	28/04/2021	07h42	49.888	0.627	50	10	Cailloux, sables, coquillages
	S202001800_09	28/04/2021	08h09	49.88	0.679	49	10	Cailloux coquillage, sables
	S202001800_10	28/04/2021	08h33	49.896	0.689	50	10	Cailloux coquillages, sables
	S202001800_11	28/04/2021	09h03	49.916	0.650	54	10	Cailloux, coquillages, sables
	S202001800_12	28/04/2021	09h33	49.941	0.666	55	10	Cailloux, sables, coquillages
	S202001800_13	28/04/2021	09h54	49.946	0.700	56	10	Cailloux, cailloutis, sables grossiers, coquilles brisées
	S202001800_14	28/04/2021	15h45	49.918	0.725	50	10	Cailloutis, coquilles brisées, sables
	S202001800_15	28/04/2021	15h19	49.939	0.760	50	10	Cailloutis, coquilles brisées, sables
	S202001800_16	28/04/2021	12h34	49.919	0.823	52	10	Cailloux, sables, coquillages
	S202001800_17	28/04/2021	12h17	49.907	0.799	52	10	Cailloux, sables, coquillages
	S202001800_18	28/04/2021	12h00	49.911	0.778	53	10	Cailloux, sables, coquillages
	S202001800_19	28/04/2021	16h17	49.89	0.788	47	10	Cailloutis, coquilles brisées, sables
	S202001800_20	28/04/2021	16h44	49.87	0.762	46	10	Cailloutis, coquilles brisées, sables
	S202001800_21	28/04/2021	16h59	49.878	0.737	54	10	Coquillages, sables
	S202001800_22	14/05/2021	16h08	49.849	0.805	50	10	Cailloutis, coquilles brisées, sables
	S202001800_23	14/05/2021	13h35	49.864	0.859	51	10	Cailloux, cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_24	14/05/2021	13h55	49.881	0.838	50	10	Cailloux, cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_25	14/05/2021	14h45	49.906	0.865	50	10	Cailloux, cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_26	14/05/2021	14h15	49.896	0.898	51	10	Cailloux, cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_27	14/05/2021	15h32	49.916	0.92	52	10	Cailloux, cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_28	14/05/2021	16h24	49.837	0.841	42	10	Sables, cailloutis, cailloux, coquilles brisées
	S202001800_29	14/05/2021	16h42	49.824	0.814	45	10	Sables, cailloutis, cailloux, coquilles brisées
	S202001800_30	14/05/2021	17h02	49.835	0.77	43	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_31	14/05/2021	17h22	49.806	0.774	42	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_32	14/05/2021	17h35	49.796	0.778	41	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_33	14/05/2021	18h06	49.788	0.807	41	10	Cailloutis, coquilles brisées
	S202001800_34	15/05/2021	07h28	49.958	0.608	50	10	Cailloutis, sables, coquilles brisées
	S202001800_35	15/05/2021	07h46	49.947	0.564	51	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées

S202001800_36	15/05/2021	08h33	49.932	0.609	49	10	Cailloutis, coquilles brisées, vase
S202001800_37	15/05/2021	08h07	49.925	0.568	48	10	Vase, Cailloutis, coquilles brisées
S202001800_38	15/05/2021	08h52	49.902	0.559	49	10	Cailloutis, coquilles brisées, vase
S202001800_39	15/05/2021	09h17	49.877	0.567	49	10	Cailloutis, coquilles brisées, vase
S202001800_40	15/05/2021	09h45	49.864	0.537	46	10	Cailloutis, coquilles, coquilles brisées
S202001800_41	15/05/2021	10h18	49.854	0.577	47	10	Cailloutis, coquilles brisées, sables
S202001800_42	15/05/2021	10h33	49.835	0.554	47	10	Cailloutis, coquilles brisées, sables
S202001800_43	15/05/2021	10h49	49.836	0.503	47	10	Cailloutis, sables
S202001800_44	15/05/2021	11h17	49.811	0.536	46	10	Cailloutis, sables
S202001800_45	15/05/2021	11h36	49.811	0.493	46	10	Cailloutis, coquilles brisées, vase
S202001800_46	15/05/2021	12h06	49.788	0.529	45	10	Cailloutis, sables
S202001800_47	17/05/2021	08h03	49.769	0.777	41	10	Vase, coquillages, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_48	17/05/2021	08h21	49.757	0.741	41	10	Vase, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_49	17/05/2021	08h36	49.763	0.715	39	10	Vase, sables, coquillages
S202001800_50	17/05/2021	09h06	49.789	0.655	44	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_51	17/05/2021	09h26	49.768	0.662	40	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_52	17/05/2021	09h44	49.771	0.611	40	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_53	17/05/2021	09h54	49.758	0.602	41	10	Vase, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_54	17/05/2021	10h53	49.865	0.607	48	10	Sables, cailloutis
S202001800_55	17/05/2021	11h16	49.857	0.634	46	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_56	17/05/2021	11h31	49.830	0.621	47	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_57	17/05/2021	11h58	49.816	0.647	45	10	Sables, cailloutis, coquilles brisées
S202001800_58	17/05/2021	12h14	49.813	0.602	45	10	Sables, cailloutis, coquillages
S202001800_59	17/05/2021	12h30	49.791	0.582	45	10	Sables, cailloutis, vase
S202001800_60	17/05/2021	14h30	49.859	0.696	48	10	Cailloutis, sables

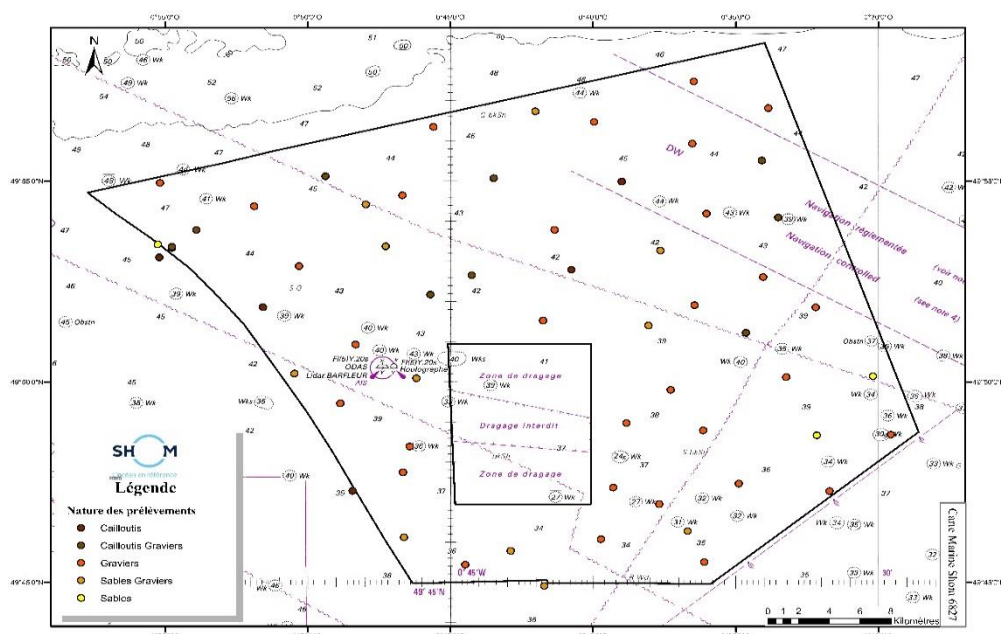


Figure 3 : Carte de répartition des prélèvements sédimentaires sur la zone EMR AO4 Manche (Source : Shom, 2021)

2.1. Caractérisation des sédiments du secteur

La classification adoptée pour la carte de nature des fonds comprend cinq types de fonds sédimentaires :

- les cailloutis contenant plus de 50% de particules de dimensions supérieures à 20 mm : **C** ;
- les graviers, contenant entre 50 et 100 % de particules comprises entre 20 et 2 mm : **G** ;
- les sables et graviers, contenant des sables et sables fins et plus de 20% de particules comprises entre 2 et 20 mm : **SG** ;
- les sables, contenant plus de 40% de particules comprises entre 0,5 et 2 mm : **S** ;

2.2. La granularité des sédiments

Les travaux suivants ont été réalisés par le laboratoire de sédimentologie du Shom :

- la prise de vue des échantillons ;
- la mesure de la granularité par tamisage de tous les échantillons sur une colonne de tamis de mailles : 20 ; 12,5 ; 10,0 ; 5,0 ; 2,0 ; 1,6 ; 1,25 ; 1,0 ; 0,8 ; 0,5 ; 0,3 ; 0,18 ; 0,1 et 0,05 mm ;
- la mesure de la granularité par microgranulomètre laser de tous les échantillons.

Les échantillons ont été analysés puis intégrés dans le logiciel Granush (©Shom) pour le calcul des paramètres granulométriques.

Le Tableau 2 fournit la description de certains échantillons selon la profondeur du prélèvement, la classification Shom (Nom du sédiment), la photographie de l'échantillon et quelques paramètres granulométriques (Grain moyen, Sorting). La totalité des descriptions d'échantillons se trouve en annexe.

Les photographies des échantillons ont été réalisées sur des échantillons secs.

Tableau 2 : Caractéristiques des sédiments prélevés en 2020 et 2021 sur la zone EMR Normandie Manche Est

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	Sorting (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité
						 (R: Roches; C: cailloutis; G: Graviers, Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: trèsfins)
1	50	C	14,02	0,81		
4	50	CG	4,27	2,36		
5	43	G	1,96	1,91		
6	42	SG	1,44	2,24		
44	46	S	1,06	1,78		

2.3. La classification des sédiments de la zone d'étude

Les résultats des analyses des prélèvements à la benne Shipeck montrent une granulométrie variée dominée par les sédiments grossiers avec des zones de cailloutis et de sables sur un fond dominé par les graviers.

3. Données d'imagerie acoustique

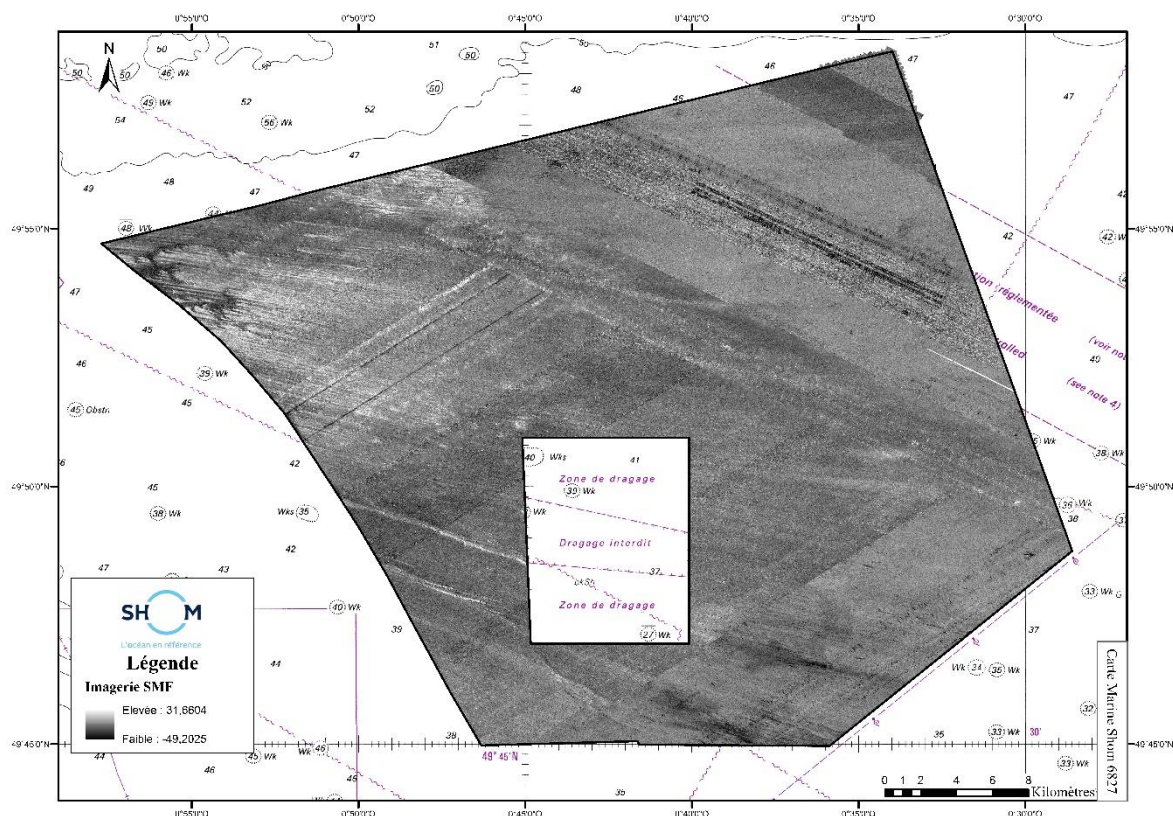


Figure 4 : Mosaïque d'imagerie acoustique issue du levé SMF mené par le Shom en 2020 et 2021 (Source : Shom, 2021)

L'imagerie acoustique (Figure 4) réalisée n'a pas permis de mettre en évidence d'éléments morphologiques particuliers sur la zone d'étude. Cette donnée a été combinée à la bathymétrie ainsi qu'aux résultats des prélèvements sédimentaires afin de caractériser la nature des fonds dans la zone.

4. Données de cartographie sédimentaire

L'utilisation combinée de l'imagerie acoustique et de la bathymétrie permet de mettre en évidence des zones de natures de fond distinctes. Ces éléments, associés aux résultats de la campagne de prélèvements, ont permis la réalisation d'une nouvelle carte de répartition des sédiments (Figure 5). Il ressort que la zone d'étude est essentiellement composée de sédiments grossiers (cailloutis, graviers, sable-graviers...) comme le montraient les cartes de Larssonneur et Auffret (1979) et du Shom (Figure 2). L'analyse des surfaces couvertes par les différents faciès sédimentaires de la carte réalisée à partir des nouveaux levés donne l'ordre d'importance suivant : graviers 87%, roches 6%, cailloutis graviers 2%, graviers cailloutis 2% et sables graviers 2%, sables <1%, cailloutis <1%. Outre la confirmation de la tendance de nature de fond pressentie sur la zone d'étude, trois nouveaux éléments ont été mis en évidence (Figure 6) :

- des structures sédimentaires allongées et orientées NW-SE, composées de cailloutis-graviers, qui sont des rubans sédimentaires sur lesquels se développent des mégarides ;
- des zones d’affleurements rocheux confirmées par les données sismiques (Cf. 5. Données sismiques et épaisseur des sédiments) ;
- la présence de dépressions circulaires n’excédant pas 30 m de diamètre et dont la profondeur est de l’ordre de 20 à 120 cm. Une analyse locale présente une densité de 330 dépressions / km². Les natures des fonds au niveau de ces dépressions et leurs caractéristiques indiquent qu’il s’agirait de cratères de type Blast marks, liés à des explosions historiques ou lors de contre-minages.

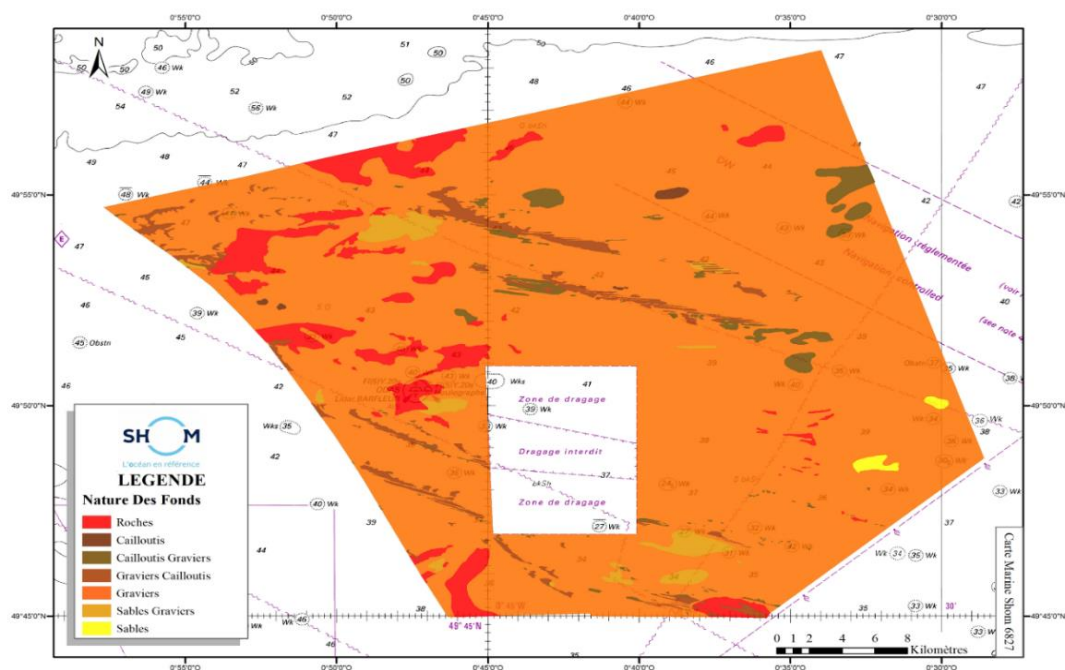
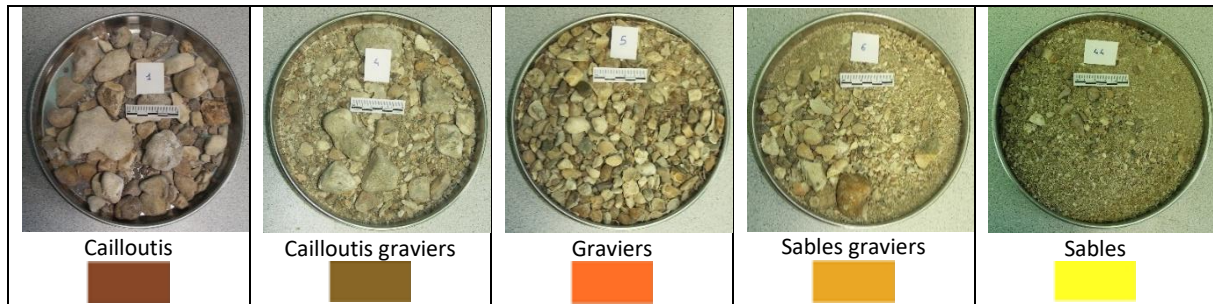


Figure 5: Carte de répartition des sédiments, réalisée à partir des données acquises lors des campagnes de 2020 et 2021 (Source : Shom, 2021)

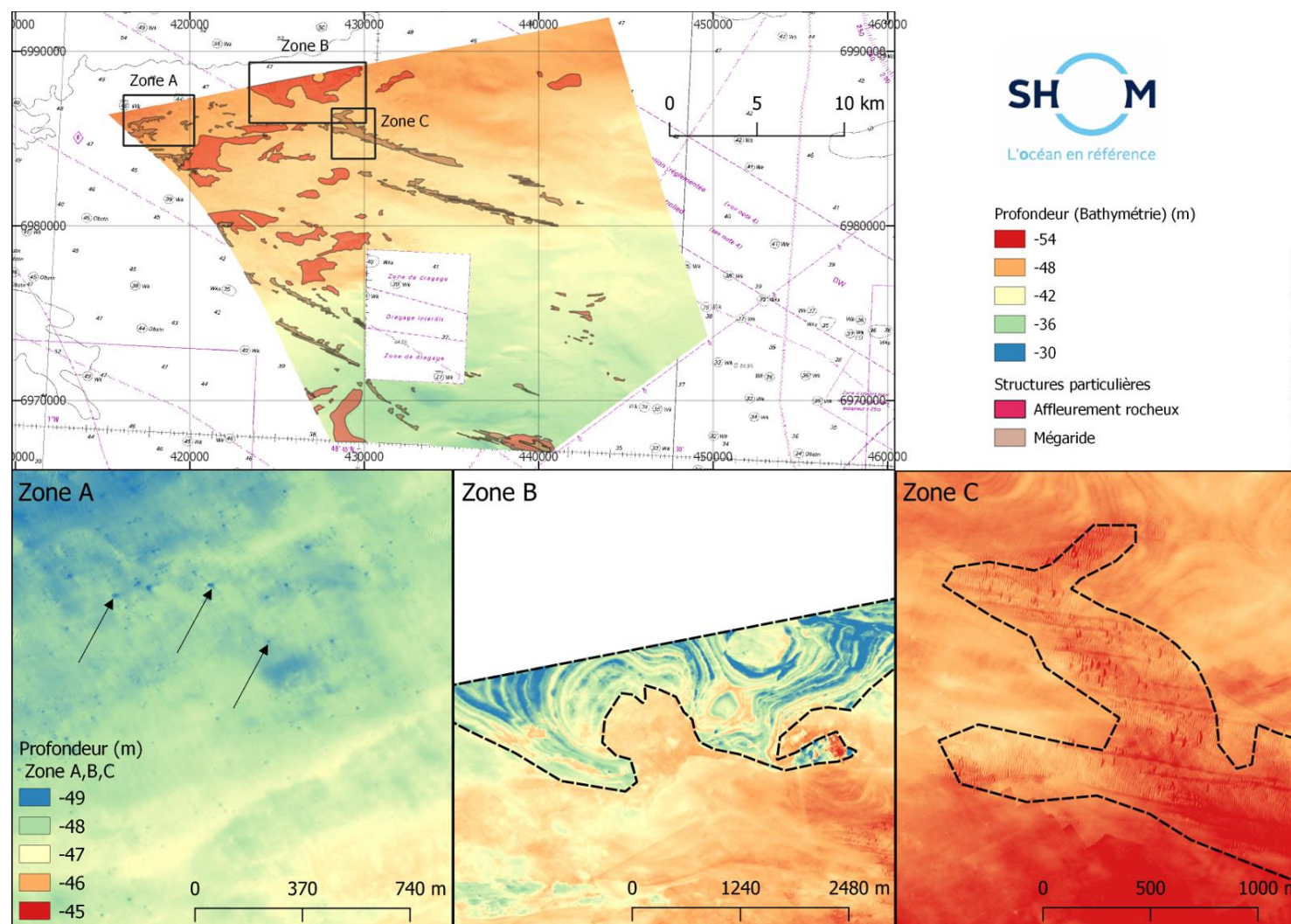


Figure 6 : Exemple de secteurs où les structures particulières sur la zone d'étude sont observables (Zone A : Dépressions circulaires, Zone B : Affleurements rocheux, Zone C : Mégarides) ; Bathymétrie à 1 m (Source : Shom, 2021)

5. Données sismiques et épaisseur des sédiments

5.1. Rappel sur l'état des connaissances

Peu de levés sismiques anciens couvrent la zone EMR Normandie Manche-Est. Les seules informations disponibles dans la littérature traitant de l'épaisseur sédimentaire dans la région sont issues de la carte des paléovallées et des bancs sableux réalisée en 1982 par l'Université de Caen (J.P Auffret, R. Horn, C. Larsonneur). Cette carte atteste de la présence d'anciennes paléovallées au sud-ouest et au nord de zone EMR (Figure 7).

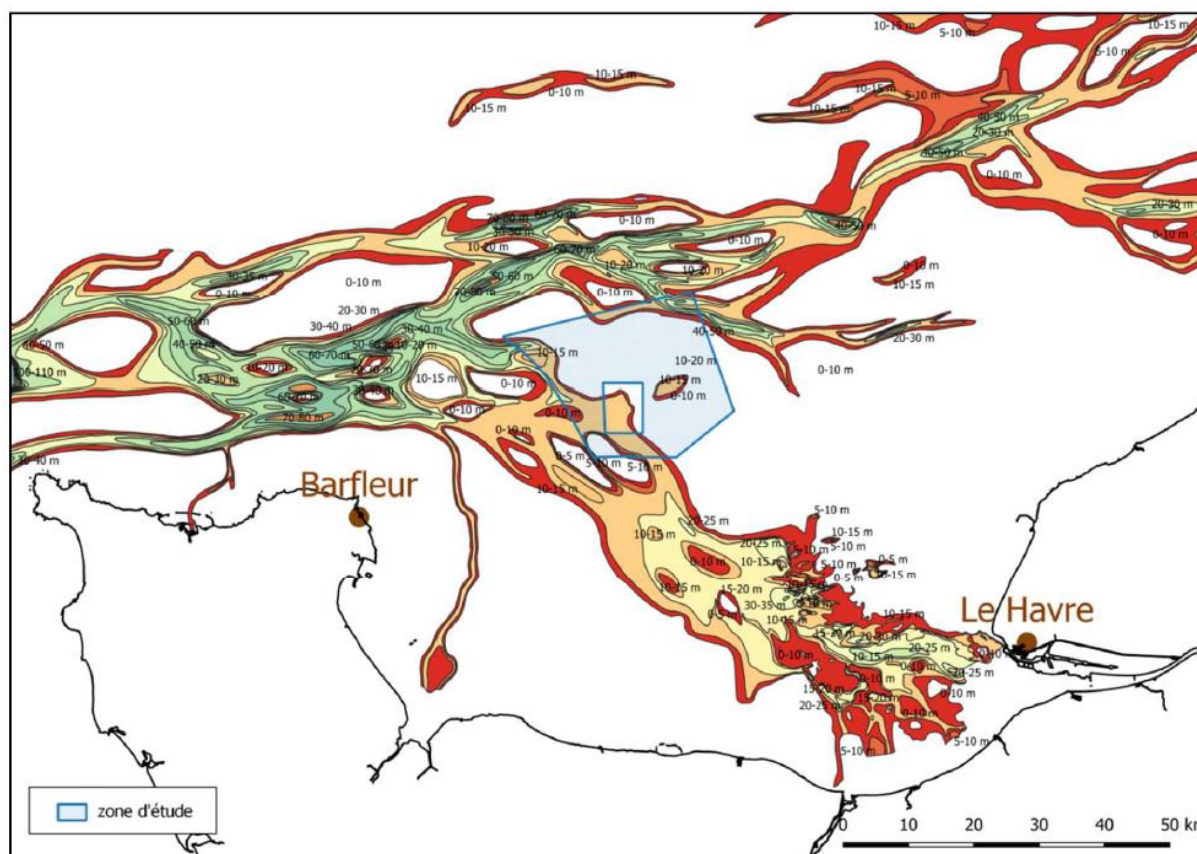


Figure 7 : Carte des paléovallées en Manche Est (Source : Université de Caen, 1982)

L'étude géologique de la Manche-Est réalisée à partir de campagnes de sismique menées dans le secteur a été poursuivie dans le cadre des travaux de thèse de doctorat de Benabdellouahed (2011) et de M. Dahaoui (2020). Les données associées n'ayant pu être obtenues, elles n'ont pas été exploitées dans le cadre de la présente étude.

En raison du manque de connaissance global sur la zone en matière d'épaisseur des sédiments, de nouveaux levés sismiques ont été programmés et réalisés par le Shom en 2020 et 2021 afin de permettre une caractérisation complète de l'épaisseur sédimentaire de la région.

5.2 Données sismiques et acquisition des profils

Les données sismiques acquises et nécessaires à la réalisation de la carte d'épaisseur sédimentaire sont issues de différents sondeurs de sédiments et différents porteurs.

Un total de 4 porteurs et 2 sondeurs de sédiments différents ont été utilisés pour cette étude :

- le BH2 Borda (BDA) équipé d'un sondeur *iXblue* Echoes 3500 T3 (levés effectués en 2020 et 2021) ;
- le BH2 Lapérouse (LPO) équipé d'un sondeur *iXblue* Echoes 3500 T3 (levés effectués en 2020 uniquement) ;
- le BH2 Laplace (LPC) équipé d'un sondeur *iXblue* Echoes 3500 T3 (levés effectués en 2020 uniquement) ;
- le BHO Beaupré équipé d'un sondeur *Kongsberg* SB27 (levés effectués en 2020 uniquement).

Le plan de positionnement de l'ensemble des profils est visible en Figure 8.

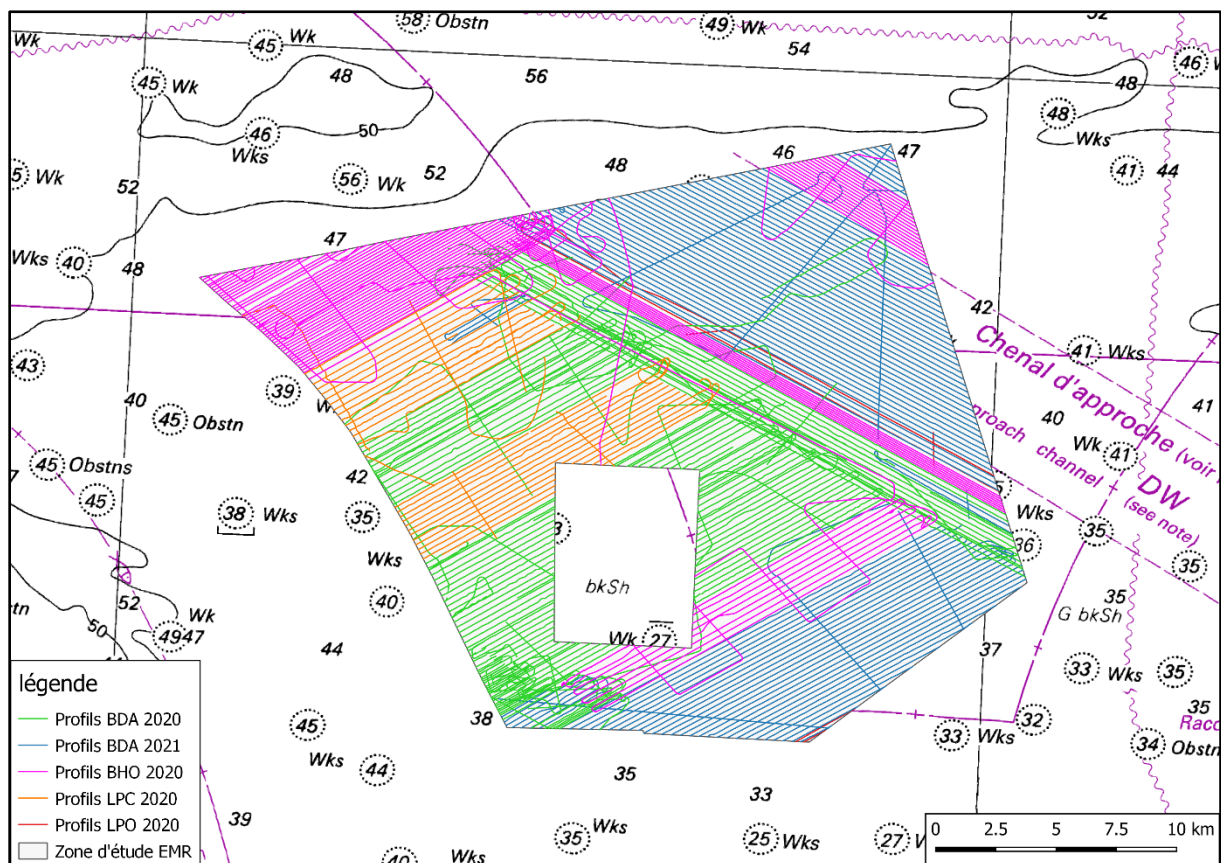


Figure 8 : Carte de répartition des profils sismiques THR acquis en 2020 et 2021 par le Shom sur la zone de parc Normandie Manche-Est (Source : Shom, 2021)

5.3 Célérité et calcul de l'épaisseur sédimentaire

L'échelle verticale des profils sismiques est exprimée en secondes temps double (std) correspondant au temps équivalent à l'aller et au retour du signal.

Ainsi, afin d'obtenir une valeur en mètres, le calcul suivant a été effectué :

$$\text{valeur d'épaisseur (m)} = \frac{\text{hauteur mesurée (std)} * \text{célérité (m.s}^{-1}\text{)}}{2}$$

La hauteur mesurée correspond à l'intervalle de temps (en secondes temps double) séparant le fond marin du socle rocheux (ou par défaut à la limite d'insonification si le socle rocheux n'a pas été atteint).

La célérité est une valeur à définir. Elle est souvent comprise entre 1500 m.s⁻¹ (vitesse du son la plus courante dans l'eau de mer) et 1800 m.s⁻¹ pour les sédiments comme les cailloutis.

Une moyenne de la célérité des prélèvements a été réalisée afin d'obtenir une valeur intermédiaire. Ces calculs sont basés sur la table des paramètres sédimentologiques du Shom (Tableau 3).

Tableau 3 : Table des paramètres sédimentologiques du Shom

Code_nf	Nom BDSS	Grain Moyen	Porosité	Densité	Rugosité	Célérité P	Célérité S	Atténuation P	Atténuation S
10	NFRoche	-	05	2.67	3.33	5238	2730	0.03	0.06
20	NFC	20	30	2.17	1.67	1810	576	0.05	0.1
23	NFCG	7.85	27	2.22	0.65	1785	551	0.08	0.16
24	NFCS	5.1	25	2.26	0.43	1765	531	0.10	0.2
26	NFCV	1.86	22	2.31	0.16	1685	452	0.22	0.44
30	NFG	2.55	35	2.09	0.21	1735	502	0.18	0.36
32	NFGC	3.61	32	2.14	0.30	1760	526	0.12	0.24
34	NFGS	1.08	38	2.04	0.09	1710	477	0.29	0.58
36	NFGV	0.75	41	1.99	0.06	1670	437	0.31	0.62
32	NFSC	2.5	38	2.1	0.21	1700	495	0.15	0.30
40	NFS	0.5	46	1.91	0.04	1660	427	0.67	1.34
43	NFSG	0.65	35	2.09	0.05	1685	452	0.66	1.32
49	NFSGV	0.9	38	2.00	0.08	1650	420	0.45	0.90
46	NFSV	0.26	42	1.98	0.02	1635	403	0.32	0.64
47	NFSSI	0.3	43	1.96	0.03	1630	427	0.47	0.94
45	NFSSF	0.4	45	1.93	0.03	1650	427	0.63	1.26
50	NFSF	0.22	44	1.94	0.02	1639	407	0.28	0.56
52	NFSFC	0.25	42	1.98	0.02	1585	353	0.32	0.64
53	NFSFG	0.39	35	2.09	0.03	1550	318	0.59	1.18
56	NFSFV	0.11	48	1.88	0.01	1645	512	0.14	0.28
57	NFSFSI	0.18	45	1.93	0.02	1618	386	0.21	0.42
60	NFV	0.02	70	1.52	0.00	1554	322	0.10	0.2
63	NFVG	0.31	42	1.98	0.03	1595	353	0.49	0.98
64	NFVS	0.1	48	1.88	0.01	1583	351	0.13	0.26
65	NFVSF	0.04	50	1.85	0.00	1613	381	0.11	0.22
67	NFSIA	0.09	49	1.86	0.01	1600	368	0.12	0.24
68	NFASI	0.05	52	1.81	0.00	1560	328	0.11	0.22
70	NFSi	0.15	48	1.88	0.01	1628	396	0.18	0.36
80	NFA	0.01	75	1.44	0.00	1510	279	0.08	0.16

De cette manière, la célérité moyenne de la zone EMR utilisée pour la réalisation de la carte d'épaisseur sédimentaire est de 1735 m.s⁻¹ ce qui correspond à la célérité dans un fond de type graviers.

Cependant, bien que cette célérité soit globalement représentative de la région, des variations locales induites par un changement de la nature de fond (sur le plan vertical ou horizontal) peuvent entraîner des biais sur cette valeur de célérité et sur l'estimation des épaisseurs calculées en mètres.

La Figure 9 donne un aperçu des variations de l'épaisseur sédimentaire calculée en mètres sur un profil lorsque la célérité est modifiée. La série 1 (en noir) représente les valeurs avec une célérité de 1500 m.s^{-1} . La série 2 représenterait l'épaisseur calculée pour de la vase, la série 3 pour un mélange sablo-vaseux, la série 4 pour des sables fins, la série 5 pour des sables grossiers et la série 6 pour des graviers.

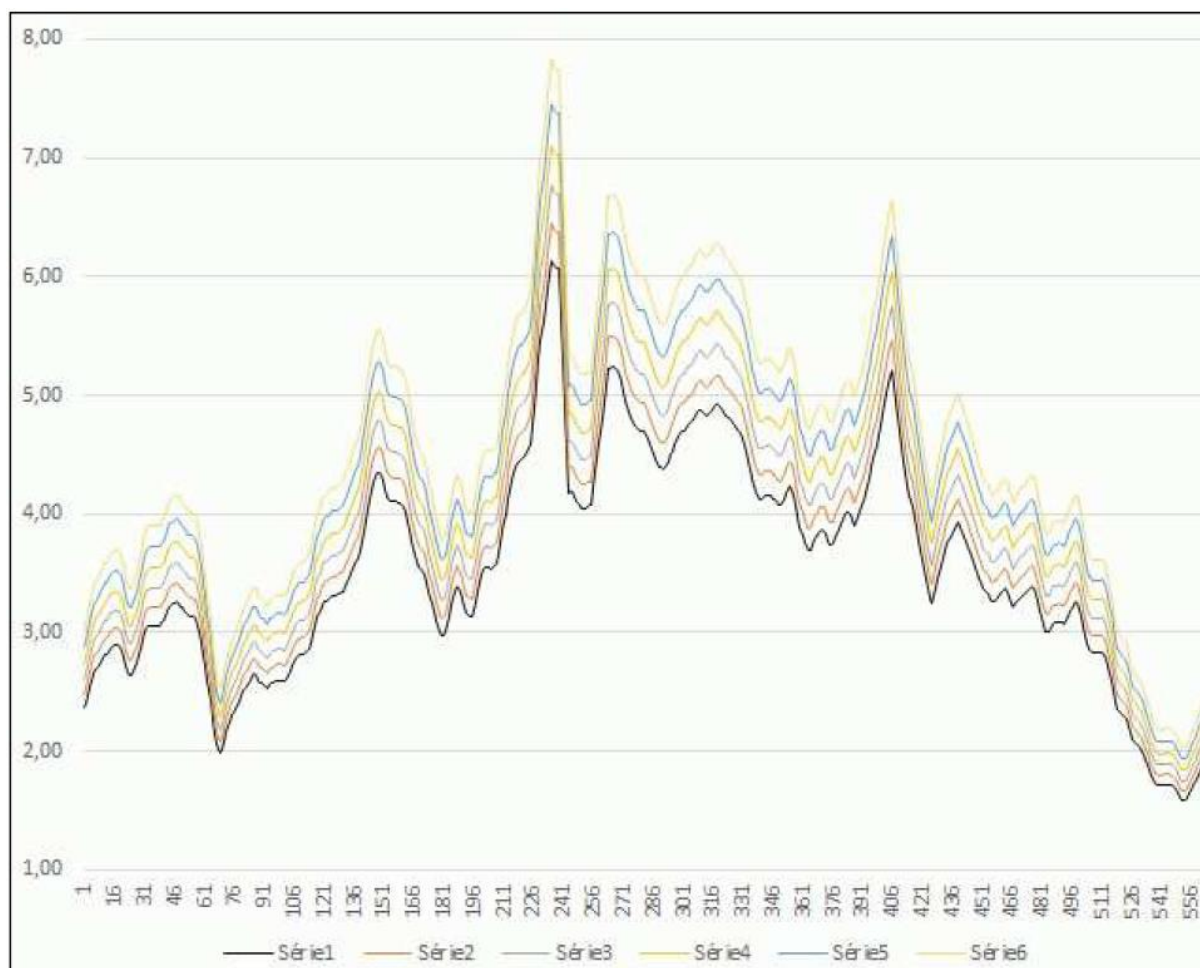


Figure 9 : Calcul des épaisseurs sédimentaires en fonction de la célérité des sédiments sur un profil SBP (Source : Shom, 2021)

Des variations d'épaisseurs pouvant atteindre plusieurs mètres sont ainsi possibles si la célérité in-situ n'est pas égale à la valeur moyenne théorique utilisée pour la carte d'épaisseur.

Les valeurs d'épaisseurs exprimées sur la carte peuvent donc présenter des biais.

5.4 Exemples de profils sismiques interprétés

Les travaux menés ont consisté à définir la limite de pénétration des ondes acoustiques dans le sédiment. Ces données permettent d'obtenir l'épaisseur minimale de sédiments ou l'épaisseur totale de sédiments lorsque le toit du socle rocheux peut être détecté.

Dans la zone d'étude, l'épaisseur de sédiments correspond à l'épaisseur des structures sédimentaires situées au-dessus du socle rocheux visible. Les interprétations de deux sections sont présentées en guise d'exemple (Figure 10 et Figure 11).

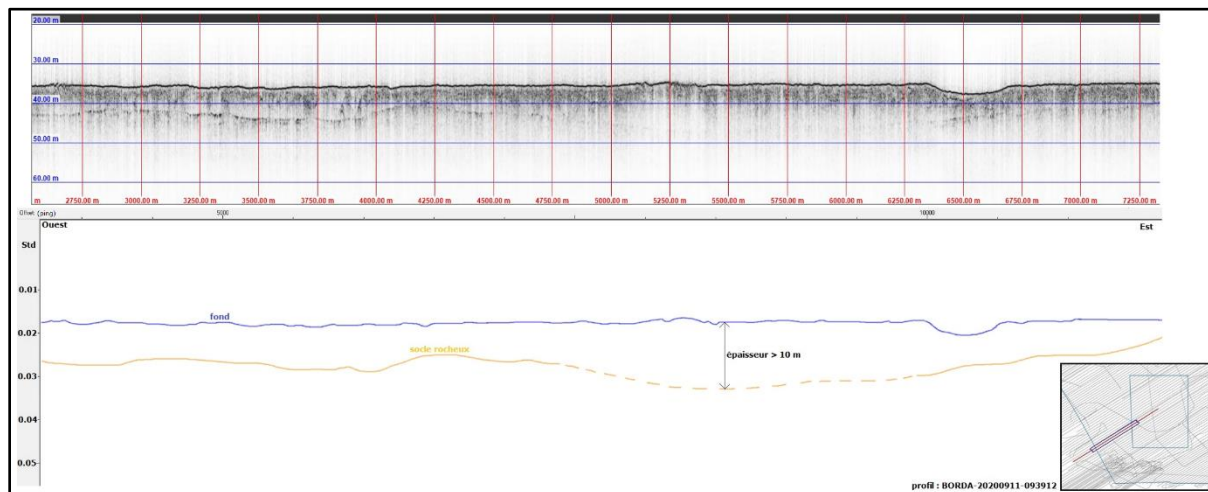


Figure 10 : Section du profil BORDA-20200911-093912 (sondeur Echoes 3500T3) (Source : Shom, 2021)

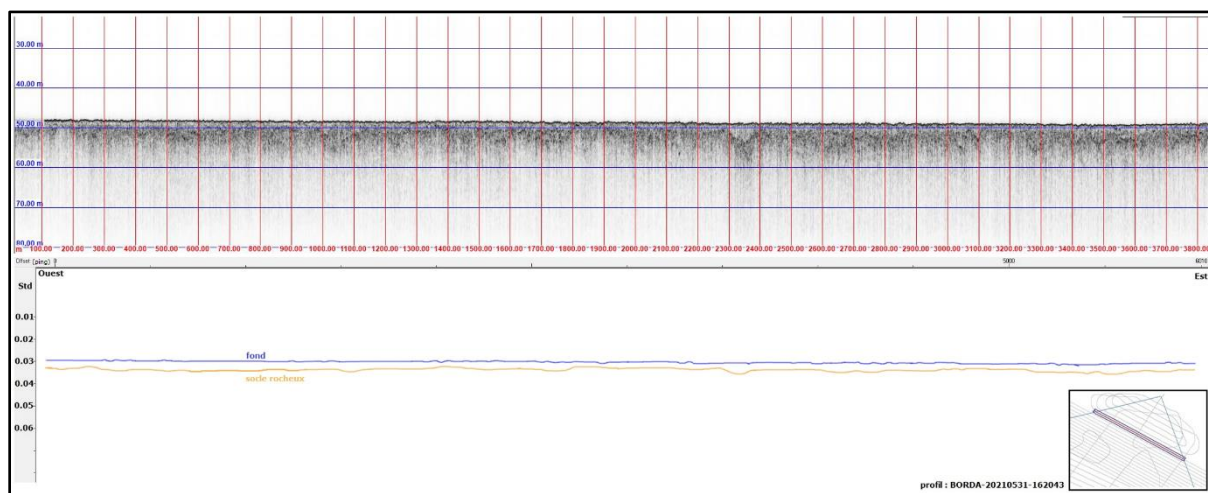


Figure 11 : Section du profil BORDA-20210531-162043 (sondeur Echoes 3500T3) (Source : Shom, 2021)

La Figure 10 montre une forte épaisseur sédimentaire pouvant dépasser la dizaine de mètres. L'interprétation en partie centrale du profil est représentée en pointillés car le réflecteur devient plus difficile à observer lorsque son enfouissement augmente. Ce réflecteur se trouve à quelques mètres de la limite d'insonification du sondeur dans ce type d'environnement.

La Figure 11 montre des épaisseurs plus faibles de l'ordre du mètre. Les faciès sont très chaotiques et il donc est parfois difficile de repérer précisément la position du socle rocheux.

Pour finir, la zone EMR Normandie Manche-est est caractérisée par la présence de roches sédimentaires plissées et affleurantes (Figure 12). La représentation visuelle sur les profils se traduit par la présence de réflecteurs parallèles obliques tronqués par l'érosion, au niveau du fond marin. L'architecture de ces formations géologiques est également bien visible sur la bathymétrie.

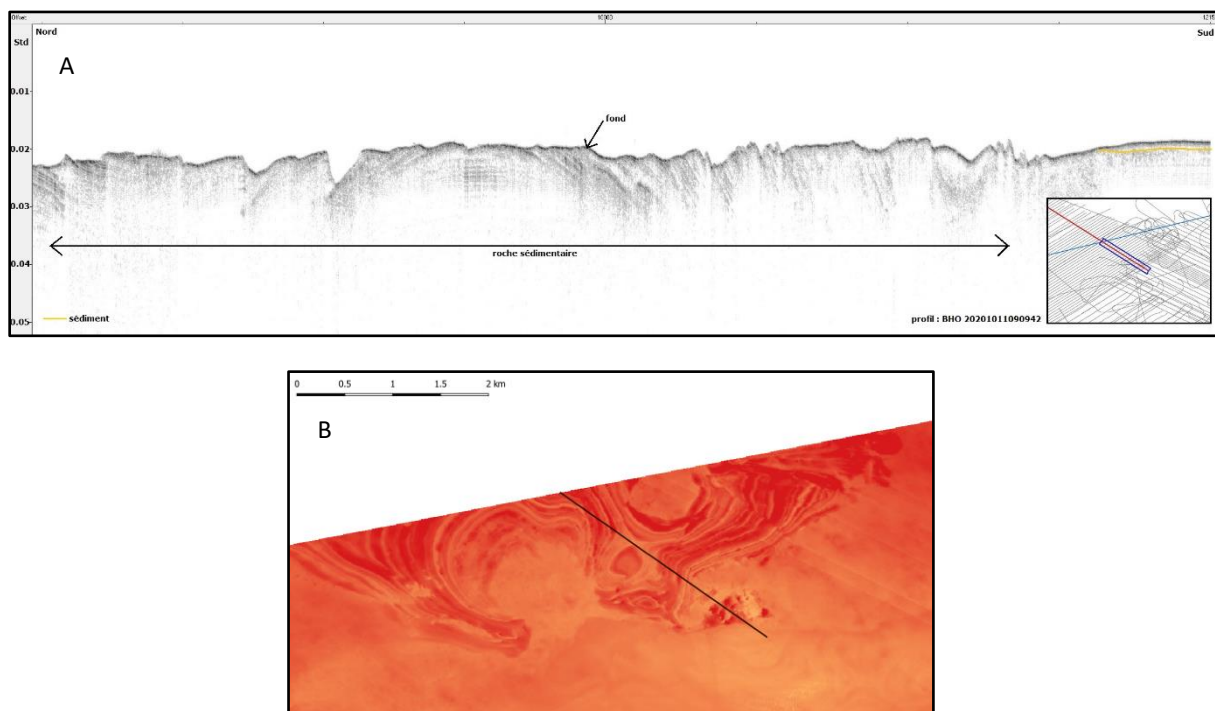


Figure 12 : A - section du profil BHO 20201011090942 ; B - position du profil sismique en superposition avec la bathymétrie (Source : Shom, 2021)

Ces formations géologiques au nord de la zone d'étude ont fait l'objet d'un prélèvement réalisé par le BRGM à l'aide d'un carottier à roche. Les résultats indiquent que la nature de ces roches sédimentaires est de type calcaire avec présence de pyrite.

5.5 Carte d'épaisseur sédimentaire

La carte d'épaisseur sédimentaire a été obtenue par l'analyse des profils sismiques à l'aide des logiciels Kingdom® et Delph Seismic Interpretation®. La carte de positionnement des profils utilisés pour cette étude est visible en Figure 8.

Deux représentations visuelles sont présentées dans ce rapport.

La première (Figure 13) illustre la carte avec l'épaisseur 0 à 1 mètre divisée en sous parties (0 à 0.25m, 0.25 à 0.5m et 0.5 à 1m).

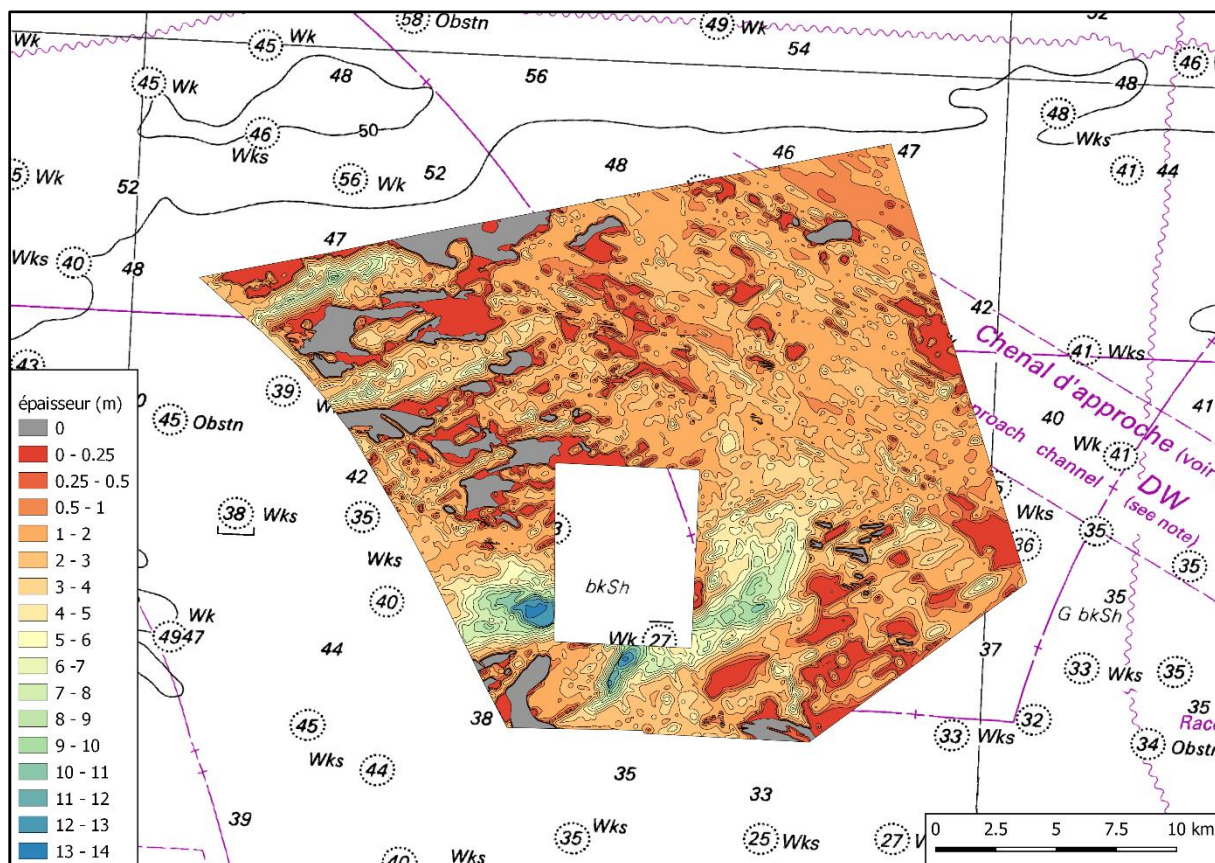


Figure 13 : Carte d'épaisseur de sédiments pour une célérité de 1735 m.s-1. Les valeurs d'épaisseurs inférieures au mètre ont été ré-échantillonnées. (Source : Shom, 2021)

Les épaisseurs correspondant à la gamme 0 à 0.25 mètre ont parfois été arbitrairement déterminées lorsque l'analyse des profils sismiques ne permet pas de distinguer de réflecteurs internes, le système ayant atteint les limites de résolution verticale (de l'ordre de 25 centimètres). Dans le même temps, l'analyse des données annexes (imagerie, carte des pentes et bathymétrie...) ne permet pas de confirmer la présence de roche affleurante.

La seconde version représente la carte d'épaisseur sédimentaire simplifiée avec la tranche 0 à 1 mètre unifiée (Figure 14).

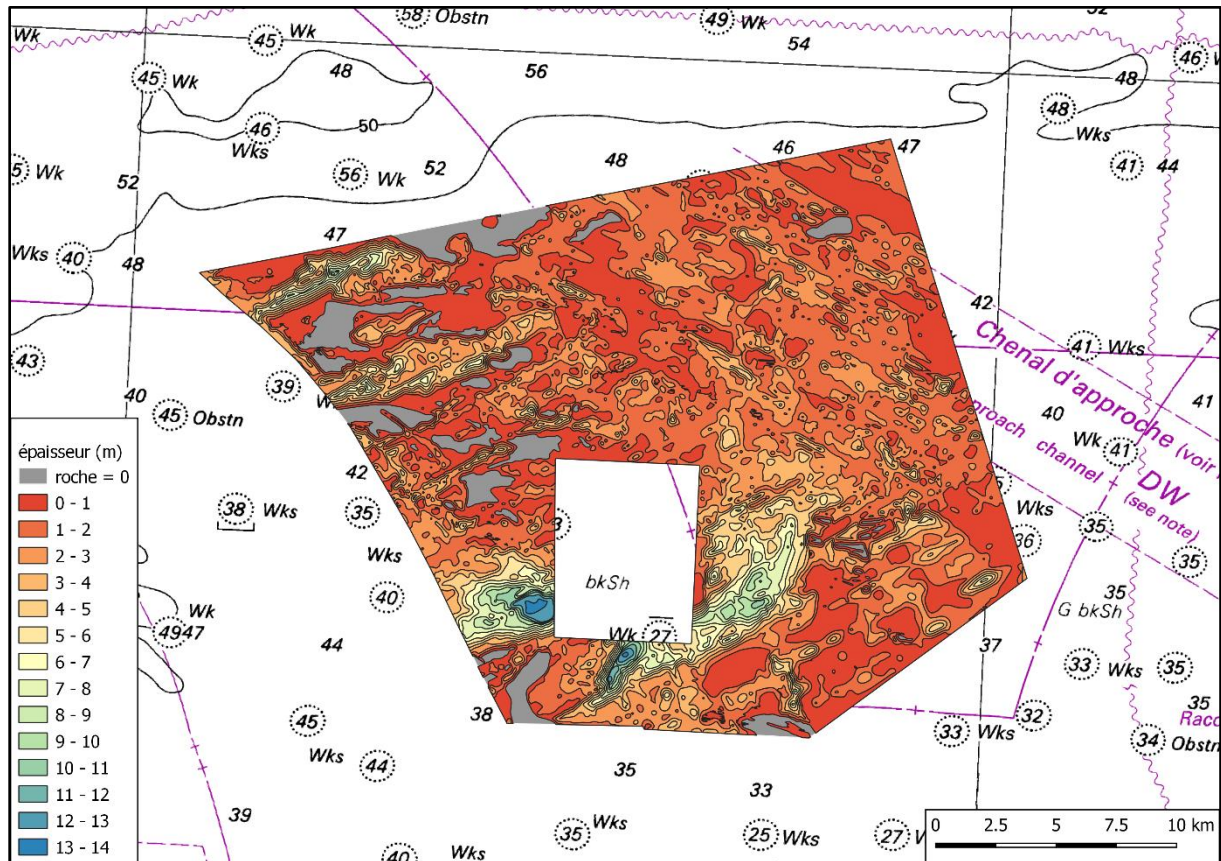


Figure 14 : Carte d'épaisseur de sédiments avec la tranche 0 à 1 mètre unifiée pour une célérité de 1735 m.s-1 (Source : Shom, 2021)

Pour l'ensemble de la zone parc, la roche affleurante couvre environ 6% de la zone EMR.

Les épaisseurs comprises entre 0 et 1 mètre représentent 25% de la zone d'étude, tandis que celles comprises entre 1 et 2 mètres sont les plus représentées avec 30% de couverture.

A partir de 5 mètres d'épaisseur, les différentes gammes couvrent au total moins de 7% de la zone parc.

Les tendances actuelles correspondent à celles établies par les travaux plus anciens réalisés sur le secteur, c'est-à-dire des épaisseurs plus fortes au sud et à l'ouest de la zone d'extraction de granulats marins et au nord-ouest de la zone EMR. En effet, ces épaisseurs plus importantes correspondent aux bras des paléovallées de la Manche orientale. La paléovallée indiquée au nord-est de la zone d'étude sur la carte des paléovallées de 2012 n'a pas été observée. Par contre les limites de la paléovallée sont sensiblement les mêmes de celle présentée dans la thèse de Benabdellouahed (2011). La carte permet de préciser ses contours et de préciser les épaisseurs de sédiments rencontrées. La propagation des ondes acoustiques dans les sédiments grossiers est très atténuée, ce qui rend parfois impossible la détection de la roche sous-jacente. Le signal dans de tels environnements de cailloutis et de graviers est de plus très bruité rendant leur interprétation difficile. Les valeurs d'épaisseurs dans cet environnement pourraient ainsi être sous-estimées. Mais la conformité des limites de la paléovallée avec les données de sismique basse fréquence de 2011 et la présence fréquente de remontées rocheuses bien détectées indiquent que les écarts par rapport aux épaisseurs réelles doivent être, si elles existent, de faible ampleur.

6. Conclusion

Les travaux réalisés en 2021 confirment généralement les interprétations passées de la zone d'étude. Le secteur est majoritairement constitué de matériel sédimentaire grossier avec une forte dominance de graviers.

Des affleurements rocheux sont également présents.

Enfin, les acquisitions bathymétriques réalisées et disposant d'une meilleure résolution ont permis de mettre en évidence des zones de mégarides.

Une nouvelle carte d'épaisseur sédimentaire a été réalisée grâce à la compilation de centaines de profils sismiques issus des différents sondeurs mis en œuvre. Globalement, l'épaisseur sédimentaire est hétérogène dans la zone d'étude (entre 0 et 5 m). La présence de l'ancienne vallée de la Seine ayant fait l'objet d'un remplissage sédimentaire engendre une épaisseur pouvant ponctuellement excéder les 10 mètres. C'est notamment le cas dans le secteur sud-ouest de la zone d'étude EMR.

7. Liste des données livrées

Les données fournies correspondent aux livrables inscrits dans l'annexe technique de la convention Shom/DGEC n°79/2019. Ils comprennent en particulier les fichiers de données collectés lors du levé sédimentaire mené sur la zone d'étude EMR considérée.

- T4.S1 : Natures de fond

PRODUIT	INTITULE
Carte de nature de fond (SHP)	AO4_PARC_NatureFonds_EPSG2154
Carte de nature de fond (JPG)	AO4_PARC_NatureFonds_Carte
Légende (ARCGIS)	AO4_PARC_Legende_NatureFonds_ARCGIS
Légende (QGIS)	AO4_PARC_Legende_NatureFonds_QGIS
Légende des cartes sédimentaires du Shom (PDF)	Légende-Legend-des cartes Sédimentaires du Shom_Mars2021
Document descriptif de la méthode de cartographie sédimentaire mise en œuvre au Shom (PDF)	20190807_NP_SHOM-DOPS-HOM-SEDIM_9-METHODE-CARTOGRAPHIE-SEDIMENTAIRE

- T4.S2 : Epaisseur de sédiment

PRODUIT	INTITULE
Carte d'épaisseur des sédiments (SHP)	AO4_PARC_Epaisseur_EPSG2154
Légende (QGIS)	AO4_PARC_legende_Epaisseur_qgis

- T4.S3 : Natures de fond

PRODUIT	INTITULE
Rapport d'analyse granulométrique (PDF)	AO4Normandie_T4.S3_Granulo_PARC.pdf
Fichier numérique des analyses granulométriques réalisées (.xls)	Granulo_EMR_S202101000_Normandie.xls
Positions des points de prélèvement (SHP)	Shape_Points-Prelevement-Parc_AO4/
Descriptif du fichier de données (PDF)	Descriptif_fichier_benc.pdf
Fichier d'analyse granulométrique issu du microgranulomètre laser	S202101000MicroGranulo-tmp.benc
Fichier d'analyse granulométrique issu du tamisage	S202101000Tamis-tmp.benc

- T4.S4 : Rapport

PRODUIT	INTITULE
Rapport d'exploitation sédimentologique	Rapport_DECF_EMR_AO4-Normandie_T4.S4_PARC.pdf

- T4.S6 : Imagerie acoustique

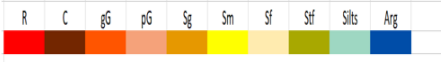
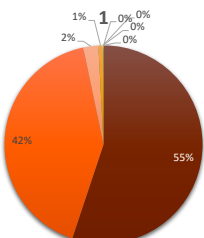
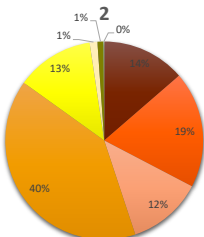
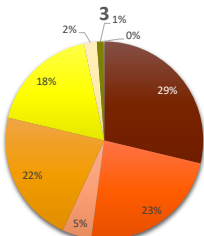
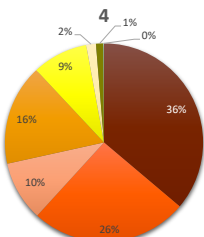
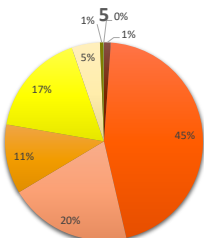
PRODUIT	INTITULE
Mosaïque de réflectivité SMF (GeoTIFF)	IMAGERIE_SMF_AO4_Parc_normalized
Imagerie Sonar Latéral (GeoTIFF)	S202101000-IMA_SONAR_ZONE_PARC_LPC

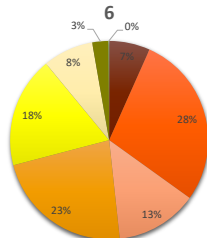
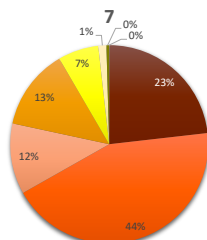
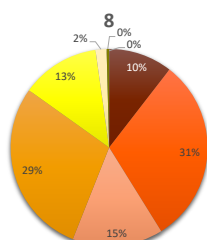
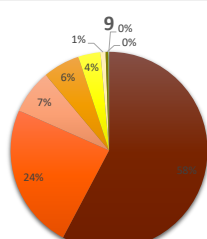
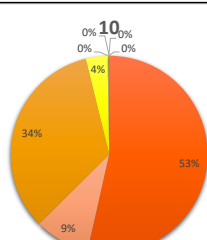
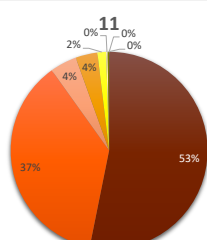
- T4.S7 : Sédiments

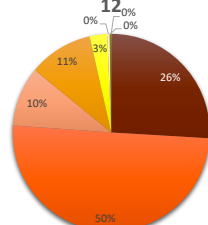
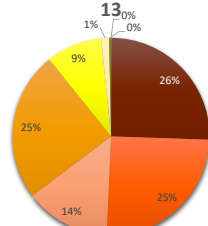
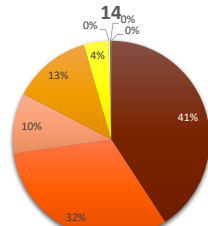
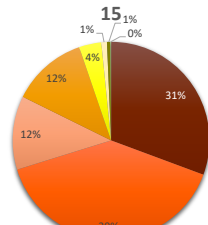
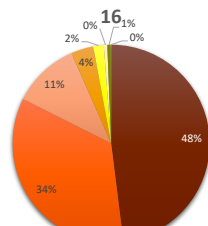
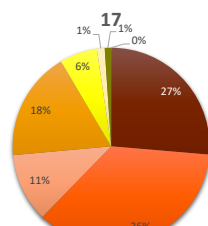
PRODUIT	INTITULE
Fichiers SEGY issus du pénétrateur de sédiments (Ascii)	Exemple : BORDA-20210518-102427

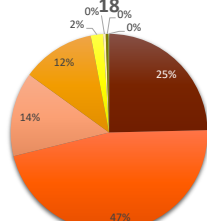
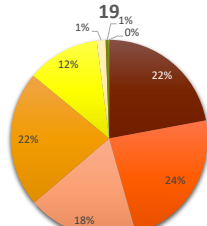
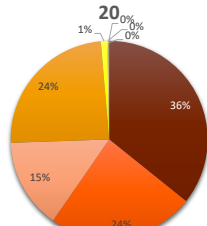
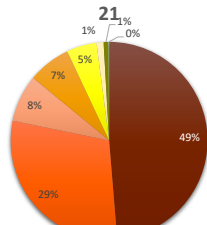
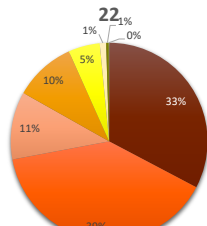
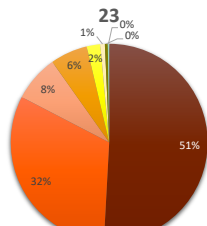
Pour mémoire, le livrable T4.S5 correspondant aux Alignment-sheets, n'est fourni que pour la partie corridor de raccordement.

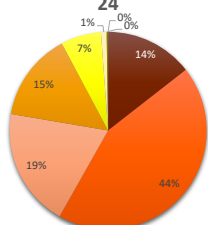
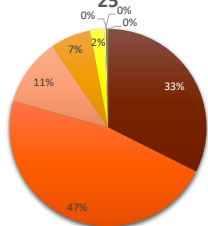
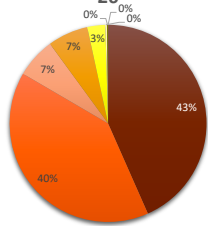
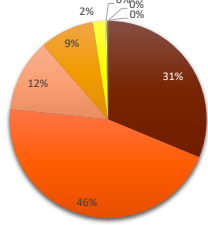
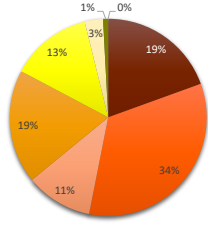
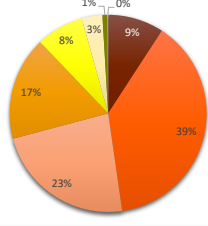
Annexe I : Caractéristiques des sédiments prélevés en 2020 et 2021 dans la zone EMR Normandie

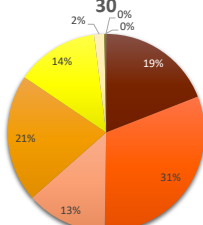
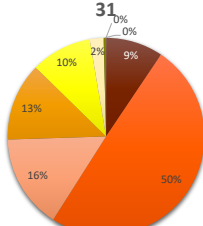
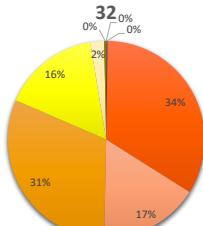
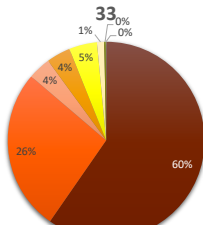
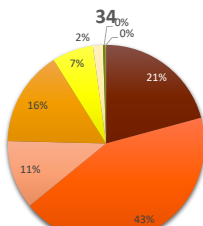
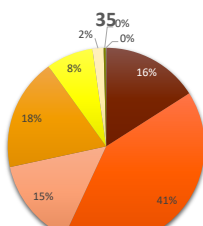
N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité									
						 (R: Roches; C: cailloutis; G: Gravieres, Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: très fins)									
1	50	C	14,02	0,81											
2	50	S	1,72	2,17											
3	50	SG	2,66	2,50											
4	50	CG	4,27	2,36											
5	43	G	1,96	1,91											

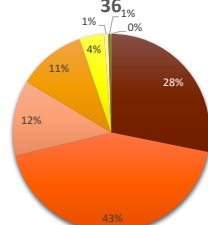
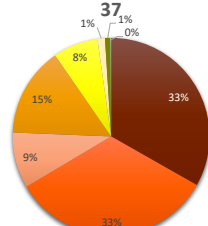
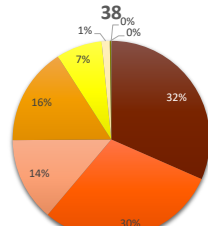
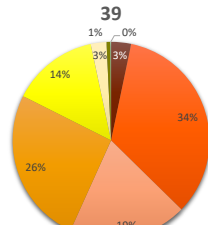
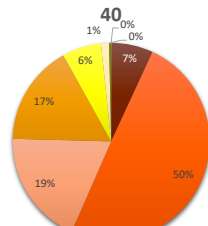
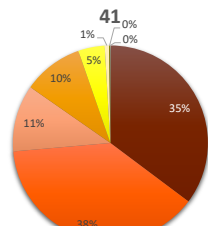
N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité											
						R	C	gG	pG	Sg	Sm	Sf	Sf	Silts	Arg		
						(R: Roches; C: cailloutis; G: Gravier; Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: trèsfins)											
6	42	SG	1,44	2,24													
7	50	G	5,03	2,04													
8	50	SG	1,98	2													
9	49	C	9,06	1,86													
10	50	G	2,53	1,66													
11	54	C	10,98	1,39													

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité									
						R	C	gG	pG	Sg	Sm	Sf	Sff	Silts	Arg
						(R: Roches; C: cailloutis; G: Gravier; Sg: Sables grossiers; m: moyen; f: fins; tf: très fins)									
12	55	G	6,19	1,73											
13	56	SG	3,21	2,17											
14	50	CG	6,27	1,93											
15	50	G	5,45	1,93											
16	52	CG	8,38	1,64											
17	52	SG	4,29	2,11											

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité									
						R	C	gG	pG	Sg	Sm	Sf	Sff	Silts	Arg
						(R: Roches; C: cailloutis; G: Gravier, Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: très fins)									
18	53	G	5,50	1,74											
19	47	SG	2,71	2,17											
20	46	CG	4,59	1,98											
21	54	CG	7,45	2,01											
22	50	G	5,85	1,96											
23	51	C	8,79	1,80											

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité	
						R C gG pG Sg Sm Sf Sif Silts Arg (R: Roches; C: cailloutis; G: Gravier; Sg: Sables grossiers; m: moyen, f: fins, tf: très fins)	
24	50	G	3,75	1,85			
25	50	G	7,23	1,64			
26	51	CG	8,43	1,66			
27	52	G	7,06	1,65			
28	42	SG	2,87	2,27			
29	45	G	2,56	1,93			

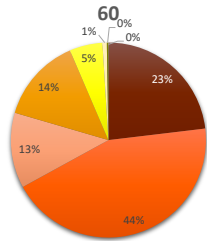
N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité																															
						R	C	gG	pG	Sg	Sm	Sf	Sff	Silts	Arg																						
						(R: Roches; C: cailloutis; G: Gravier; Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: trèsfins)																															
30	43	SG	2,74	2,18		 <table><caption>Granularité 30</caption><thead><tr><th>Classe</th><th>Pourcentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>R</td><td>0%</td></tr><tr><td>C</td><td>0%</td></tr><tr><td>gG</td><td>2%</td></tr><tr><td>pG</td><td>14%</td></tr><tr><td>Sg</td><td>21%</td></tr><tr><td>Sm</td><td>13%</td></tr><tr><td>Sf</td><td>31%</td></tr><tr><td>Sff</td><td>19%</td></tr><tr><td>Silts</td><td>0%</td></tr><tr><td>Arg</td><td>0%</td></tr></tbody></table>										Classe	Pourcentage	R	0%	C	0%	gG	2%	pG	14%	Sg	21%	Sm	13%	Sf	31%	Sff	19%	Silts	0%	Arg	0%
Classe	Pourcentage																																				
R	0%																																				
C	0%																																				
gG	2%																																				
pG	14%																																				
Sg	21%																																				
Sm	13%																																				
Sf	31%																																				
Sff	19%																																				
Silts	0%																																				
Arg	0%																																				
31	42	G	3,34	1,96		 <table><caption>Granularité 31</caption><thead><tr><th>Classe</th><th>Pourcentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>R</td><td>0%</td></tr><tr><td>C</td><td>0%</td></tr><tr><td>gG</td><td>2%</td></tr><tr><td>pG</td><td>10%</td></tr><tr><td>Sg</td><td>13%</td></tr><tr><td>Sm</td><td>16%</td></tr><tr><td>Sf</td><td>50%</td></tr><tr><td>Sff</td><td>9%</td></tr><tr><td>Silts</td><td>0%</td></tr><tr><td>Arg</td><td>0%</td></tr></tbody></table>										Classe	Pourcentage	R	0%	C	0%	gG	2%	pG	10%	Sg	13%	Sm	16%	Sf	50%	Sff	9%	Silts	0%	Arg	0%
Classe	Pourcentage																																				
R	0%																																				
C	0%																																				
gG	2%																																				
pG	10%																																				
Sg	13%																																				
Sm	16%																																				
Sf	50%																																				
Sff	9%																																				
Silts	0%																																				
Arg	0%																																				
32	41	G	1,53	1,85		 <table><caption>Granularité 32</caption><thead><tr><th>Classe</th><th>Pourcentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>R</td><td>0%</td></tr><tr><td>C</td><td>0%</td></tr><tr><td>gG</td><td>2%</td></tr><tr><td>pG</td><td>16%</td></tr><tr><td>Sg</td><td>31%</td></tr><tr><td>Sm</td><td>17%</td></tr><tr><td>Sf</td><td>34%</td></tr><tr><td>Sff</td><td>0%</td></tr><tr><td>Silts</td><td>0%</td></tr><tr><td>Arg</td><td>0%</td></tr></tbody></table>										Classe	Pourcentage	R	0%	C	0%	gG	2%	pG	16%	Sg	31%	Sm	17%	Sf	34%	Sff	0%	Silts	0%	Arg	0%
Classe	Pourcentage																																				
R	0%																																				
C	0%																																				
gG	2%																																				
pG	16%																																				
Sg	31%																																				
Sm	17%																																				
Sf	34%																																				
Sff	0%																																				
Silts	0%																																				
Arg	0%																																				
33	41	C	10,11	1,80		 <table><caption>Granularité 33</caption><thead><tr><th>Classe</th><th>Pourcentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>R</td><td>0%</td></tr><tr><td>C</td><td>1%</td></tr><tr><td>gG</td><td>5%</td></tr><tr><td>pG</td><td>4%</td></tr><tr><td>Sg</td><td>26%</td></tr><tr><td>Sm</td><td>60%</td></tr><tr><td>Sf</td><td>0%</td></tr><tr><td>Sff</td><td>0%</td></tr><tr><td>Silts</td><td>0%</td></tr><tr><td>Arg</td><td>0%</td></tr></tbody></table>										Classe	Pourcentage	R	0%	C	1%	gG	5%	pG	4%	Sg	26%	Sm	60%	Sf	0%	Sff	0%	Silts	0%	Arg	0%
Classe	Pourcentage																																				
R	0%																																				
C	1%																																				
gG	5%																																				
pG	4%																																				
Sg	26%																																				
Sm	60%																																				
Sf	0%																																				
Sff	0%																																				
Silts	0%																																				
Arg	0%																																				
34	50	G	4,36	2,08		 <table><caption>Granularité 34</caption><thead><tr><th>Classe</th><th>Pourcentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>R</td><td>0%</td></tr><tr><td>C</td><td>0%</td></tr><tr><td>gG</td><td>2%</td></tr><tr><td>pG</td><td>7%</td></tr><tr><td>Sg</td><td>16%</td></tr><tr><td>Sm</td><td>11%</td></tr><tr><td>Sf</td><td>43%</td></tr><tr><td>Sff</td><td>21%</td></tr><tr><td>Silts</td><td>0%</td></tr><tr><td>Arg</td><td>0%</td></tr></tbody></table>										Classe	Pourcentage	R	0%	C	0%	gG	2%	pG	7%	Sg	16%	Sm	11%	Sf	43%	Sff	21%	Silts	0%	Arg	0%
Classe	Pourcentage																																				
R	0%																																				
C	0%																																				
gG	2%																																				
pG	7%																																				
Sg	16%																																				
Sm	11%																																				
Sf	43%																																				
Sff	21%																																				
Silts	0%																																				
Arg	0%																																				
35	51	G	3,50	2,04		 <table><caption>Granularité 35</caption><thead><tr><th>Classe</th><th>Pourcentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>R</td><td>0%</td></tr><tr><td>C</td><td>0%</td></tr><tr><td>gG</td><td>2%</td></tr><tr><td>pG</td><td>8%</td></tr><tr><td>Sg</td><td>18%</td></tr><tr><td>Sm</td><td>15%</td></tr><tr><td>Sf</td><td>41%</td></tr><tr><td>Sff</td><td>16%</td></tr><tr><td>Silts</td><td>0%</td></tr><tr><td>Arg</td><td>0%</td></tr></tbody></table>										Classe	Pourcentage	R	0%	C	0%	gG	2%	pG	8%	Sg	18%	Sm	15%	Sf	41%	Sff	16%	Silts	0%	Arg	0%
Classe	Pourcentage																																				
R	0%																																				
C	0%																																				
gG	2%																																				
pG	8%																																				
Sg	18%																																				
Sm	15%																																				
Sf	41%																																				
Sff	16%																																				
Silts	0%																																				
Arg	0%																																				

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité									
						R	C	gG	pG	Sg	Sm	Sf	Sif	Silts	Arg
						(R: Roches; C: cailloutis; G: Gravier; Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: trèsfins)									
36	49	G	5,69	1,88											
37	48	CG	4,87	2,20											
38	49	CG	4,48	2,13											
39	49	G	1,83	1,94											
40	46	G	3,4	1,82											
41	47	CG	6,13	1,87											

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité	
						 (R: Roches; C: cailloutis; G: Gravieriers; Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: très fins)	
42	47	G	4,40	1,90			
43	47	S	0,97	1,77			
44	46	S	1,06	1,78			
45	46	G	1,67	2,17			
46	45	G	1,70	2,19			
47	41	SG	1,39	2,15			

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité	
48	41	G	3,27	1,90			
49	39	SG	2,97	2,58			
50	44	G	1,69	2,05			
51	40	G	2,55	2,13			
52	40	SG	2,86	2,32			
53	41	G	2,27	2,28			

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité	
						 (R: Roches; C: cailloutis; G: Graviers; Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: très fins)	
54	48	G	1,96	1,64		 40% (Sg), 23% (Sf), 25% (Sg), 9% (Sf), 2% (Sf), 1% (Sf), 0% (Sf), 0% (Sf)	
55	46	SG	2,67	2,40		 23% (C), 25% (Sg), 14% (Sf), 19% (Sg), 14% (Sf), 3% (Sf), 2% (Sf), 0% (Sf)	
56	47	G	2,10	2,09		 38% (Sg), 17% (Sf), 20% (Sg), 14% (Sf), 4% (Sf), 1% (Sf), 0% (Sf), 0% (Sf)	
57	45	G	2,13	2,17		 37% (Sg), 16% (Sf), 18% (Sg), 16% (Sf), 3% (Sf), 1% (Sf), 0% (Sf), 0% (Sf)	
58	45	G	3,82	2,04		 41% (Sg), 15% (Sf), 14% (Sg), 8% (Sf), 2% (Sf), 0% (Sf), 0% (Sf), 0% (Sf)	
59	45	G	3,47	2,26		 37% (Sg), 13% (Sf), 12% (Sg), 10% (Sf), 5% (Sf), 1% (Sf), 0% (Sf), 0% (Sf)	

N°	Z (m)	Nom du sédiment (code SHOM)	Grain moyen (mm)	So (classement du sédiment)	Photographie échantillon sec	Granularité									
						R	C	gG	pG	Sg	Sm	Sf	Stf	Silts	Arg
						(R: Roches; C: cailloutis; G: Gravier, Sg: Sables grossiers, m: moyen, f: fins, tf: très fins)									
60	48	G	4,59	1,90		 60 23% 44% 13% 14% 5% 1% 0%									