



Dossier d'environnement final
Analyse, traitement et qualification des données
acquises lors du levé morpho-sédimentaire de
reconnaissance environnementale mené sur la zone
éolienne en mer de « Bretagne Nord-Ouest »

Volet « sédimentologie marine »

Lot 4 – référence T4.S4

Auteurs : Marie Laurent, Agathe Ignacio, Elyna Clément, Méril Mérindol, André Lusven, Élodie Marchès.

Référence : convention SHOM/MTES [DGEC], SHOM n°96/2024, relative à la réalisation des études de reconnaissance environnementale de site en vue d'appels d'offres pour l'implantation d'éoliennes en mer au large des côtes françaises.

Suivi des révisions

REVISIONS	DATE	COMMENTAIRE
Rév. B1	20/01/2026	1 ^{ère} version du rapport
Rév. B2	10/02/2026	Version révisée suite à la relecture du CEREMA
Rév. A2	18/02/2025	Passage en version A suite validation CEREMA

Table des matières

Suivi des révisions	2
Table des figures	4
Liste des tableaux	6
1. Introduction.....	9
2. Contexte de la zone d'étude.....	9
2.1 Contexte géologique	9
2.2 Sédimentation.....	10
2.3 Cartes sédimentaires	10
3. Prélèvements sédimentaires et analyses sédimentologiques.....	13
3.1 Prélèvements sédimentaires	13
3.2 Classification granulométrique.....	15
3.3 Granularité des sédiments.....	15
3.4 Résultats	17
3.5 Synthèse	24
4. Données d'imagerie acoustique	25
5. Données d'imagerie au sonar à balayage latéral.....	27
6. Données bathymétriques	28
6.1 Acquisition au sondeur multifaisceaux	28
6.2 Carte des pentes	30
7. Cartographie de la nature sédimentaire des fonds.....	32
7.1 Répartition des faciès sédimentaires	34
7.2 Synthèse	35
8. Données d'imagerie sismique et calcul des épaisseurs sédimentaires	35
8.1 Levés sismiques.....	35
8.2 Célérité et calcul de l'épaisseur sédimentaire.....	37
8.3 Interprétation des profils sismiques.....	37
8.4 Carte d'épaisseur sédimentaire.....	41
9. Différentiel bathymétrique	44
10. Structures géologiques particulières et objets anthropiques	46
10.1 Structures sédimentaires	47
10.2 Structures rocheuses	52
10.2.1 Structures rocheuses longitudinales	53
10.2.2 Structures circulaires indurées	54
10.3 Blocs et dépressions circulaires	55
10.3.1 Dépressions circulaires associées à des blocs rocheux	56

10.3.2	Dépressions circulaires non accompagnées de blocs rocheux	58
10.4	Objets anthropiques	59
11.	Conclusion	61
12.	Liste des données livrées.....	62
13.	Références bibliographiques.....	65
14.	Annexes	68
14.1	Répartition des teneurs sédimentaires	68
14.2	Légende des cartes sédimentaires du Shom	73
14.3	Levé bathymétrique historique (1973).....	74

Table des figures

Figure 1.	Extrait de la carte lithologique des mers de France réalisée par M. Delesse en 1879, avec la zone EMR BNO représentée en noir.	11
Figure 2.	Carte sédimentaire mondiale réalisée par le Shom à l'échelle 1/500 000 (2021), avec la zone d'éolien en mer BNO représentée en noir.	12
Figure 3.	Répartition des faciès sédimentaires dans la zone EMR BNO d'après la carte sédimentaire mondiale à l'échelle 1/500 000 (Figure 2). SG : sables et graviers ; G : graviers ; GC : graviers et cailloutis ; CG : cailloutis et graviers ; C : cailloutis.	13
Figure 4.	Carte de localisation des échantillons sédimentaires (points bleus) prélevés à la benne Shipeck dans la zone EMR BNO lors du levé S202501700.	14
Figure 5.	Natures sédimentaires des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO. Le diagramme circulaire présente la répartition des faciès sédimentaires identifiés à partir des analyses d'échantillons. Les natures sédimentaires « non déterminées », en gris, indiquent la remontée d'une benne vide.....	19
Figure 6.	Diamètres moyens des grains mesurés dans les 46 échantillons sédimentaires. Les couleurs indiquent les classes sédimentologiques des échantillons.	20
Figure 7.	Répartition de la taille moyenne des grains mesurée dans les 46 échantillons sédimentaires. Cette caractéristique sédimentologique suit une loi log-normale (courbe bleue).....	20
Figure 8.	Sorting mesurés dans les 46 échantillons sédimentaires. Les couleurs indiquent les classes sédimentologiques des échantillons. Les limites des classes de triage correspondent aux limites définies dans le Tableau 3	21
Figure 9.	Répartition du sorting mesuré dans les 46 échantillons sédimentaires. Cette caractéristique sédimentologique suit une loi normale (courbe bleue).....	22
Figure 10.	Haut : distribution bimodale des grains dans l'échantillons 17, très mal classé ; Bas : distribution unimodale des grains dans l'échantillons 28, très bien classé.....	23
Figure 11.	Carte de l'imagerie acoustique de la zone EMR BNO.	26
Figure 12.	Carte de l'imagerie acquise au sonar à balayage latéral dans la zone EMR BNO.....	27
Figure 13.	Carte bathymétrique de la zone EMR BNO.	29
Figure 14.	Carte des pentes de la zone EMR BNO. Les lignes rouges correspondent aux profils présentés dans la Figure 15	30

Figure 15. Profils bathymétriques (en gris) et de pente (en rouge) représentatif de la zone EMR BNO (localisation dans la Figure 14). La ligne pointillée rouge correspond à l'angle de pente critique de 10 °.....	31
Figure 16. Carte des natures sédimentaires du fond marin de la zone EMR BNO.....	33
Figure 17. Répartition des faciès sédimentaires de la zone EMR BNO à partir de la carte de nature de fond présentée dans la Figure 16 . SV : sables et vases, S : sables ; SG : sables et graviers ; SC : sables et cailloutis ; GS : graviers et sables ; G : graviers ; GC : graviers et cailloutis ; R : roches.	34
Figure 18. Carte de localisation des profils SBP acquis par le porteur Borda au cours du levé S202501700 dans la zone EMR BNO.....	36
Figure 19. Profil sismique SBP Borda_20250405-090446 non interprété (haut) et interprété (bas), et sa localisation sur la zone d'étude EMR (à droite, en rouge). Les réflecteurs bleu et rouge correspondent respectivement au fond marin et à la limite inférieure sédiments meubles /substratum rocheux.	38
Figure 20. Profil sismique SBP Borda_20250514-130707 non interprété (haut) et interprété (bas), et sa localisation sur la zone d'étude EMR (à droite, en rouge). Les réflecteurs bleu et rouge correspondent respectivement au fond marin et à la limite inférieure sédiment/substratum rocheux.	39
Figure 21. Profil sismique SBP Borda_20250312_133948 non interprété (haut) et interprété (bas), et sa localisation sur la zone d'étude EMR (à droite, en rouge). Les réflecteurs bleu et rouge correspondent respectivement au fond marin et à la limite inférieure sédiment/substratum rocheux.	40
Figure 22. Carte d'épaisseur sédimentaire de la zone EMR Bretagne Nord-Ouest. L'épaisseur en mètres est calculée à partir d'une célérité des ondes acoustique de 1500 m.s ⁻¹	42
Figure 23. Carte des dunes, des affleurements rocheux et de l'épaisseur de sédiments meubles de la zone EMR Bretagne Nord-Ouest. L'épaisseur en mètres est calculée à partir d'une célérité des ondes acoustique de 1500 m.s ⁻¹	43
Figure 24. Carte de la variation verticale du fond marin entre 1973 et 2025.	44
Figure 25. Carte de localisation des structures naturelles et des objets anthropiques identifiés dans la zone EMR BNO.....	46
Figure 26. MNT bathymétrique avec la localisation des structures rocheuses longitudinales et des morphologies circulaires et la position des profils bathymétriques (traits rouges) et sismique (trait marron en pointillés) accessibles sur les Figure 28 , Figure 29 et Figure 30 . Une vue 3D des figures rocheuses longilignes est disponible sur la Figure 27	52
Figure 27. Vue tridimensionnelle des structures rocheuses longitudinales au sud de la zone EMR BNO. Exagération verticale : x15. Voir la localisation sur la Figure 26	53
Figure 28. Profils bathymétriques perpendiculaires aux structures rocheuses longitudinales (les sommets sont indiqués par un triangle gris).....	53
Figure 29. Profil bathymétrique le long de la crête d'une structure rocheuse.	54
Figure 30. Gauche : profil bathymétrique qui recoupe deux structures circulaires (les sommets sont indiqués par un triangle gris) ; Droite : profil sismique de la structure rocheuse circulaire dans l'encadré rouge.	54
Figure 31. Localisation des dépressions de forme circulaire sur la zone EMR BNO. Les profils bathymétriques, représentés en Figure 32 , sont représentés par les lignes rouges. « d » : diamètre de la dépression circulaire.....	55
Figure 32. Profils bathymétriques à travers des complexes blocs-dépressions. Les flèches bleues indiquent les zones où l'érosion associée au phénomène d'affouillement se produit.	56

Figure 33. Localisation des blocs erratiques au nord de la Bretagne et des dépressions circulaires observées dans la zone EMR BNO.....	57
Figure 34. Profils bathymétriques à travers des grandes et petites dépressions.	58
Figure 35. Carte marine 6930 (Shom) avec la position des objets anthropiques présents dans la zone EMR BNO.....	60
Figure 36. Carte de répartition des teneurs en vase (ronds bleus) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.....	68
Figure 37. Carte de répartition des teneurs en sable fin (ronds beiges) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.....	69
Figure 38. Carte de répartition des teneurs en sable (ronds jaunes) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.....	70
Figure 39. Carte de répartition des teneurs en graviers (ronds oranges) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.....	71
Figure 40. Carte de répartition des teneurs en cailloutis (ronds marrons) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.....	72
Figure 41. Sondes bathymétriques réalisées à bord du <i>BH l’Astrolabe</i> , en 1973 du levé S197300800. Elles ont été utilisées comme référence pour calculer la variation verticale du fond marin entre 1973 et 2025.	74

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification sédimentologique utilisée dans la zone d’étude et photos d’échantillons secs.....	16
Tableau 2. Exemples de résultats d’analyse sédimentologique menée sur les échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.....	17
Tableau 3. Classement du tri des échantillon d’après Fournier et <i>al.</i> (2012).....	21
Tableau 4. Nombre d’échantillons, proportion, valeurs moyennes du grain moyen et coefficient de tri pour chaque classe sédimentaire identifiées.	24
Tableau 5. Levés sismiques acquis dans la zone EMR de BNO.	35
Tableau 6. Classification des corps sédimentaires transversaux en fonction de leur amplitude et de leur longueur d’onde (Berné et <i>al.</i> , 1989 ; Ashley, 1990).	47
Tableau 7. Synthèse des caractéristiques géomorphologiques et géophysiques des structures sédimentaires observées dans la zone d’étude EMR BNO.	48
Tableau 8. Légende des cartes sédimentaires du Shom (Shom, 2021).....	73

Liste des acronymes et des abréviations

Institutions et organismes

BNO	Bretagne Nord-Ouest
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
DGEC	Direction Générale de l'Énergie et du Climat
GHOA	Groupe Hydrographique et Océanographique de l'Atlantique
Ifremer	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Shom	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Projets et documents

DEF	Dossier d'Environnement Final
EMR	Énergies Marines Renouvelables

Équipements et instruments

BH2	Bâtiment Hydrographique de seconde classe
SMF	Sondeur Multifaisceaux
SONAL	Sonar à balayage latéral
ODAS	Ocean Data Acquisition System

Faciès sédimentaires et granularité

Arg	Argiles	SC	Sables et cailloutis
C	Cailloutis	SF	Sables fins
CG	Cailloutis et graviers	Sf	Sables fins
G	Graviers	SG	Sables et graviers
GC	Graviers et cailloutis	Sg	Sables grossiers
gG	Gros graviers	Sm	Sables moyens
GS	Graviers et sables	Stf	Sables très fins
pG	Petits graviers	SV	Sables vaseux
S	Sables	V	Vases

Paramètres statistiques granulométriques

Gm	Grain moyen (mm)
Md et D ₅₀	Médiane
Mz	Mean Grain Size (Grain moyen) (unités Ø)
Sk	Skewness (coefficient d'asymétrie, unités Ø)
So	Sorting (coefficient de tri, unités Ø)
T	Taille des particules sédimentaires

Outils techniques

MNT	Modèle numérique de terrain
WFS	Web Feature Service (flux de téléchargement de données à distance)
EPSG	European Petroleum Survey Group (système de coordonnées géodésiques)

1. Introduction

Le présent rapport fournit l'état des lieux de la connaissance en sédimentologie à l'issue des levés morpho-sédimentaires réalisés sur la zone définie par la DGEC dans le cadre du projet de parc éolien en mer de Bretagne Nord-Ouest (BNO). Cette étude complète le recensement des données effectué par le Shom auprès de différents organismes publics (Shom, Ifremer, BRGM, Parcs marins), privés (RTE) et des universitaires (Université de Bretagne Occidentale, Université Bretagne Sud, Université Côte d'Azur) en matière de données sédimentologiques préexistantes et disponibles sur les zones d'étude. Avant la phase de levés, le manque de données récentes ne permettait pas d'obtenir des cartes de nature des fonds, d'épaisseur sédimentaire et de structures sédimentaires suffisamment précises.

Avant la phase de levé, le manque de données récentes ne permettait pas d'obtenir des cartes de nature des fonds, d'épaisseur sédimentaire et de structures sédimentaires suffisamment précises. Le levé S202501700 a donc été réalisé en 2025 afin d'établir une cartographie de plus haute résolution. Ce levé a consisté à réaliser des prélèvements d'échantillons sédimentaires à l'aide de la benne Shipeck, à acquérir des données bathymétriques et de réflectivité acoustique au sondeur multifaisceaux, et à recueillir des profils sismiques au sondeur de sédiments.

Après un rappel sur la connaissance sédimentologique initiale disponible sur la zone d'étude, ce rapport présente les données acquises lors des levés morpho-sédimentaires menés sur l'emprise de la zone EMR BNO, ainsi que les produits suivants, élaborés à partir de leur analyse :

- les résultats des analyses granulométriques menées sur les prélèvements sédimentaires ;
- l'imagerie acoustique issue des sondeurs multifaisceaux ;
- la cartographie de la nature des fonds ;
- les données acquises au sondeur de sédiments ;
- la carte des épaisseurs sédimentaires ;
- La carte du différentiel bathymétrique sur une période de ~50 ans ;
- la carte des structures sédimentaires.

2. Contexte de la zone d'étude

La zone d'étude EMR se situe en mer Manche, mer épicontinentale peu profonde, caractérisée par un couloir dissymétrique large de 175 km à l'ouest, se resserrant à 90 km au nord du Cotentin, puis à 35 km à l'est. L'histoire géologique de cette région est marquée par une interaction complexe entre son héritage tectonique et les variations eustatiques.

2.1 Contexte géologique

La formation de la Manche débute au Permien au cours d'une première phase de rifting et de subsidence (Evans, 1990 ; Lericolais, 1997). Par la suite, l'ouverture de l'Atlantique Nord s'accompagne de forces extensives qui ont permis la création d'un bassin sédimentaire. Cet épisode tectonique s'ensuit d'une période de convergence entre les plaques Ibérique-Eurasienne et Eurasienne-Apulie, qui est à l'origine de contraintes compressives (Ziegler, 1978, 1982, 1987 et 1990 ; Lericolais, 1997) et aboutit à des déformations dans les couvertures Mésozoïque et Cénozoïque (Boillot et Musselec, 1975). Durant l'Oligocène, l'exondation de la Manche et l'ouverture du fossé tectonique (actuellement « fosse centrale ») participent à la naissance du système fluvial Manche.

La géomorphologie de ce système fluvial est principalement contrôlée par les variations glacio-eustatiques quaternaires. Lors des phases de régression marine, le piégeage de l'eau sous forme de glace a entraîné l'émersion des terres aujourd'hui immergées, favorisant la mise en place de ponts terrestres entre la Grande-Bretagne et le continent européen et induisant d'importantes phases d'incision. Ces processus ont conduit à la formation d'un réseau complexe de paléovallées dans la Manche centrale et orientale, résultant de l'érosion fluviale et marine lors des maximums glaciaires (Lericolais, 1997 ; Paquet, 2022). Ces structures,

d'origine essentiellement fluvio-marine, ont été partiellement comblées par des dépôts sédimentaires enregistrant les fluctuations glacio-eustatiques successives, tandis que les formations profondes indurées sont recouvertes de sédiments meubles holocènes, d'épaisseur généralement faible à nulle, mais pouvant atteindre localement plusieurs mètres (Garlan et Marchès, 2012 ; Augris et al., 2013).

2.2 Sédimentation

La Manche occidentale correspond à un milieu sédimentaire de climat tempéré avec une subsidence négligeable (Larsonneur et al., 1982). Les taux de sédimentations y sont généralement faibles avec des vitesses mesurées au ^{210}Pb allant d'environ $0,5\text{ cm}^{-1}$ dans la rade de Brest (Gregoire, 2017), à $1,0\text{ cm.an}^{-1}$ dans le golfe normand-breton (Berger et Caline, 1991).

La sédimentation dans la Manche est fortement influencée par le régime de marée mégatidal (Larsonneur et al., 1982 ; Reynaud et al., 2003). L'intensité des courants de marée est plus importante au centre de la Manche qu'à proximité des côtes, et est responsable d'un gradient granulométrique marqué. Ainsi, les zones côtières sont dominées par des sédiments fins, tels que les vases et les sables, tandis que les secteurs centraux concentrent des dépôts plus grossiers, constitués principalement de cailloutis et de graviers (Larsonneur et al., 1982 ; Garlan et Marchès, 2012).

En Manche occidentale, l'influence de la houle est marquée près des côtes, et diminue au large. En eaux peu profondes, les houles remettent en suspension les particules sédimentaires les plus fines, qui sont ensuite transportées et déposées dans des zones plus calmes telles que les ports, les rades et les estuaires (Larsonneur et al., 1982 ; Garlan et Marchès, 2012). À partir de 10 m de profondeur, les courants de marée et la houle convergent, favorisant le dépôt de sédiments fins. À cela, s'ajoute la dérive littorale, orientée est-ouest, qui participe au transport des sédiments (Garlan et Marchès, 2012).

Les principaux apports de sédiments proviennent des fleuves dont la rivière maritime de Morlaix qui apporte environ 1400 t.an^{-1} de sédiment dont 40 % de ces apports sédimentaires qui ont lieu lors des périodes de crues (Bassoulet et al., 1987 ; Gregoire, 2017). L'origine des sédiments, constitués le plus souvent d'un mélange de particules de tailles diverses, provient de la géologie régionale et des dépôts d'origine glaciaire (Lericolais, 1997 ; Garlan et Marchès, 2012).

Les zones de bancs et de dunes sableuses sont principalement localisées en Manche orientale (Garlan et Marchès, 2012) et au niveau des Approches Occidentales (Le Roy et al., 2011). Entre le Cotentin et la pointe bretonne, ces structures sont nombreuses mais de taille plus réduite. Elles sont éparpillées le long des côtes, des affleurements rocheux (Garlan et Marchès, 2012 ; Van Vliet-Lanoë et al., 2015), et dans certaines baies (e.g., Baie de Saint-Brieuc et du Mont Saint-Michel ; Ehrhold, 1999 ; Traoré et al., 2021). Un autre vaste champ de dunes a été observé et couvre une grande partie du plateau entre la Bretagne et la fosse centrale de la Manche (Garlan et Marchès, 2012).

En conclusion, la dynamique sédimentaire de la Manche occidentale résulte de son contexte géologique associé à des facteurs de forçages actuels, tels que les houles, les courants de marée, les courants résiduels et les apports fluviaux et côtiers.

2.3 Cartes sédimentaires

Dans la zone d'étude, plusieurs cartes sédimentaires ont été réalisées entre 1879 et 2021. La plus ancienne, présentée dans la **Figure 1**, a été publiée par M. Delesse en 1879. Les techniques de cette époque reposaient sur des mesures au plomb suiffé, qui souvent sous-estimaient les sédiments grossiers, les assimilant à de la roche. D'après ces travaux, le fond marin de la zone d'étude EMR serait principalement constitué de roches pierreuses diverses (r) avec des teneurs en coquilles variables (r'). À l'extrémité nord, le fond serait constitué de graviers (a) sur une petite zone.

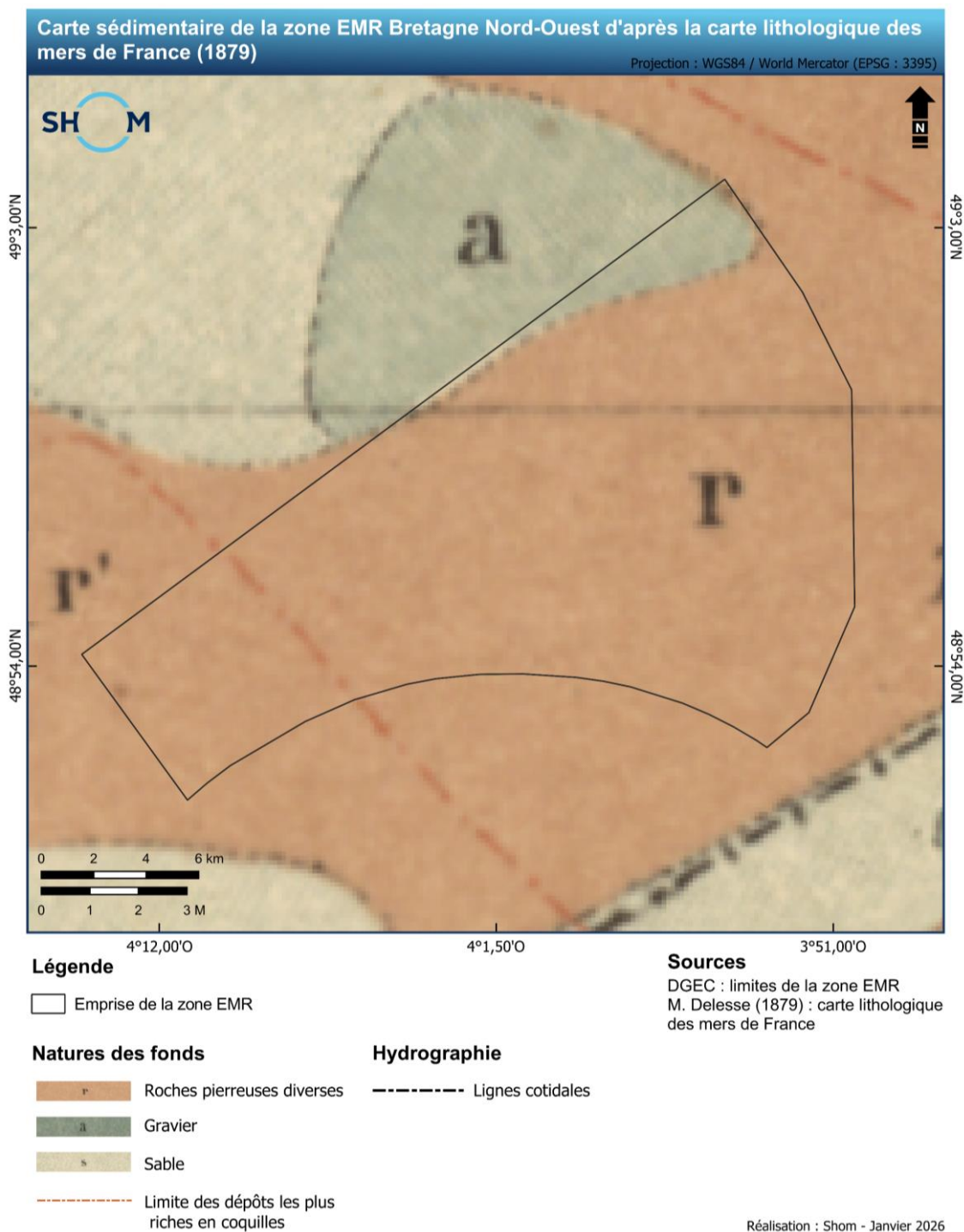


Figure 1. Extrait de la carte lithologique des mers de France réalisée par M. Delesse en 1879, avec la zone EMR BNO représentée en noir.

La **Figure 2** résulte d'une synthèse des données sédimentologiques et des cartes sédimentaires compilées par le Shom (2021). Bien que cette résolution cartographique ne permette pas de caractériser finement les variations latérales des faciès sédimentaires, elle fournit une représentation globale des grandes tendances sédimentaires régionales. Elaborée à l'aide d'échantillons sédimentaires prélevés à l'aide de bennes, elle a tendance à être plus représentatives des fractions granulométriques grossières, et à sous-évaluer les particules plus fines (e.g. argiles).

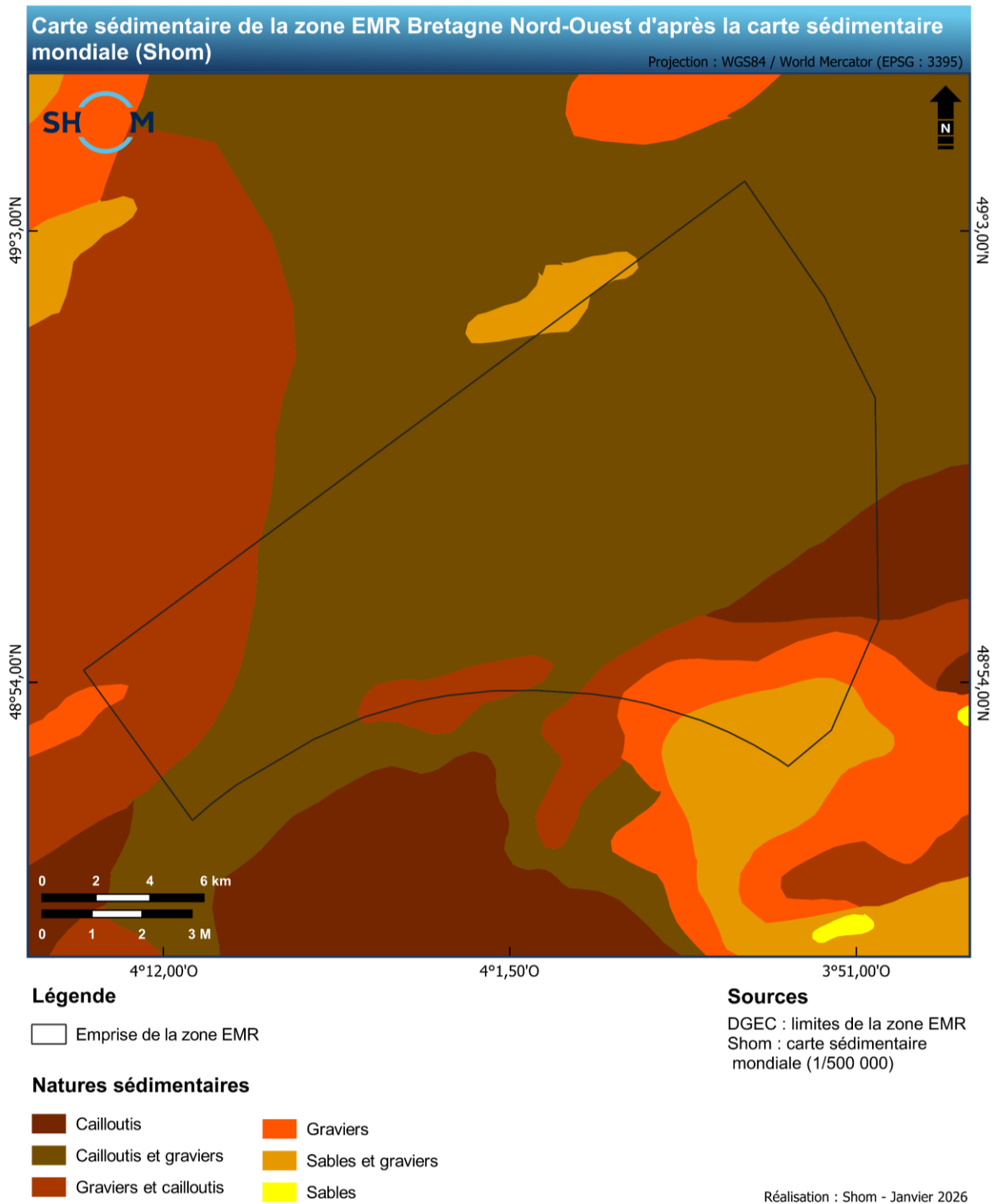


Figure 2. Carte sédimentaire mondiale réalisée par le Shom à l'échelle 1/500 000 (2021), avec la zone d'éolien en mer BNO représentée en noir.

D'après cette carte, la zone d'étude est principalement composée d'un mélange de cailloutis et de graviers (CG et GC), couvrant 89 % de la zone EMR (**Figure 2** et **Figure 3**). Les sédiments plus fins, tels que les graviers et le mélange de sables et graviers, sont nettement moins présents et représentent respectivement 4 % et 3 % de la surface totale. Ces faciès se situent aux extrémités nord, sud-ouest et sud-est de la zone EMR. (**Figure 2** et **Figure 3**). Les sédiments les plus grossiers, constitués de cailloutis, se concentrent quant à eux dans la partie sud-ouest et couvrent 4 % de la surface totale.

La répartition spatiale des sédiments semble indiquer un gradient granulométrique décroissant vers le sud-est de la zone EMR, en direction des côtes. En effet, les cailloutis (C) succèdent à un mélange de cailloutis et de graviers (CG puis GC), puis aux graviers (G) et aux sables et graviers (SG).

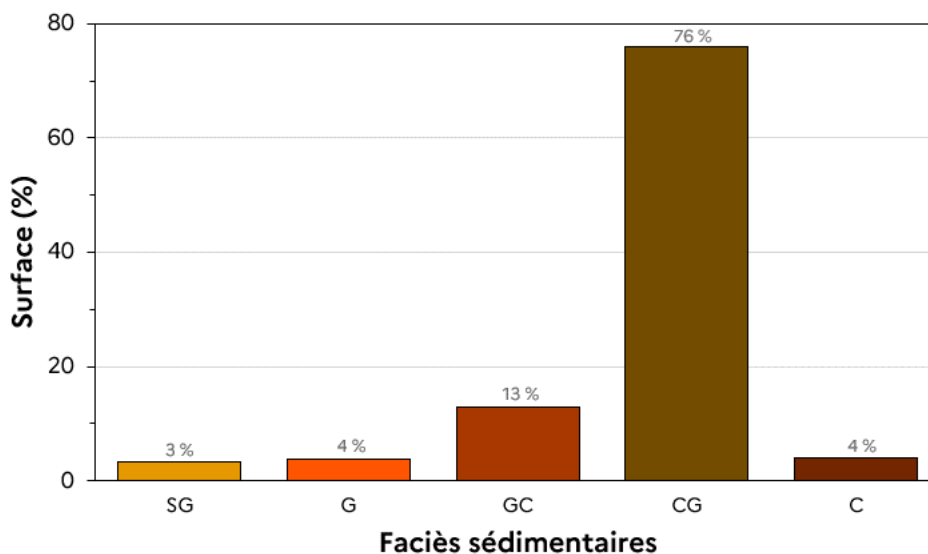
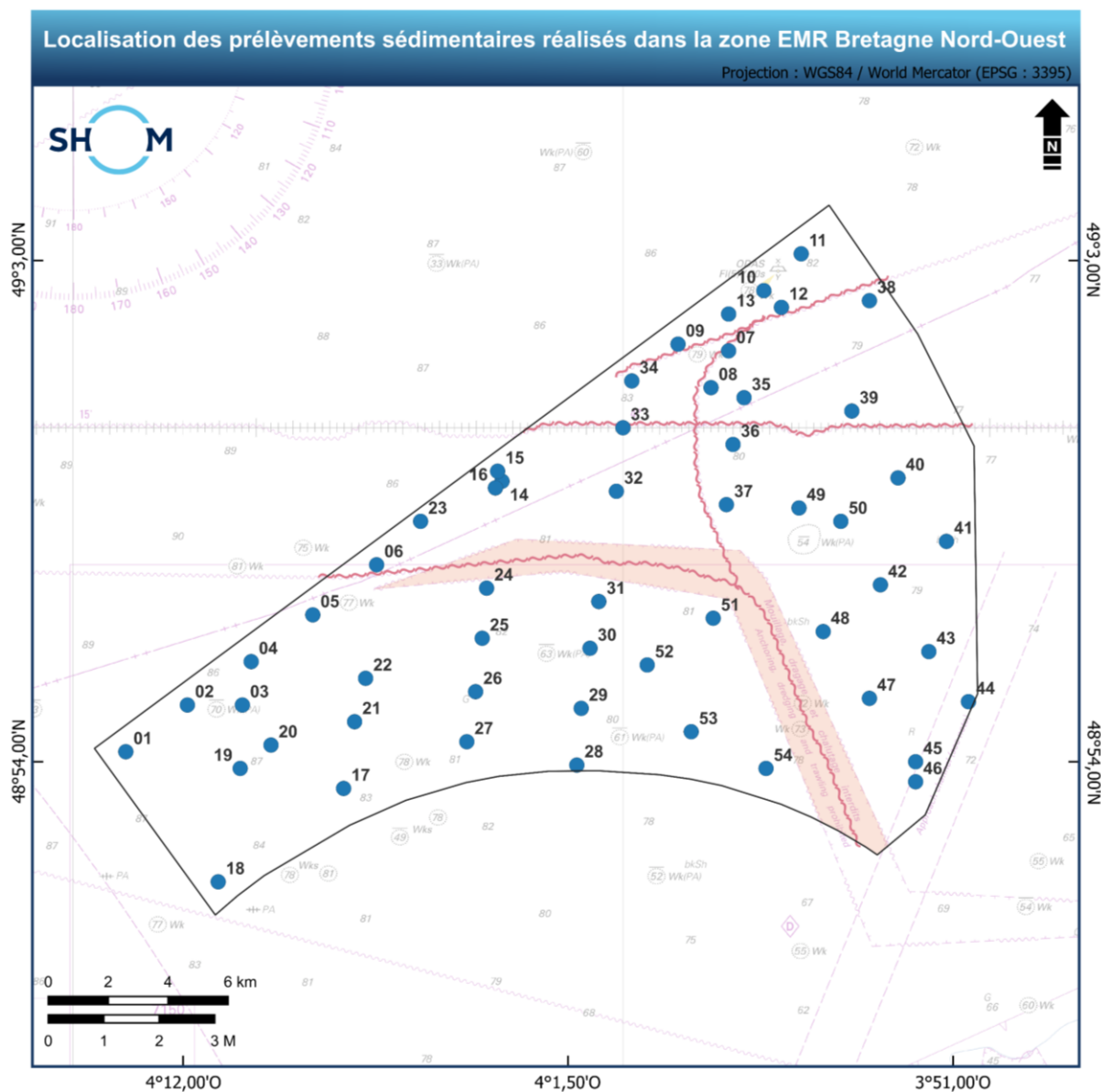


Figure 3. Répartition des faciès sédimentaires dans la zone EMR BNO d'après la carte sédimentaire mondiale à l'échelle 1/500 000 (**Figure 2**). SG : sables et graviers ; G : graviers ; GC : graviers et cailloutis ; CG : cailloutis et graviers ; C : cailloutis.

3. Prélèvements sédimentaires et analyses sédimentologiques

3.1 Prélèvements sédimentaires

Le navire hydrographique de deuxième classe (BH2) *Borda du Shom*, a effectué des prélèvements sédimentaires dans la zone EMR BNO à l'aide d'une benne Shipeck. Un total de 54 échantillons a été collecté au cours du levé S202501700, dont les emplacements sont illustrés dans la **Figure 4**. La densité élevée de prélèvements sédimentaires et leur répartition sur l'ensemble de la zone EMR permettent de caractériser à haute résolution les variations horizontales des faciès sédimentaires de surface dans la zone d'étude, et ainsi établir une carte de nature des fonds à très fine échelle (1/10 000). Seul un secteur au centre de la zone EMR n'a pas fait l'objet de prélèvements sédimentaires en raison de l'interdiction de mouillage, dragage et chalutage (en rouge dans la **Figure 4**).



Légende

- Emprise de la zone EMR
- Prélèvements sédimentaires (benne)

Éléments de navigation

- Mouillage, dragage et chalutage interdits

Éléments anthropiques

- ~ Câbles sous-marins

Sources

DGEC : limites de la zone EMR
 Shom : prélèvements sédimentaires, carte marine 6930

Réalisation : Shom - Janvier 2026

Figure 4. Carte de localisation des échantillons sédimentaires (points bleus) prélevés à la benne Shipeck dans la zone EMR BNO lors du levé S202501700.

3.2 Classification granulométrique

La classification sédimentologique des échantillons de la zone d'étude repose sur sept classes sédimentaires synthétisées dans le **Tableau 1** et caractérisés en fonction des proportions (en %) de vase (V), sable fin (SF), sable (S), gravier (G) et cailloutis (C) définis en fonction de la taille T des particules :

- $T \geq 20$ mm : Cailloutis ;
- $20 \text{ mm} > T \geq 2$ mm : Gravier ;
- $2 \text{ mm} > T \geq 0,25$ mm : Sables ;
- $0,25 \text{ mm} > T \geq 0,05$ mm : Sables Fins ;
- $T < 0,05$ mm : Vases.

3.3 Granularité des sédiments








L'analyse sédimentologique des échantillons sédimentaires a été réalisée au sein du laboratoire de sédimentologie du Shom, situé à Brest. Elle a consisté en :

- La prise de vue des échantillons par photo (sur échantillons secs) ;
- La mesure de la granularité par tamisage sur une colonne de tamis avec des mailles de : 20,0 – 12,5 – 10,0 – 5,0 – 2,0 – 1,6 – 1,25 – 1,0 – 0,8 – 0,5 – 0,3 – 0,18 – 0,1 – 0,05 mm ;
- La mesure de la granularité par micro-granulomètre laser.

Les résultats des analyses sédimentologiques ont été intégrés dans le logiciel Granush (Shom ©) pour calculer les paramètres sédimentologiques suivants :

- **Mean Grain Size** (Mz, grain moyen en unités \emptyset) ;
- **Sorting** (S0, coefficient de classement en unités \emptyset) ;
- **Skewness** (Sk, coefficient d'asymétrie en unités \emptyset) ;
- **Médiane** (Md, percentile 50, soit la taille des particules pour une masse cumulée égale à 50 % de la masse totale de l'échantillon) ;
- **Grain moyen** (Gm, grain moyen en mm).

Tableau 1. Classification sédimentologique utilisée dans la zone d'étude et photos d'échantillons secs.

Classe	Code	Critère	Légende	Exemple de photo
Sables et vases	SV	$S+SF > C+G$ et $5 < V < 20\%$ et $S > SF$		
Sables	S	$50 < S < 100\%$ et $C+G < 35\%$ et $V < 5\%$		
Sables et graviers	SG	$50 < S < 65\%$ et $C+G > 35\%$ et $G > C$ et $V < 5\%$		
Sables et cailloutis	SC	$50 < S < 65\%$ et $C+G > 35\%$ et $C > G$ et $V < 5\%$		
Graviers et sables	GS	$50 < G < 65\%$ et $S+SF > 35\%$ et $V < 5\%$		
Graviers	G	$50 < G < 100\%$ et $S+SF < 35\%$ et $C < 15\%$ et $V < 5\%$		
Graviers et cailloutis	GC	$50 < G < 65\%$ et $S+SF < 35\%$ et $C > 15\%$ et $V < 5\%$		

3.4 Résultats

Sur les 54 stations sédimentaires du levé S202501700, 46 ont permis de récupérer des échantillons exploitables pour les analyses sédimentologiques. L'absence de prélèvement sur les huit stations restantes est probablement liée à des conditions de fond défavorables (irrégularité, induration ou présence de blocs rocheux).

Les analyses des prélèvements sédimentaires ont permis de déterminer les propriétés sédimentologiques et la classification sédimentaire des échantillons. Une partie des résultats de ces analyses sont partiellement présentés dans le **Tableau 2** et en intégralité dans le rapport T4.S3_RAP (Shom a., 2026). Le **Tableau 2** présente, pour des échantillons types, leur classification sédimentologique, leur photographie, certaines caractéristiques sédimentologiques (grain moyen, sorting) ainsi que leur granularité (en %).

Tableau 2. Exemples de résultats d'analyse sédimentologique menée sur les échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.

Numéro de l'échantillon	Classification	Grain moyen (mm)	Sorting (Ø)	Photographie échantillon sec	Granularité détaillée
					C gG pG Sg Sm Sf Stf Silt Arg
S202501700_17	SV	0,641	3,068		<p>(C : Cailloutis; gG : gros Graviers; pG : petits Graviers; Sg : Sables grossiers; Sm : Sables moyens; Sf : Sables fins; Stf : Sables très fins; Silt : Silt; Arg : Argiles)</p>
S202501700_42	S	0,810	1,109		
S202501700_33	SG	1,218	1,843		
S202501700_31	SC	1,326	2,616		

Numéro de l'échantillon	Classification	Grain moyen (mm)	Sorting (Ø)	Photographie échantillon sec	Granularité détaillée
					 C : Cailloutis; gG : gros Gravier; pG : petits Gravier; Sg : Sables grossiers; Sm : Sables moyens; Sf : Sables fins; Stf : Sables très fins; Silt : Silt ; Arg : Argillies)
S202501700_27	GS	1,794	1,846		
S202501700_26	G	2,618	1,702		
S202501700_51	GC	3,927	2,023		

Les répartitions spatiales des cinq classes granulométriques au sein de la zone EMR BNO sont présentées en **annexe 14.1**. Les sables et les graviers constituent les classes dominantes, avec des teneurs moyennes respectives de 48 % et 45 % de l'ensemble des échantillons. À l'inverse, les classes les plus fines et les plus grossières sont faiblement représentées. En effet, les sables fins et les cailloutis ne représentent chacun que 3 %, tandis que les vases sont marginales, avec une teneur moyenne de 1 %.

La **Figure 5** présente la répartition géographique des natures sédimentaires des échantillons prélevés dans la zone EMR. Sept classes sédimentaires ont pu être identifiées, correspondant à des mélanges des classes granulométriques. Les classes sables (S), sables et graviers (SG), graviers et sables (GS) et graviers (G) semble être les plus représentées parmi les échantillons analysés (**Figure 5**).

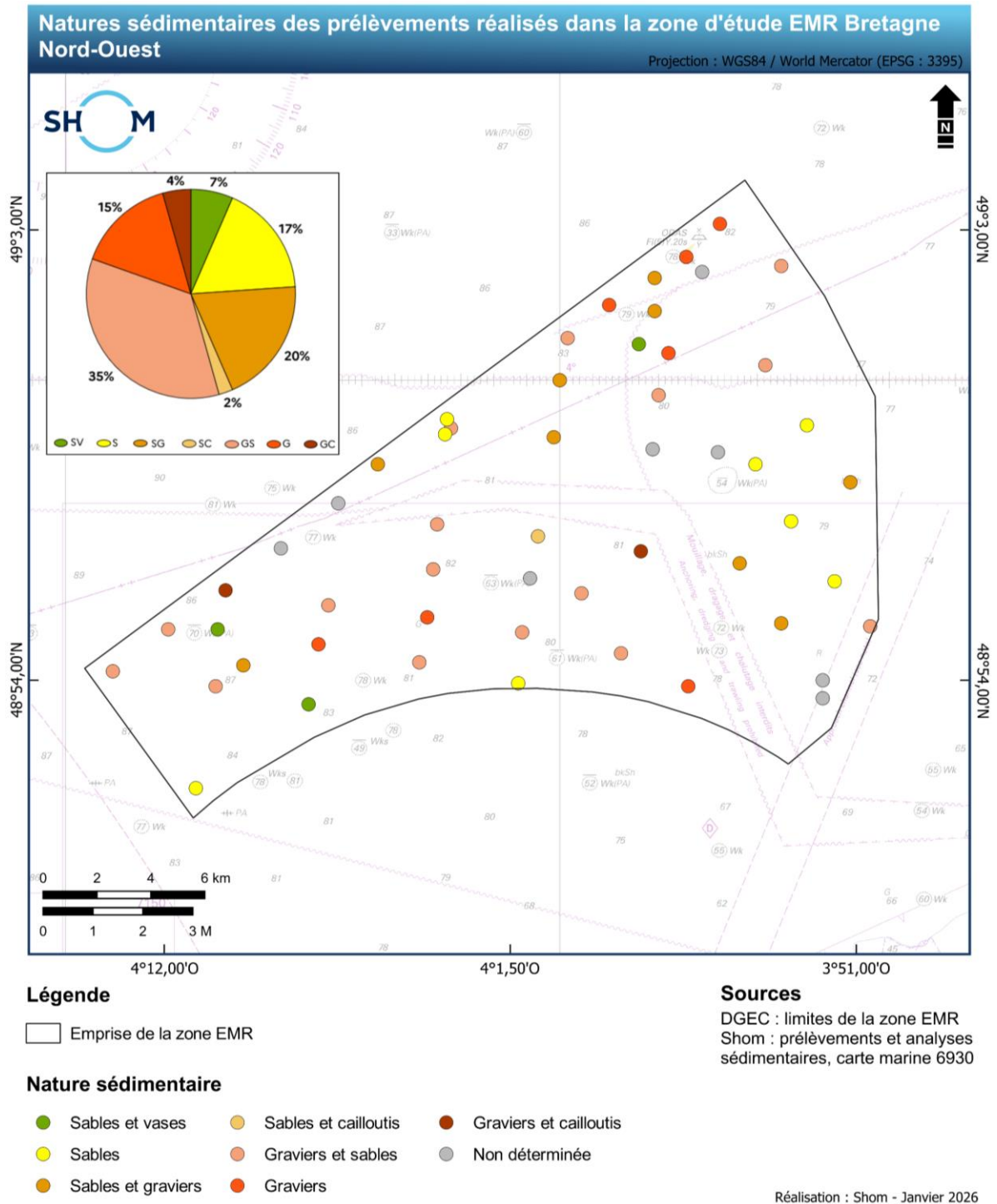


Figure 5. Natures sédimentaires des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO. Le diagramme circulaire présente la répartition des faciès sédimentaires identifiés à partir des analyses d'échantillons. Les natures sédimentaires « non déterminées », en gris, indiquent la remontée d'une benne vide.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, les échantillons présentent un diamètre de grains compris entre 0,64 mm et 3,93 mm, correspondant respectivement aux sables moyens à grossiers, proches des graviers, selon la classification USCS-ASTM (Schoeneberger *et al.*, 2012). Les plus petites tailles de grains sont associées aux classes sédimentaires des sables et vases (SV), des sables moyens à grossiers (S), des sables et graviers (SG), et des sables et cailloutis (SC) tandis que les diamètres les plus élevés correspondent à des graviers et sables (GS), à des graviers (G) et à des graviers et cailloutis (GC) (Tableau 4 ; Figure 6).

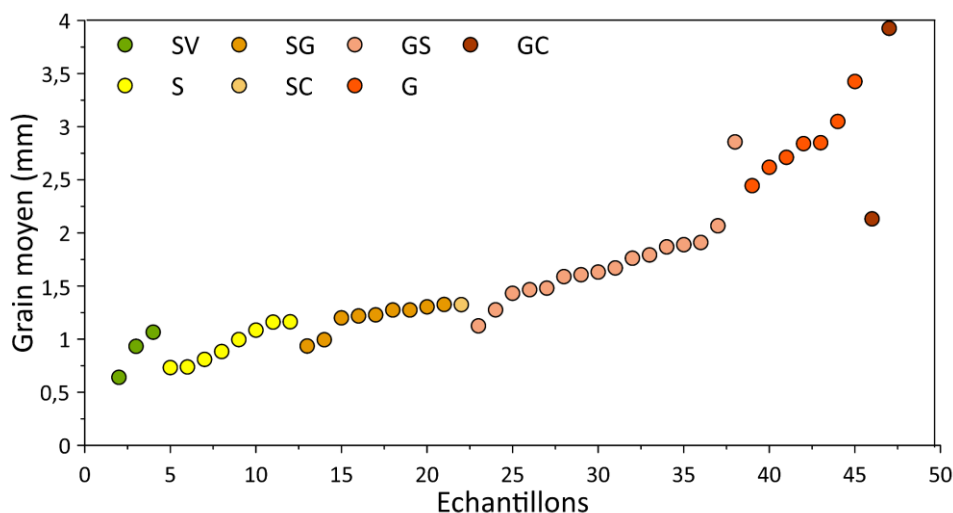


Figure 6. Diamètres moyens des grains mesurés dans les 46 échantillons sédimentaires. Les couleurs indiquent les classes sédimentologiques des échantillons.

La **Figure 7** présente la répartition de la taille moyenne des grains sur l'ensemble des échantillons analysés. Cette répartition suit une loi log-normale, qui implique une asymétrie dans la distribution des données. Cette asymétrie montre un nombre relativement important de valeurs de grain moyen comprises entre 0,8 et 2,0 mm par rapport à la moyenne de 1,6 mm (**Figure 7**). De plus, la distribution des valeurs de grain moyen est bimodale, avec un mode principal centré sur 1,2 mm et un mode secondaire, correspondant aux fractions plus grossières centré sur 2,8 – 3,2 mm. Ainsi, les particules dont les valeurs de grain moyen sont inférieures à 2,0 mm sont plus fréquentes. Il existe une proportion un peu plus importante de particules plus grossières, comprises entre 2,4 et 3,2 mm, mais elle demeure négligeable face à la proportion de particules plus fines. La distribution asymétrique des valeurs de grain moyen indique une hétérogénéité dans les processus de transport ou de dépôt. Cela peut refléter une variabilité des forces hydrodynamiques, avec des événements occasionnels intenses (e.g., des tempêtes) qui transportent les particules les plus grossières ou des phénomènes de transport plus anciens ayant amené des sédiments grossiers (e.g., charriage glaciaire).

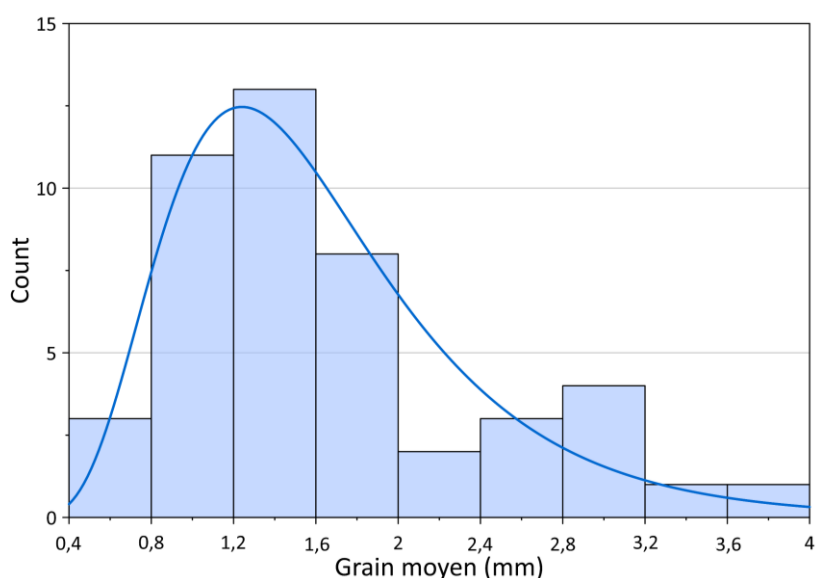


Figure 7. Répartition de la taille moyenne des grains mesurée dans les 46 échantillons sédimentaires. Cette caractéristique sédimentologique suit une loi log-normale (courbe bleue).

Les valeurs de sorting mesurées dans les échantillons sédimentaires sont représentées dans la **Figure 8**. Ces valeurs sont des indices du classement, *i.e.* du tri des grains. Plus sa valeur est importante plus le classement de l'échantillon sera hétérogène et inversement lorsque sa

valeur tend vers 1 (**Tableau 3** ; Fournier et al., 2012). Les mesures réalisées sur les échantillons indiquent globalement un triage modéré. En effet, seuls 3 échantillons sont très bien classés et un échantillon bien classé, tandis que 3 sont assez bien classés, 26 moyennement classés, 11 mal classés et 2 très mal classés (**Figure 8** et **Tableau 3**).

Parmi les classes sédimentaires identifiées sur la zone EMR, les sables sont assez bien classés avec un sorting moyen d'environ 1,3. Les classes des sables et graviers et des graviers sont moyennement classés avec un sorting moyen de 1,7 chacun. Les classes sédimentaires les plus mal classées sont les sables et vases, les sables et cailloutis et les graviers et cailloutis avec un sorting moyen respectif d'environ 2,7, 2,6 et 2,2 (**Tableau 4**).

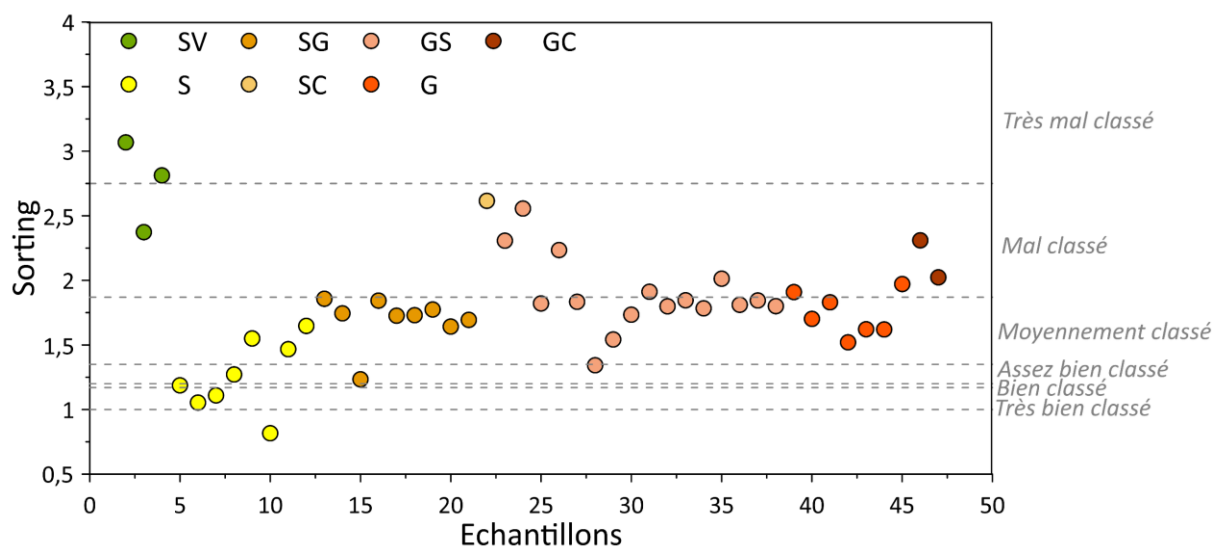


Figure 8. Sorting mesurés dans les 46 échantillons sédimentaires. Les couleurs indiquent les classes sédimentologiques des échantillons. Les limites des classes de triage correspondent aux limites définies dans le **Tableau 3**.

Tableau 3. Classement du tri des échantillon d'après Fournier et al. (2012).

	Très bien classé $1,00 < So < 1,17$	Bien classé $1,17 < So < 1,20$	Assez bien classé $1,20 < So < 1,35$	Moyennement classé $1,35 < So < 1,87$	Mal classé $1,87 < So < 2,75$	Très mal classé $So > 2,75$
Nombre d'échantillons	3	1	3	26	11	2

Les valeurs de tri mesurées suivent une loi normale, centrée sur une valeur moyenne égale à 1,8 (**Figure 9**). Cette distribution gaussienne suggère une certaine homogénéité et un équilibre dans les processus sédimentaires. De plus, les valeurs modérées observées indiquent un environnement de dépôt relativement énergétique, caractérisé par une efficacité de tri moyenne. Cela reflète également une distance de transport intermédiaire : en effet, plus un sédiment est transporté sur une longue distance, plus le tri granulométrique tend à s'accroître, les grains de tailles différentes étant progressivement séparés (Fournier et al., 2012 ; Inigo Valan et al., 2025).

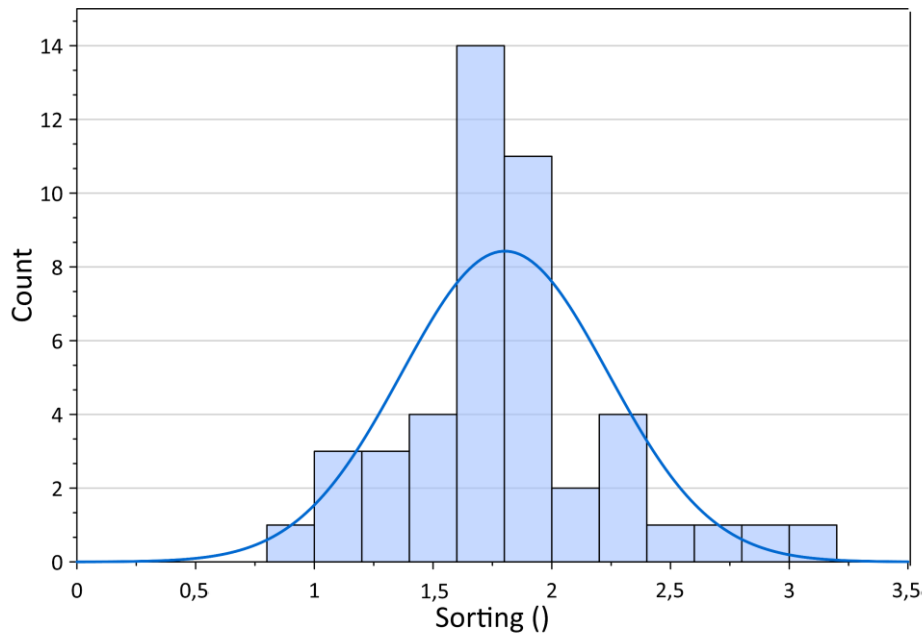


Figure 9. Répartition du sorting mesuré dans les 46 échantillons sédimentaires. Cette caractéristique sédimentologique suit une loi normale (courbe bleue).

Enfin, l'analyse granulométrique montre que les échantillons les moins bien triés tels que l'échantillon n°17 ($S_0 = 3,07$) ont une distribution granulométrique bimodale marquée (**Figure 10**), alors que ceux qui sont bien classés tels que l'échantillon n°28 ($S_0 = 1,05$) ont une distribution granulométrique à tendance unimodale (**Figure 10**).

Les courbes cumulées des échantillons (courbes rouges dans la **Figure 10**) traduisent également la qualité du classement du tri. En effet, pour un échantillon mal trié tel que l'échantillon n°17, la courbe cumulée est étalée et présente plusieurs ruptures de pentes. À l'opposé, pour un échantillon très bien trié, comme l'échantillon n° 18, la courbe cumulée est raide et ne montre pas plusieurs ruptures de pentes (**Figure 10**).

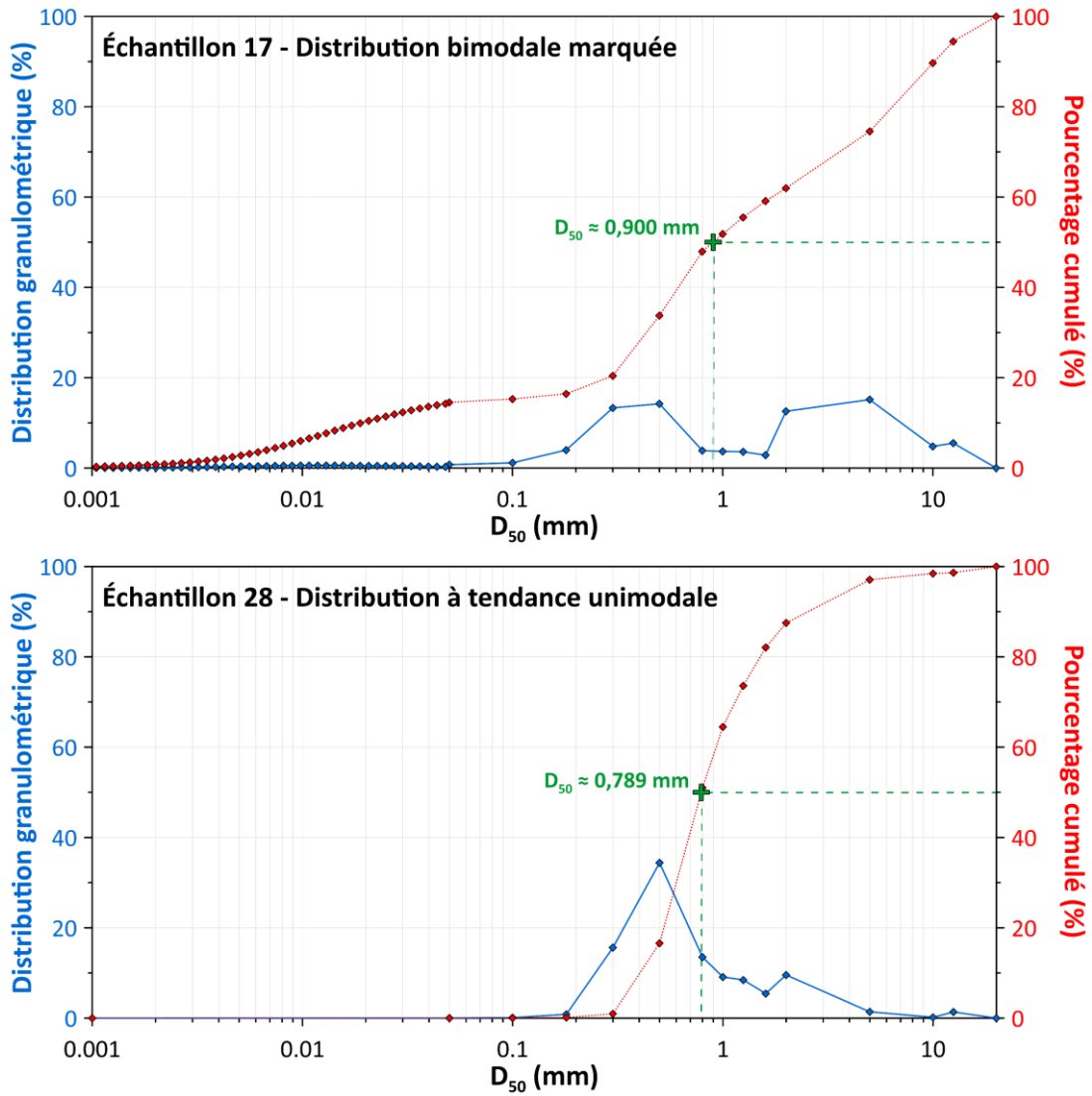


Figure 10. Haut : distribution bimodale des grains dans l'échantillons 17, très mal classé ; Bas : distribution unimodale des grains dans l'échantillons 28, très bien classé.

3.5 Synthèse

Les analyses sédimentologiques des 46 échantillons sédimentaires ont permis d'identifier :

- sept classes sédimentaires comprises entre les sables et vases et les graviers et cailloutis.
- la prédominance des sables et des graviers qui sont plus ou moins mélangés ;
- la faible présence des vases, des sables fins et des cailloutis ;
- un grain moyen compris entre 0,6 mm et 3,9 mm traduisant une granularité grossière et hétérogène ;
- un triage modéré des grains sédimentaires.

Le **Tableau 4** synthétise une partie des résultats des analyses sédimentologiques menées sur les échantillons issus du levé S202501700.

Tableau 4. Nombre d'échantillons, proportion, valeurs moyennes du grain moyen et coefficient de tri pour chaque classe sédimentaire identifiées.

Classe sédimentaire	Nombre d'échantillons	Proportion (%)	Valeur moyenne du grain moyen (mm)	Valeur moyenne du coefficient de tri ou sorting
SV	3	7	0,9	2,7
S	8	17	0,9	1,3
SG	9	20	1,2	1,7
SC	1	2	1,3	2,6
GS	16	35	1,7	1,9
G	7	15	2,8	1,7
GC	2	4	3,0	2,2

Les résultats des analyses granulométriques suggèrent un contrôle de la sédimentation par un hydrodynamisme fort et homogène à l'échelle de la zone d'étude. De plus, des variations ponctuelles de l'intensité hydrodynamique, liées à des événements extrêmes tels que des tempêtes, peuvent localement remobiliser les fractions les plus grossières des sédiments et générer des mélanges de classes granulométriques. Par ailleurs, la présence de ces fractions grossières pourrait également résulter d'une sédimentation ancienne, associée à des conditions de bas niveau marin et de déplacement de la calotte glaciaire lors du dernier maximum glaciaire (Toucanne, 2008).

4. Données d'imagerie acoustique

Les données d'imagerie acoustique (**Figure 11**), acquises lors du levé S202501700, couvrent l'intégralité de la zone d'étude. L'intensité du signal acoustique réfléchi par le fond présente une valeur moyenne d'environ -20,5 dB. L'ensemble de la zone EMR révèle des contrastes d'intensité acoustique relativement faibles (**Figure 11**). Cependant, au nord et au sud-est de la zone EMR, les contrastes d'intensité acoustique sont plus marqués et révèlent la présence de structures sédimentaires orientées nord-ouest – sud-est (**Figure 11 a. et b.**).

Ces données ont servi à l'élaboration du plan d'échantillonnage (**Figure 4**), permettant de calibrer les différentes nuances de gris avec la composition sédimentaire du fond et ainsi d'élaborer la carte de nature de fond présentée en **partie 7**.

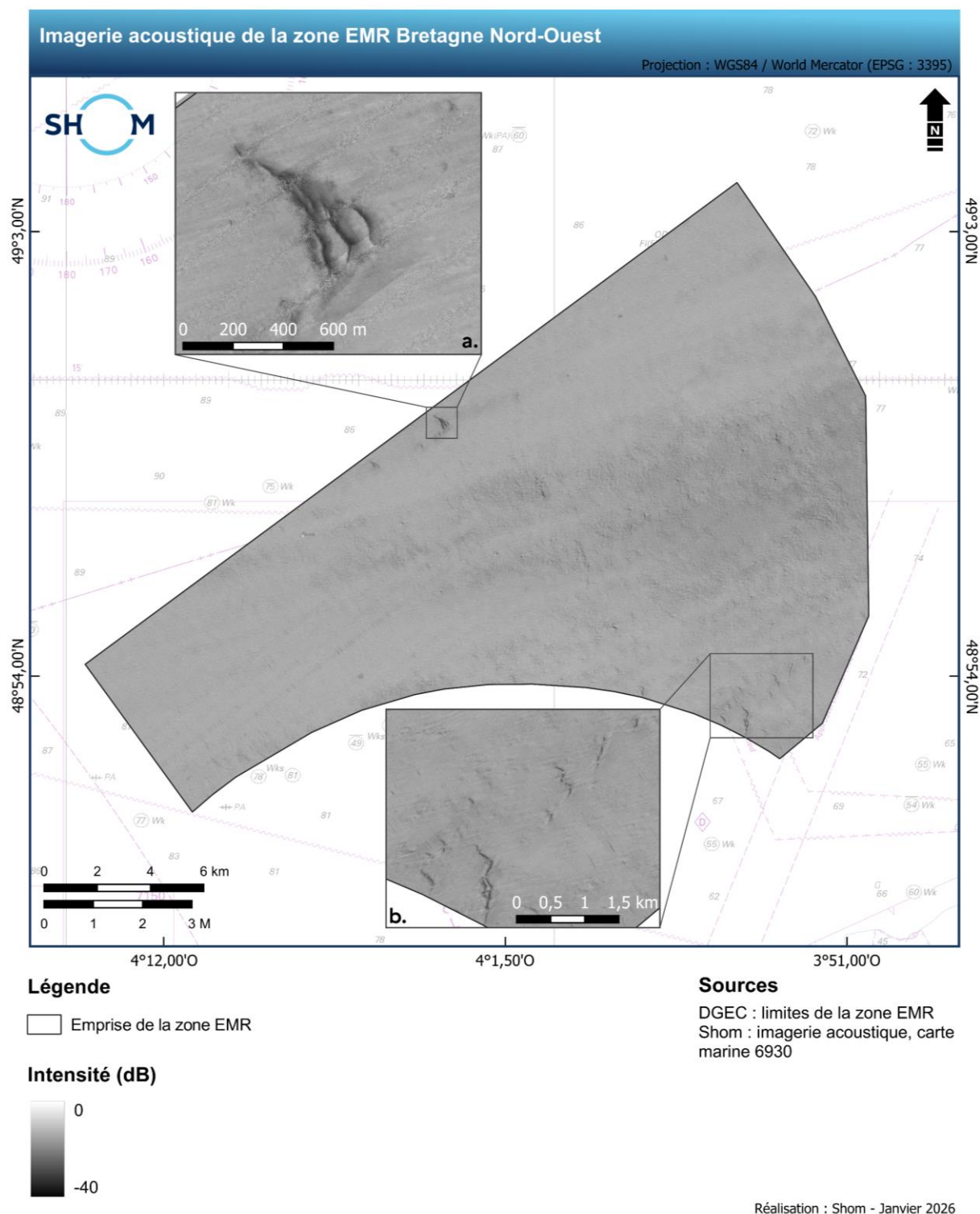


Figure 11. Carte de l'imagerie acoustique de la zone EMR BNO.

5. Données d'imagerie au sonar à balayage latéral

Les données acquises par le sonar à balayage latéral sont présentées dans la **Figure 12**. Elles ne couvrent que partiellement la zone EMR en raison de dysfonctionnements lors des levés et de la complexité de la mise en œuvre, notamment lors des périodes de forte activité de pêche sur la zone (GHOA, 2025). Les données récupérées sont de bonne qualité et exploitables. La réflexion du signal révèle des structures sédimentaires (dunes) à l'extrémité ouest de la mosaïque d'imagerie acquise au sonar (**Figure 12 a.**). Sur le reste de la mosaïque d'imagerie, les données de réflectivité indiquent une nature sédimentaire spatialement homogène (**Figure 12**).

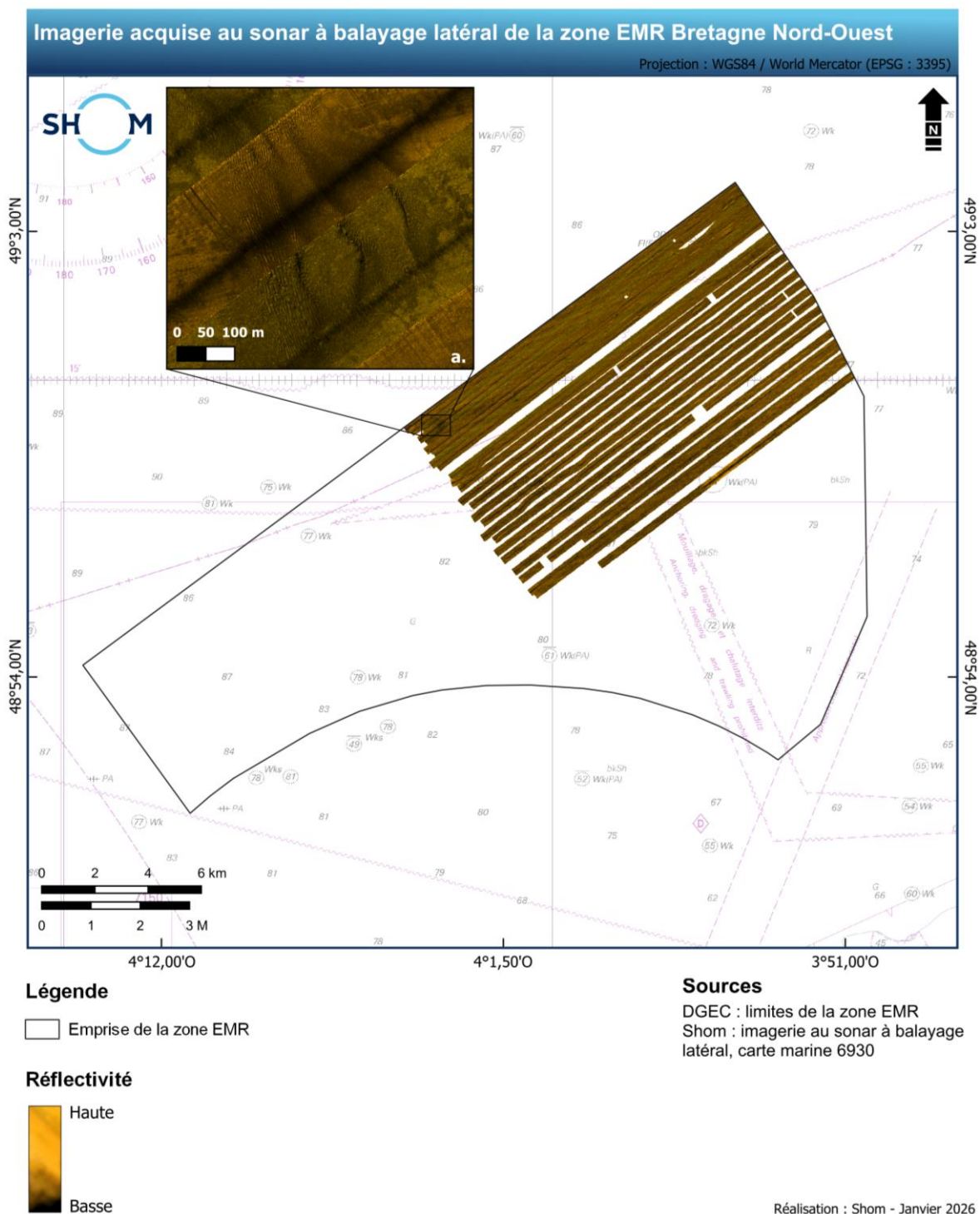


Figure 12. Carte de l'imagerie acquise au sonar à balayage latéral dans la zone EMR BNO.

6. Données bathymétriques

6.1 Acquisition au sondeur multifaisceaux

Les levés bathymétriques ont pour objectif de produire un Modèle Numérique de Terrain (MNT) à très haute résolution (2 m), en appliquant les corrections nécessaires (marée, tirant d'eau, attitude, cap, célérité, et paramètres d'installation) et après un traitement des données acquises lors du levé S20251700 (GHOA, 2025) (**Figure 13**).

Les profondeurs du fond sont comprises entre 74 m et 91 m. Les profondeurs les plus faibles sont observées à l'est de la zone d'étude et les plus élevées à l'ouest (**Figure 13**). Plusieurs structures sédimentaires sont observées au nord et au sud-est de la zone EMR, constituant des reliefs positifs (**Figure 13 a. et b.**). Les natures de ces structures sont abordées dans la **partie 10**. La morphologie du fond marin suggère un substratum rocheux peu profond, affleurant même par endroits (**Figure 13 c. et d.**).

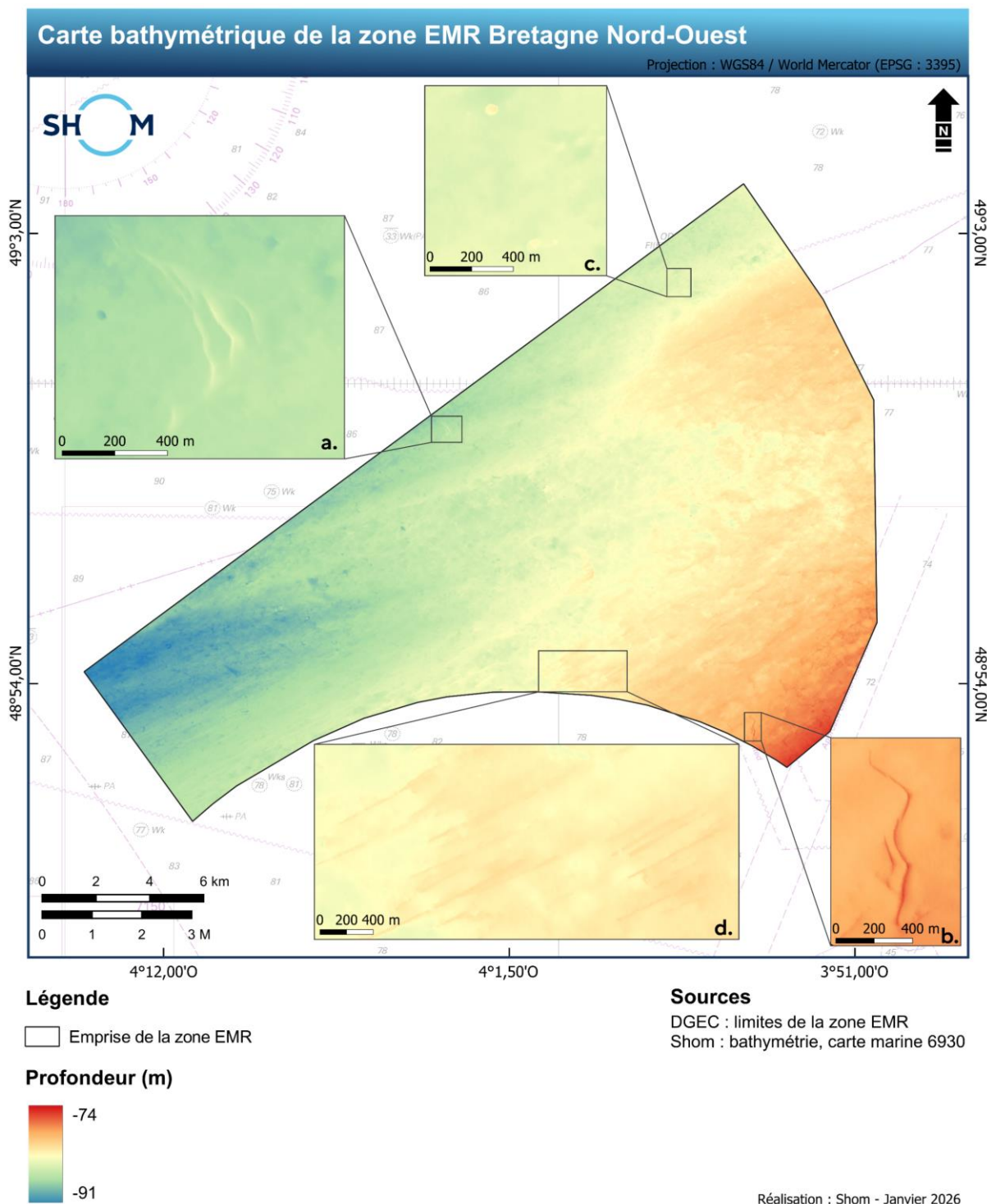


Figure 13. Carte bathymétrique de la zone EMR BNO.

6.2 Carte des pentes

À partir du MNT précédent, une carte des pentes exprimées en degrés a été générée (Figure 14). Elle met en évidence les contours des structures rocheuses et sédimentaires présentes sur le fond marin, dont l'analyse détaillée est présentée en **Partie 10**. En dehors de ces structures, l'ensemble de la zone EMR se caractérise par des pentes très faibles, comprises en moyenne entre 0 et 1°.

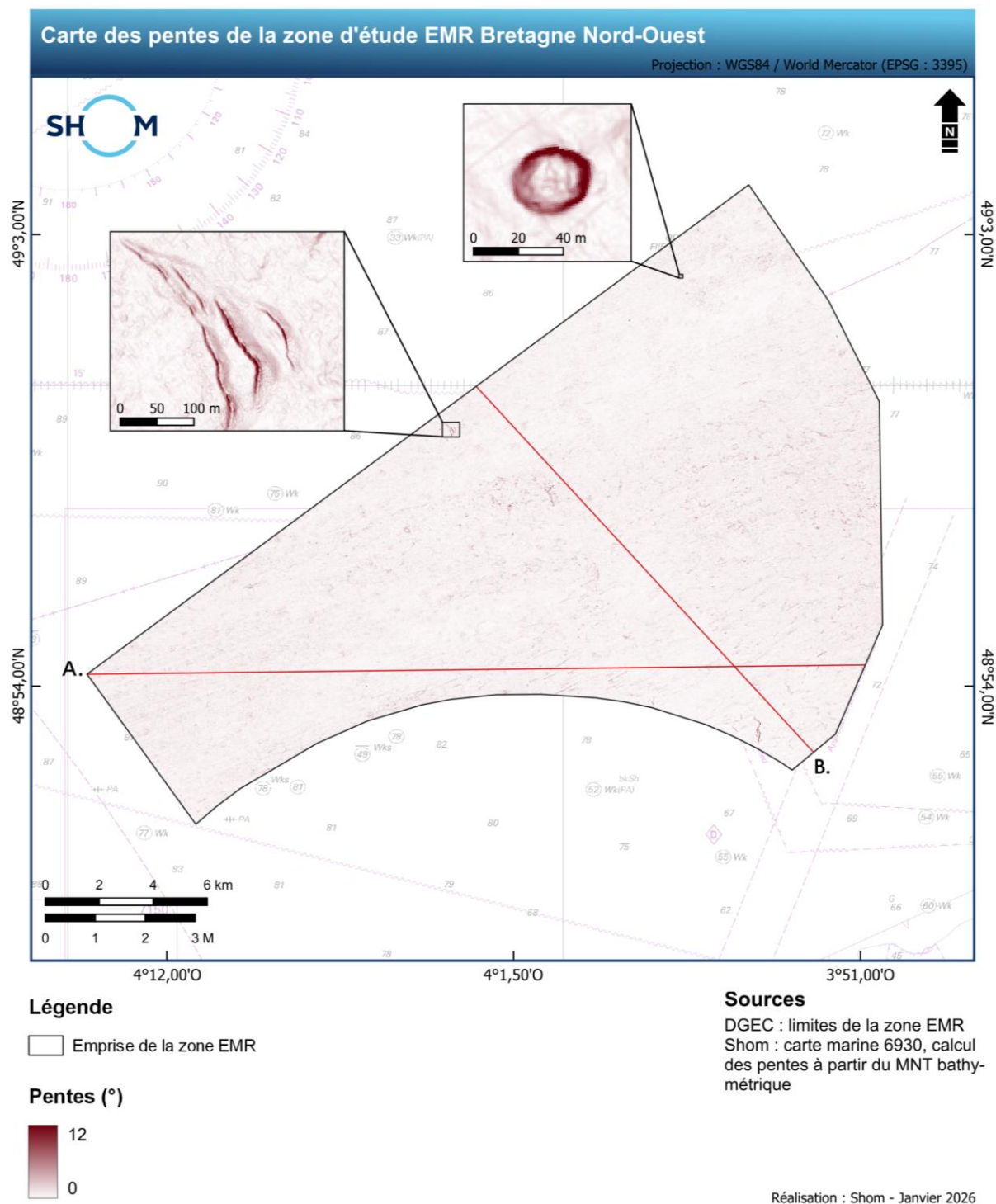


Figure 14. Carte des pentes de la zone EMR BNO. Les lignes rouges correspondent aux profils présentés dans la **Figure 15**.

Les profils illustrés dans la **Figure 15** sont localisés sur la carte de la **Figure 14**. Les profils bathymétriques A et B mettent en évidence une augmentation progressive de la profondeur selon un axe est-ouest avec un gradient de pente moyen proche de zéro. Ainsi, la morphologie générale correspond à une bathymétrie générale relativement plane (**Figure 15 A. et B.**), mais localement caractérisée par des reliefs escarpés de très faible longueur d'onde. La pente moyenne mesurée sur l'ensemble des profils est de l'ordre de $0,7^\circ$, bien que certaines zones atteignent très localement des inclinaisons plus marquées au niveau des escarpements rocheux (4° à 7° , **Figure 15 A**) ; identifiables sur les coupes topo-bathymétriques (cf. **partie 10**).

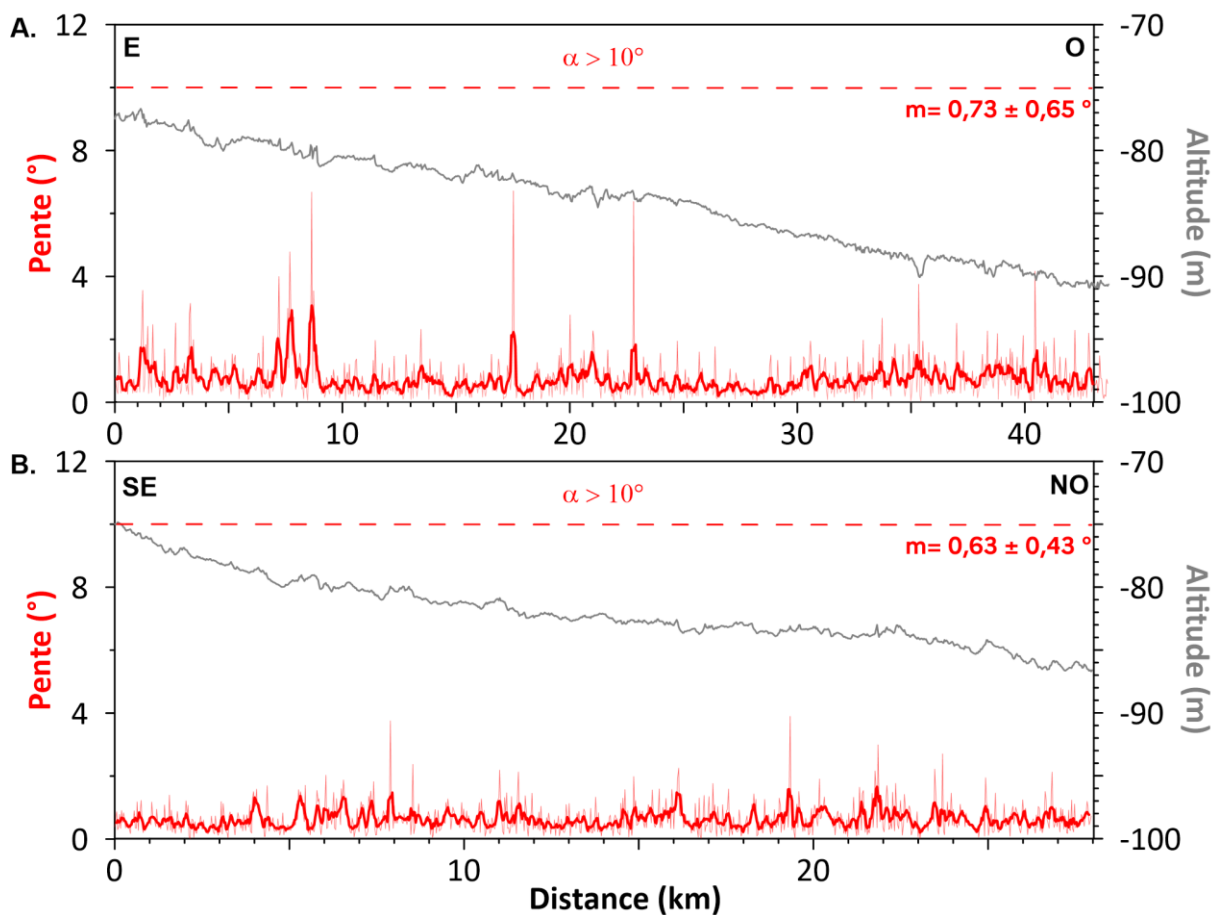


Figure 15. Profils bathymétriques (en gris) et de pente (en rouge) représentatif de la zone EMR BNO (localisation dans la **Figure 14**). La ligne pointillée rouge correspond à l'angle de pente critique de 10° .

7. Cartographie de la nature sédimentaire des fonds

La combinaison et l'interprétation des données acquises lors des levés réalisés en 2025 (bathymétrie, imagerie SMF et SONAL et prélèvements sédimentaires), mettent en évidence les variations spatiales, à haute résolution, des natures sédimentaires. L'ensemble de ces données a permis de confirmer la présence de plusieurs types de faciès sédimentaires dans ce secteur d'étude, du plus fin au plus grossier : sables et vases, sables, sables et graviers, sables et cailloutis, graviers et sables, graviers, graviers et cailloutis. La carte de nature sédimentaire du fond est présentée dans la **Figure 16**. Elle met en évidence une prédominance du faciès graviers et sables (GS). En proportion moindre, les faciès graviers (G), sables et graviers (SG) et sables (S) sont également identifiés. Les sédiments les plus fins, tels que les sables vaseux, sont présents dans des dépressions de petite taille. Les sédiments les plus grossiers, tels que les cailloutis, recouvrent des zones de taille restreinte.

Le substratum rocheux affleure localement sur l'ensemble de la zone EMR. Au sud, ces affleurements rocheux ont des géomorphologies linéaires, orientées nord-est – sud-ouest (**Figure 16** ; voir également **Partie 10.2**).

L'observation de ces sédiments superficiels relativement grossiers suggère que les conditions hydrodynamiques seraient fortes, indiquant un environnement de dépôt énergétique sur l'ensemble de la zone d'étude.

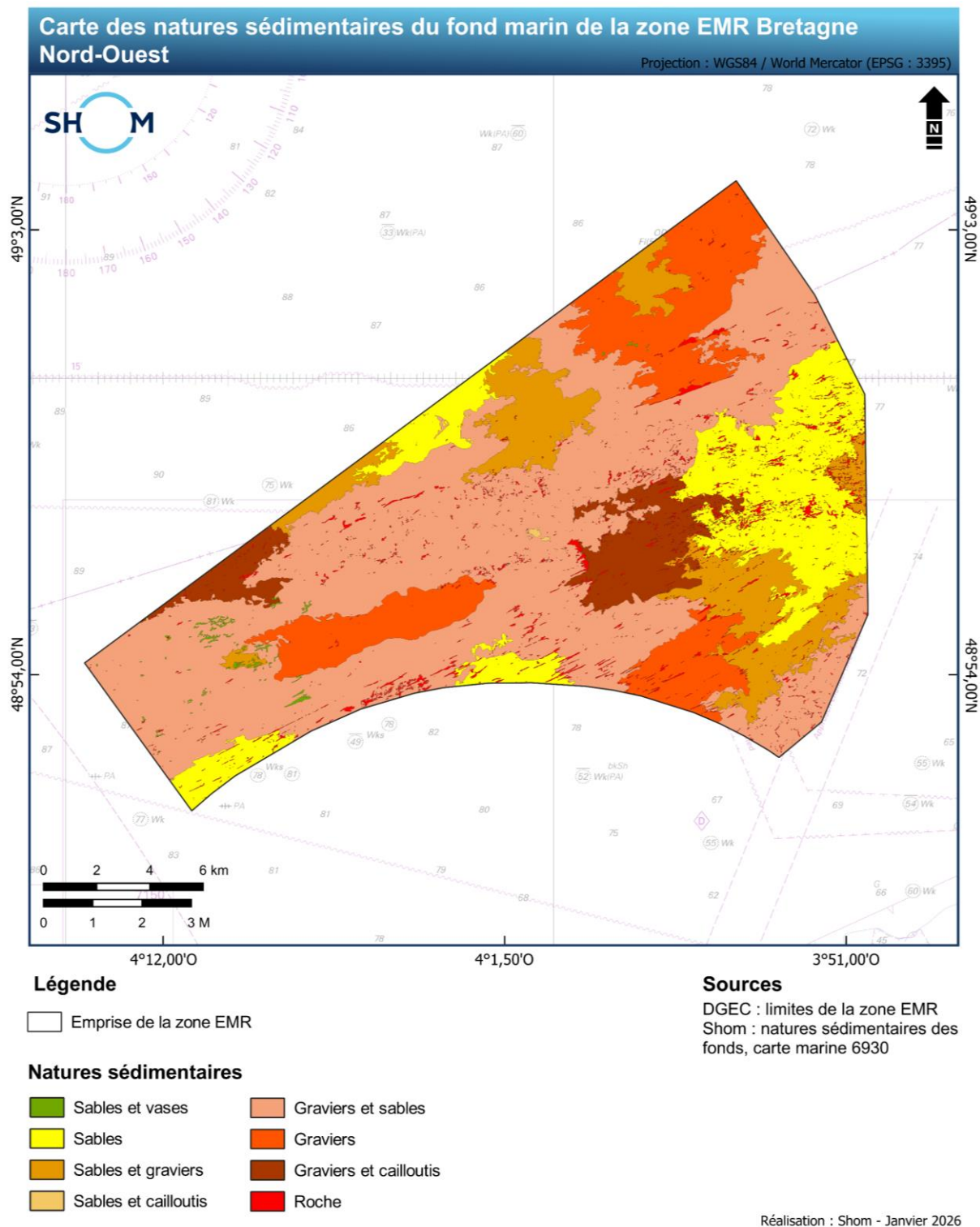


Figure 16. Carte des natures sédimentaires du fond marin de la zone EMR BNO.

7.1 Répartition des faciès sédimentaires

L'analyse de la répartition des différents faciès sédimentaires dans la zone EMR BNO (**Figure 17**) révèle une prédominance du faciès sédimentaire graviers et sables (GS), qui représente 50 % de la surface totale du fond marin. Les faciès sables (S), sables et graviers (SG) et graviers (G) représentent respectivement 15 %, 12 % et 14 % de la surface du fond. Les faciès sables et vases (SV), sables et cailloutis (SC), graviers et cailloutis (GC) et roches (R) sont les moins représentés avec respectivement < 1 % pour SV et SC, 6 % pour GC et 3 % pour les roches.

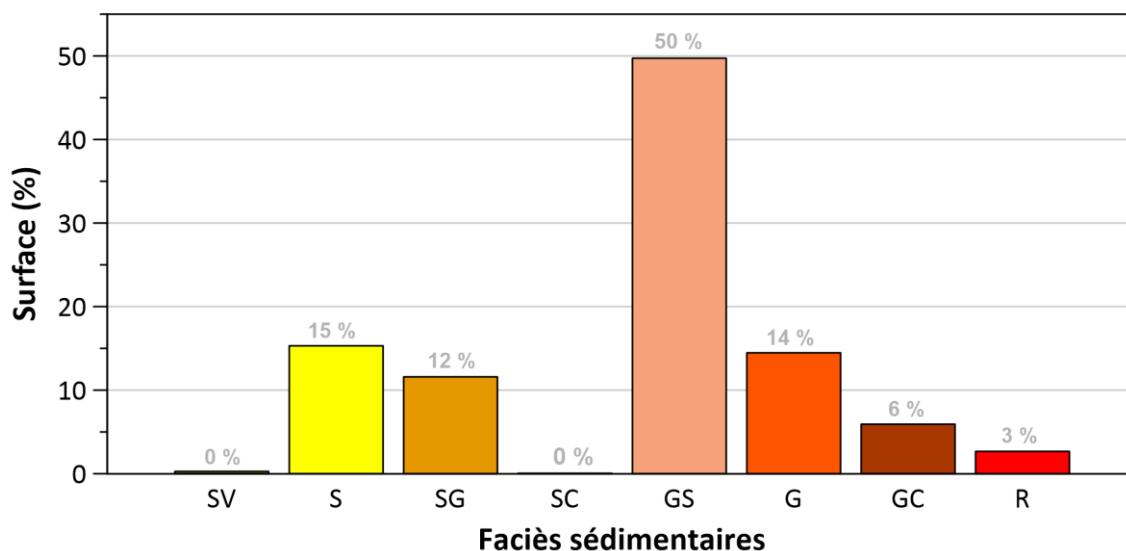


Figure 17. Répartition des faciès sédimentaires de la zone EMR BNO à partir de la carte de nature de fond présentée dans la **Figure 16**. SV : sables et vases, S : sables ; SG : sables et graviers ; SC : sables et cailloutis ; GS : graviers et sables ; G : graviers ; GC : graviers et cailloutis ; R : roches.

La répartition des faciès sédimentaires observée diffère sensiblement de celle figurant sur les cartes précédemment établies. La carte de Delesse (1879) mentionne la prédominance des roches pierreuses diverses sur la zone EMR BNO (**Figure 1**), n'identifiant pas l'omniprésence des sables et des graviers en diverses proportions (S, SG, GS et G), qui représentent plus de 90 % de la surface totale de la zone d'étude (**Figure 16** et **Figure 17**). Enfin, la carte sédimentaire mondiale semble surestimer la présence des cailloutis et des graviers (**Figure 2**).

La divergence observée entre les cartes préexistantes et celle réalisée dans le cadre de cette étude sur la zone EMR BNO s'explique par les différences de méthodes d'acquisition et de cartographie. La carte de Delesse (1879) repose sur des données collectées au plomb suifé, méthode qui récupère du sédiment en quantité limitée, rendant les résultats sur la nature des fonds moins représentatifs que ceux obtenus par des prélèvements à la benne. La carte sédimentaire mondiale, quant à elle, est issue de la synthèse de plusieurs sources à des échelles inférieures ou égale au 1/100 000, couvrant la période 1992-2020. En comparaison, la carte issue du levé S202501700 s'appuie sur l'analyse conjointe du MNT bathymétrique, de l'imagerie acoustique et des échantillons récents collectés en 2025. L'acquisition de ces données à haute résolution (1/10 000) sur la zone EMR permet ainsi une caractérisation plus fine et plus précise de la nature des fonds.

7.2 Synthèse

La caractérisation de la nature du fond marin de la zone EMR BNO a permis d'établir une cartographie très détaillée des différents faciès sédimentaires présents dans la zone d'étude. Cette nouvelle carte met en évidence plusieurs éléments clés :

- le fond marin est principalement constitué d'un mélange de sables et de graviers ;
- la présence de sédiments très fins (vases) et très grossiers (cailloutis) est réduite ;
- de nombreux affleurements rocheux viennent localement poinçonner la couverture de sédiments meubles ;
- les faciès sédimentaires cartographiés suggèrent un environnement de dépôt énergétique accompagné d'un hydrodynamisme important dans la zone EMR ;
- comparée aux cartes anciennes, cette carte de nature de fond présente une résolution plus fine (échelle 1 / 10 000), élaborée à partir de l'analyse du MNT bathymétrique, de l'imagerie acoustique et des prélèvements effectués à la benne, instrument d'échantillonnage plus fiable.

8. Données d'imagerie sismique et calcul des épaisseurs sédimentaires

8.1 Levés sismiques

La sismique réflexion est une méthode géophysique acoustique permettant d'imager la structure du sous-sol marin en analysant les ondes réfléchies par les interfaces géologiques, afin de caractériser l'architecture et l'épaisseur des couches sédimentaires. Le sub-bottom profiler (SBP) est un équipement acoustique haute résolution, dédiée à l'exploration des premiers mètres à dizaines de mètres du sous-sol, particulièrement adaptée à l'étude des couches superficielles et des structures sédimentaires peu profondes.

Le levé sismique S202501700 au SBP, réalisé par le BH2 Borda (**Tableau 5**), a permis de couvrir l'ensemble de la zone d'étude EMR. Les positionnements des 191 profils sismiques sont présentés dans la **Figure 18**. Ces profils sont espacés d'environ 700 m, recoupés par six profils traversiers. Les données sismiques et les méthodes utilisées pour la réalisation de la carte des épaisseurs sédimentaires sont détaillées dans la notice du livrable T4.S6_NUM – Fichiers SBP (Shom b., 2026).

Tableau 5. Levés sismiques acquis dans la zone EMR de BNO.

Porteur	Organisme	Sondeur	Année d'acquisition
Borda	GHOA	iXblue Echoes 3500 T3	2025

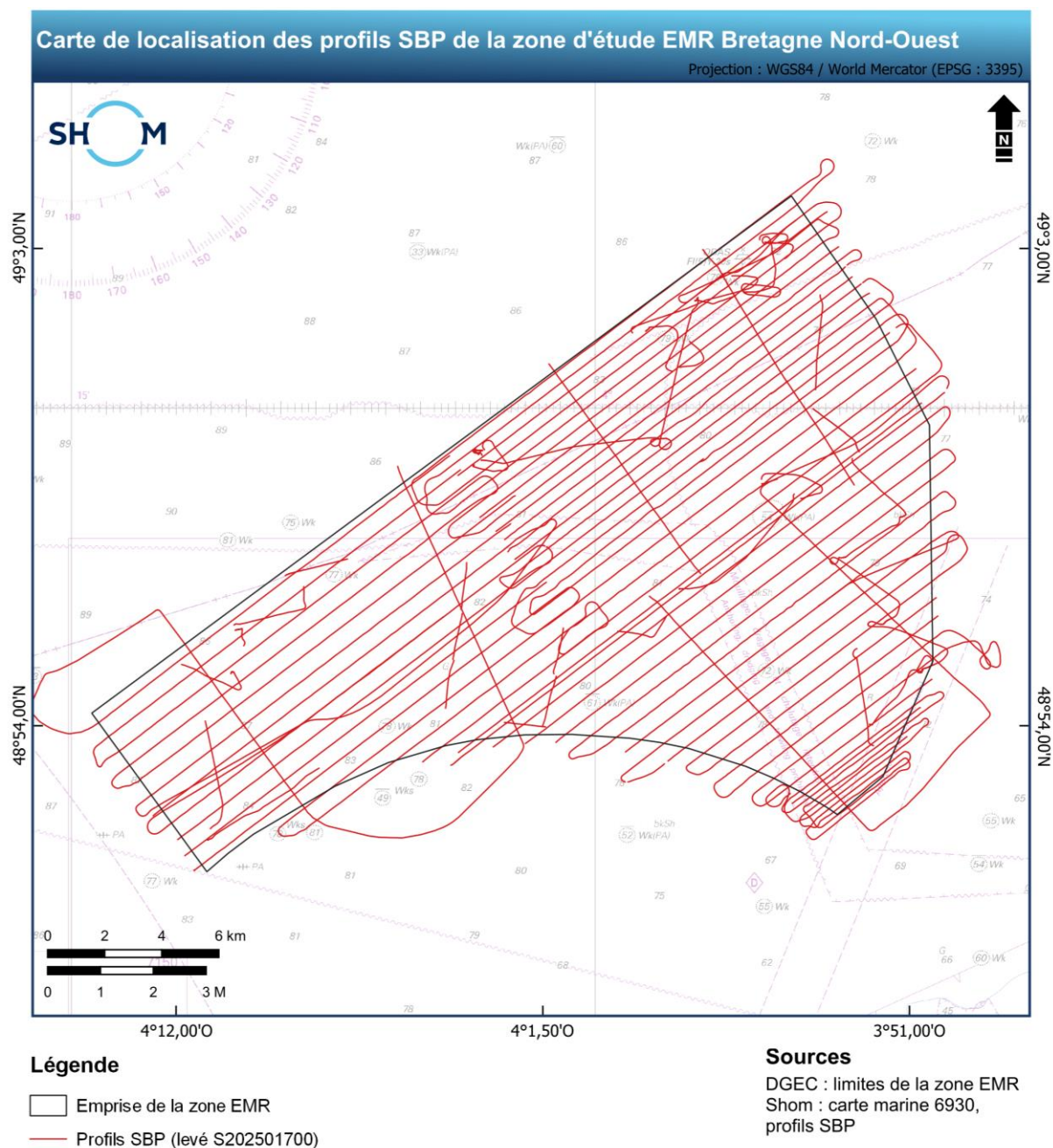


Figure 18. Carte de localisation des profils SBP acquis par le porteur Borda au cours du levé S202501700 dans la zone EMR BNO.

8.2 Célérité et calcul de l'épaisseur sédimentaire

L'échelle verticale des profils sismiques est exprimée en secondes temps double (std) qui correspond au temps que met l'onde acoustique pour réaliser un aller-retour entre la source et la cible. Pour convertir ce temps double en mètres, la relation suivante a été utilisée :

$$h_c = \frac{h_m * c}{2}$$

avec l'épaisseur calculée notée h_c et exprimée en m, h_m la hauteur mesurée exprimée en std et c la célérité des ondes acoustiques exprimée en $m.s^{-1}$.

La hauteur mesurée représente l'intervalle de temps (en std) nécessaire pour parcourir la distance entre le fond marin et le socle rocheux, ou, si le socle rocheux n'a pas été atteint, elle correspond à l'intervalle de temps jusqu'à la limite d'insonification.

La vitesse des ondes acoustiques varie en fonction du milieu qu'elles traversent. En l'absence de données de carottages pour mesurer cette vitesse dans les différentes couches sédimentaires, nous avons considéré une vitesse moyenne de $1500 m.s^{-1}$.

8.3 Interprétation des profils sismiques

L'analyse des profils de sismique réflexion a reposé sur l'identification de l'interface entre les sédiments meubles et le socle rocheux. Elle peut également reposer sur la caractérisation de marqueurs dans les couches sédimentaires. La sismique fournit des éléments quantitatifs et qualitatifs sur les couches sédimentaires du sous-sol. L'analyse des profils sismiques apporte une information sur les caractéristiques des sédiments traversés sans être précise quant à leur nature et permet dans certaines conditions de quantifier l'épaisseur de la couche sédimentaire.

L'analyse des profils sismiques met en évidence une fine couche superficielle de sédiments meubles, limitée à sa base par un réflecteur de faible amplitude qui drape partiellement le substratum rocheux (**Figure 19** à **Figure 21**). L'unité sismique associée se caractérise par un signal acoustique bruité et légèrement plus transparent que celui de l'unité indurée sous-jacente. Ce caractère bruité pourrait refléter l'hétérogénéité interne des sédiments superficiels, possiblement liée à la granularité grossière, qui tend à diffuser le signal acoustique et à réduire sa cohérence (Sheriff & Geldart, 1995). Par ailleurs, l'absence de réflecteur net entre les deux unités suggère un contraste d'impédance acoustique faible, condition essentielle à la génération de réflecteurs bien définis en sismique réflexion (Yilmaz, 2001).

Le profil présenté dans la **Figure 19** a été acquis par le BH2 Borda au sud-ouest de la zone EMR. Il est orienté nord-ouest - sud-est. Son analyse révèle la présence d'un substratum rocheux sub-affleurant, recouvert par une couche de sédiments meubles, dont l'épaisseur est très faible voire nulle, n'atteignant que très localement 1,5 m.

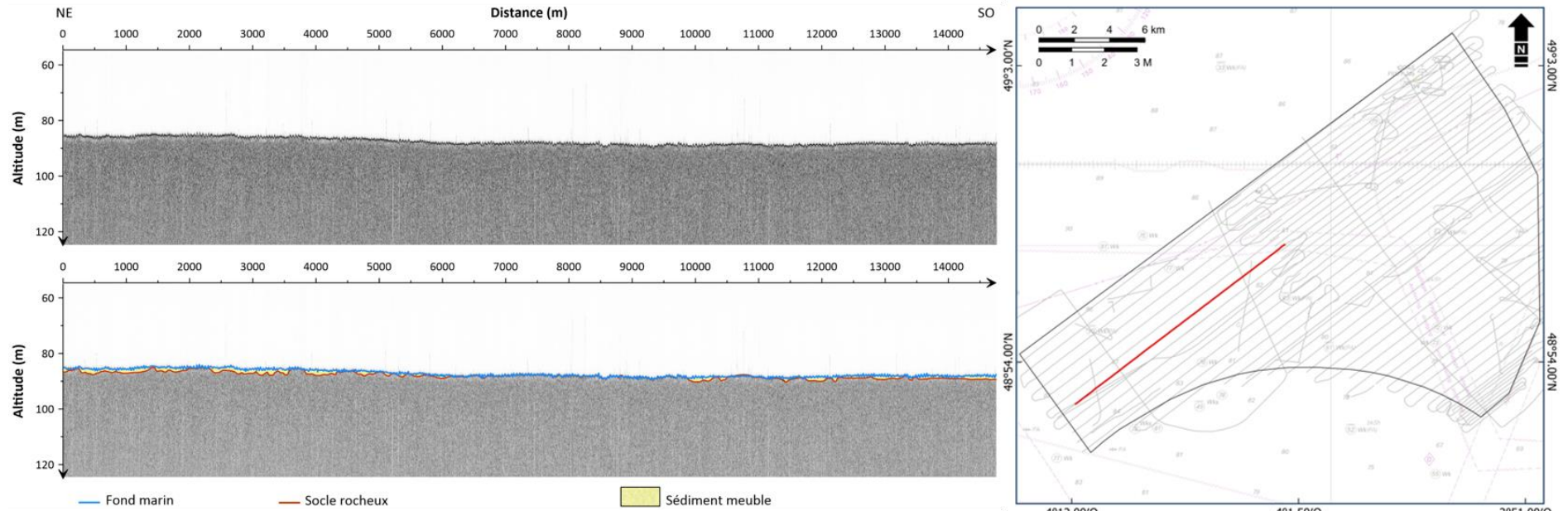


Figure 19. Profil sismique SBP Borda_20250405-090446 non interprété (haut) et interprété (bas), et sa localisation sur la zone d'étude EMR (à droite, en rouge). Les réflecteurs bleu et rouge correspondent respectivement au fond marin et à la limite inférieure sédiments meubles /substratum rocheux.

Le profil présenté dans la **Figure 20** a été acquis par le BH2 Borda dans la partie est de la zone EMR, et présente une orientation sud-ouest - nord-est. De nouveau, il révèle la faible épaisseur des sédiments meubles, au-dessus du substratum rocheux.

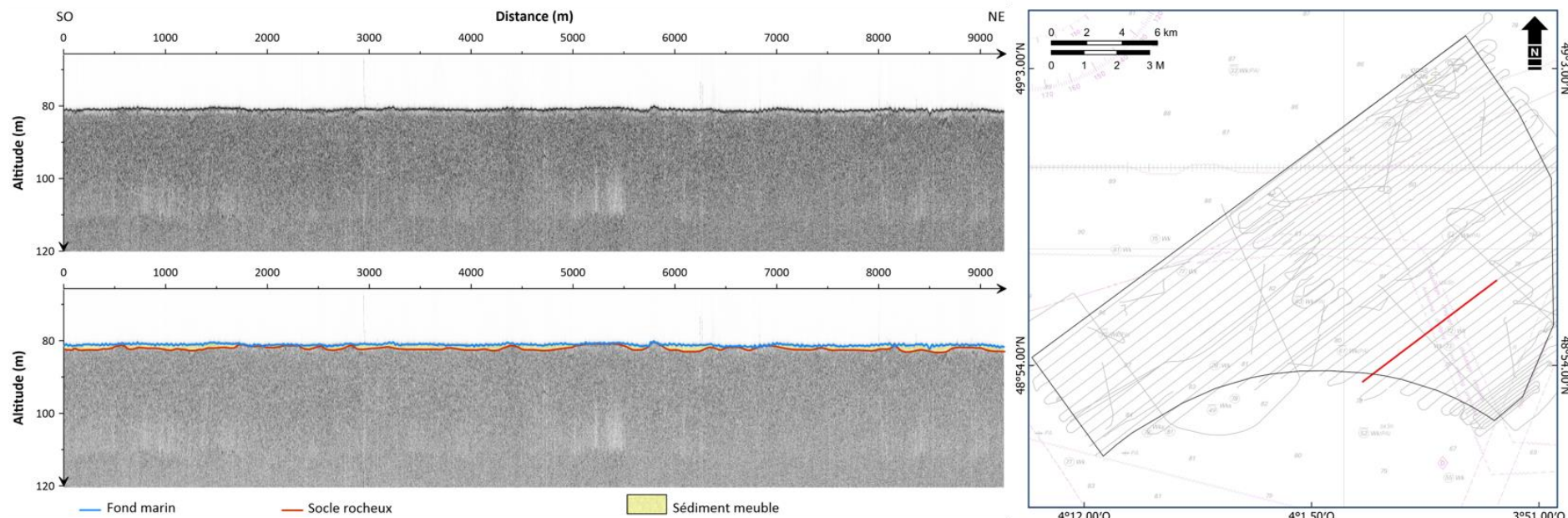


Figure 20. Profil sismique SBP Borda_20250514-130707 non interprété (haut) et interprété (bas), et sa localisation sur la zone d'étude EMR (à droite, en rouge). Les réflecteurs bleu et rouge correspondent respectivement au fond marin et à la limite inférieure sédiment/substratum rocheux.

Le profil présenté dans la **Figure 21** a été acquis par le BH2 Borda au centre de la zone EMR. Il s’agit d’un profil « traversier », orienté nord-ouest – sud-est. Il permet de confirmer que le substratum rocheux est également sub-affleurant dans cette partie de la zone d’étude.

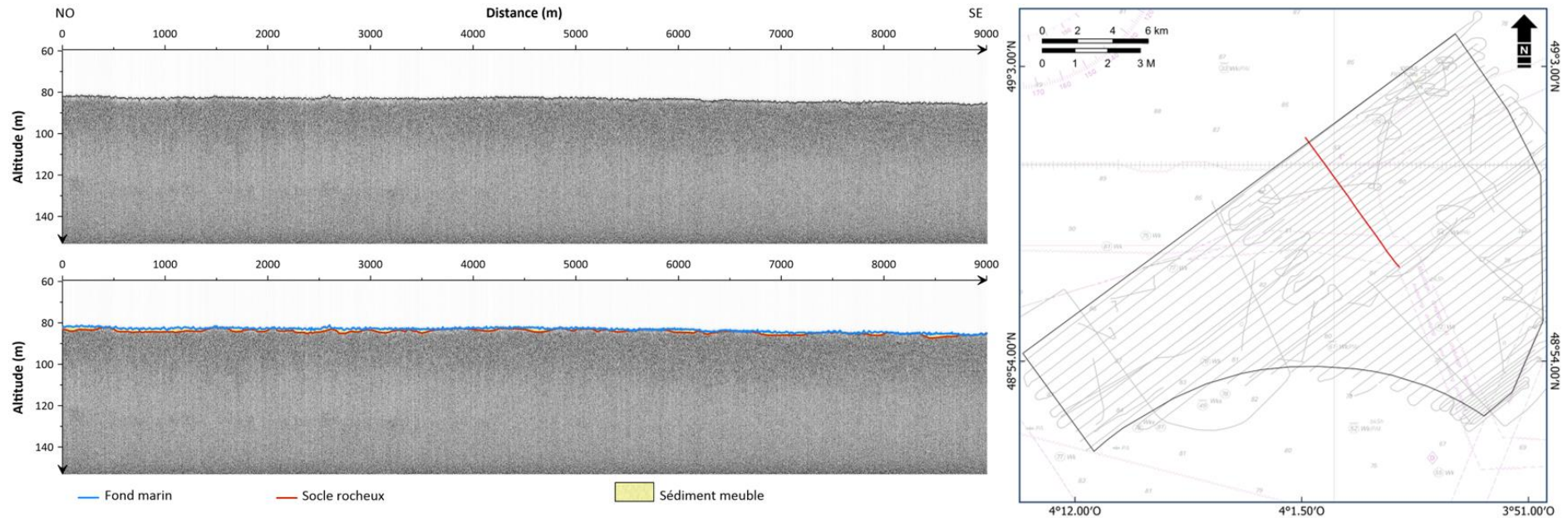


Figure 21. Profil sismique SBP Borda_20250312_133948 non interprété (haut) et interprété (bas), et sa localisation sur la zone d’étude EMR (à droite, en rouge). Les réflecteurs bleu et rouge correspondent respectivement au fond marin et à la limite inférieure sédiment/substratum rocheux.

8.4 Carte d'épaisseur sédimentaire

Grâce à l'analyse et à l'interpolation des profils sismiques réalisés à l'aide du logiciel Delph Interpretation®, une carte d'épaisseur de la couverture sédimentaire a pu être réalisée pour l'intégralité de la zone d'étude telle qu'illustrée dans la **Figure 22**. Cette carte est générée à partir de l'interpolation des épaisseurs pointées dans les profils sismiques. Sa résolution horizontale est de 200 m.

L'épaisseur de la couverture sédimentaire post-tectonique varie de 0 à 3 m dans l'ensemble de la zone d'étude pour une épaisseur moyenne extrêmement faible de l'ordre de $0,5 \text{ m} \pm 0,3 \text{ m}$ (**Figure 22**). La couverture de sédiments meubles recouvre l'ensemble de la zone d'étude de manière homogène laissant affleurer localement le substratum rocheux (**Figure 23**). Les structures sédimentaires meubles correspondent aux épaisseurs les plus importantes, même si leur hauteur n'excède pas 3 m.

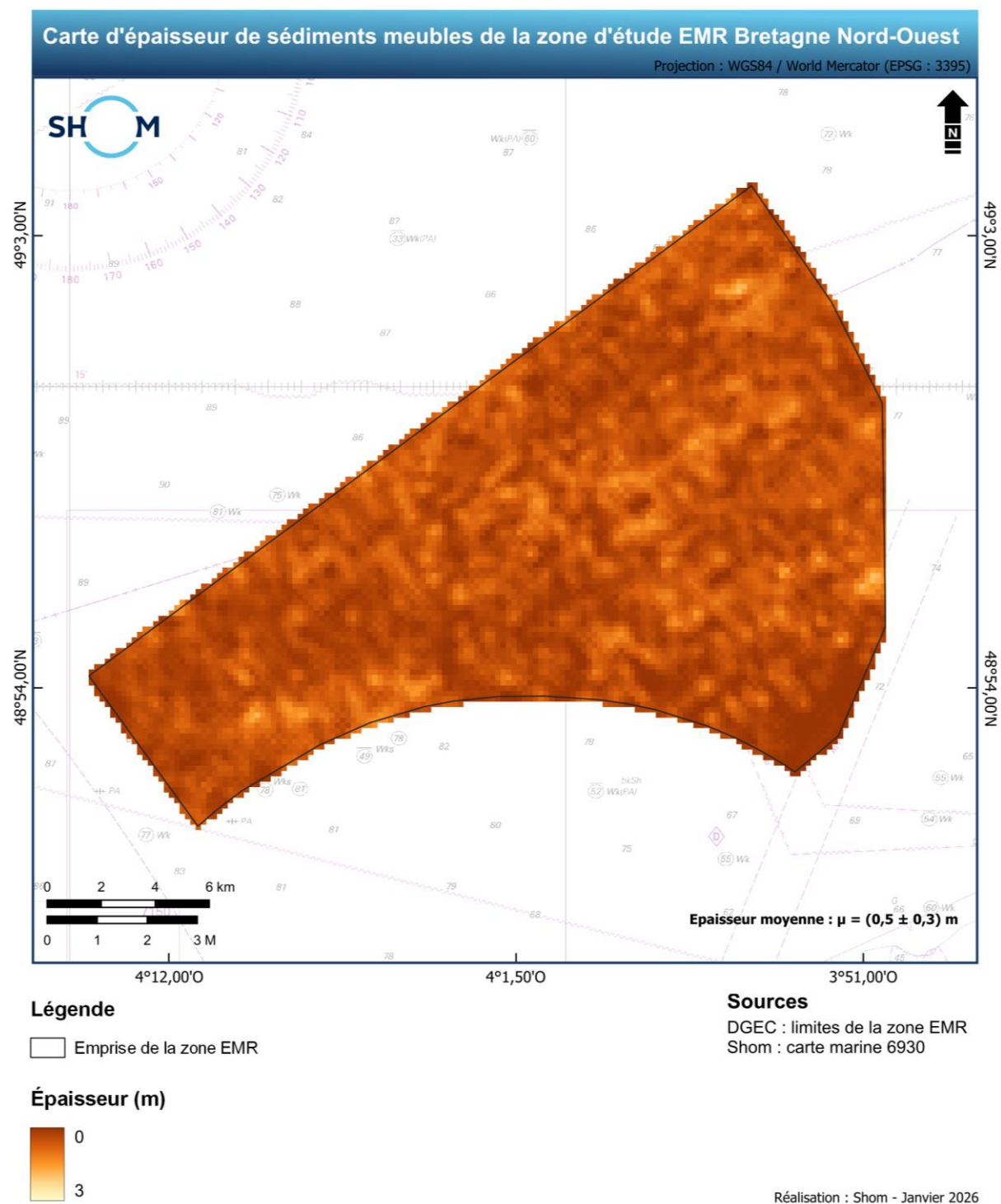


Figure 22. Carte d'épaisseur sédimentaire de la zone EMR Bretagne Nord-Ouest. L'épaisseur en mètres est calculée à partir d'une célérité des ondes acoustique de 1500 m.s⁻¹.

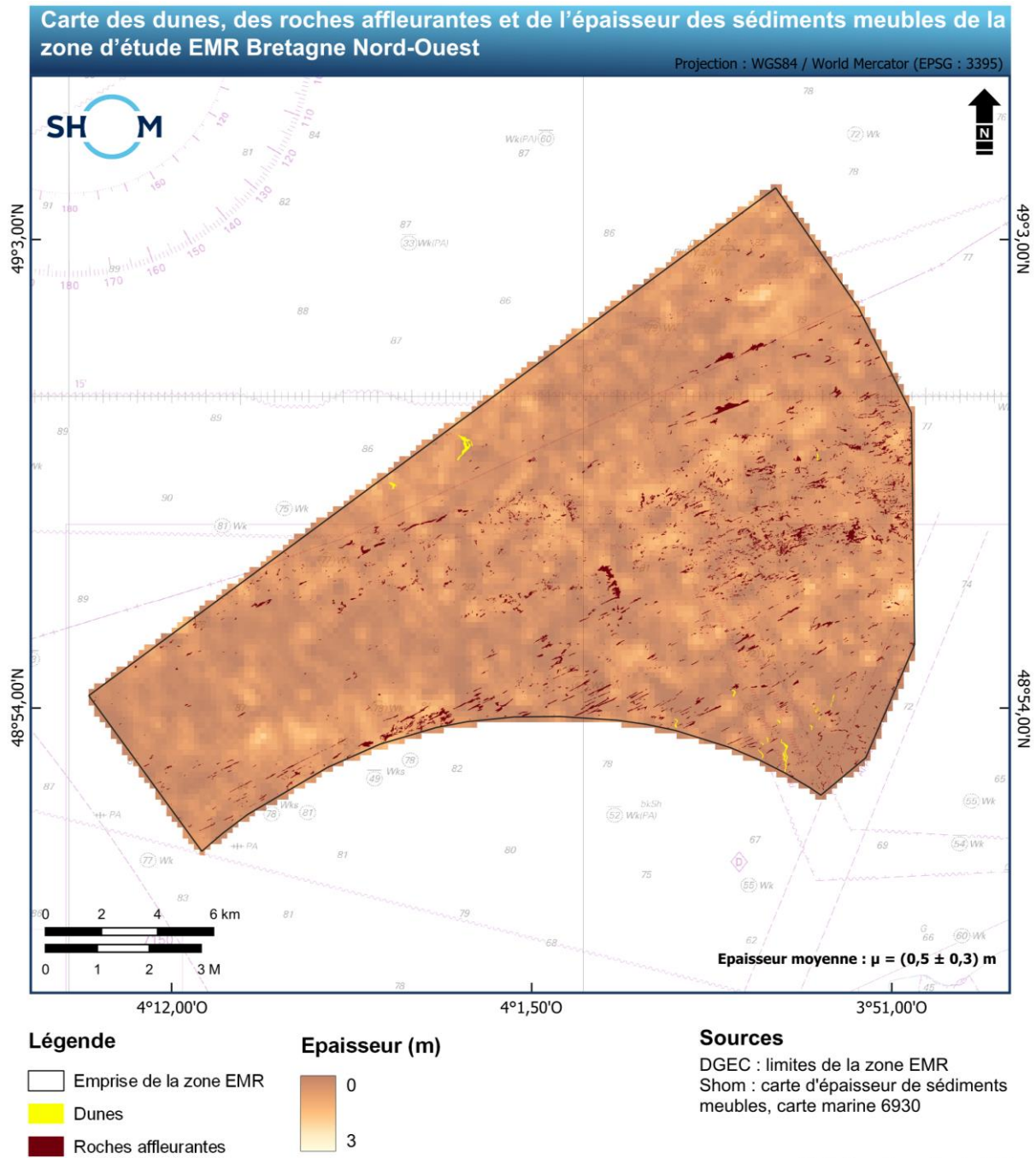


Figure 23. Carte des dunes, des affleurements rocheux et de l'épaisseur de sédiments meubles de la zone EMR Bretagne Nord-Ouest. L'épaisseur en mètres est calculée à partir d'une célérité des ondes acoustique de 1500 m.s⁻¹.

9. Différentiel bathymétrique

Plusieurs levés bathymétriques historiques ont été extraits des bases de données du Shom. Parmi ceux-ci, seuls trois levés réalisés en 1973 par le BH *l'Astrolabe*, couvrent de manière homogène l'ensemble de la zone d'étude avec une résolution spatiale suffisante, caractérisée par un espacement d'environ 200 m entre les points. Ces levés ont ainsi été retenus comme état de référence (cf. **annexe 14.3**). Les variations verticales du fond marin entre 1973 et 2025 sont représentées sous forme cartographique à la **Figure 24**.

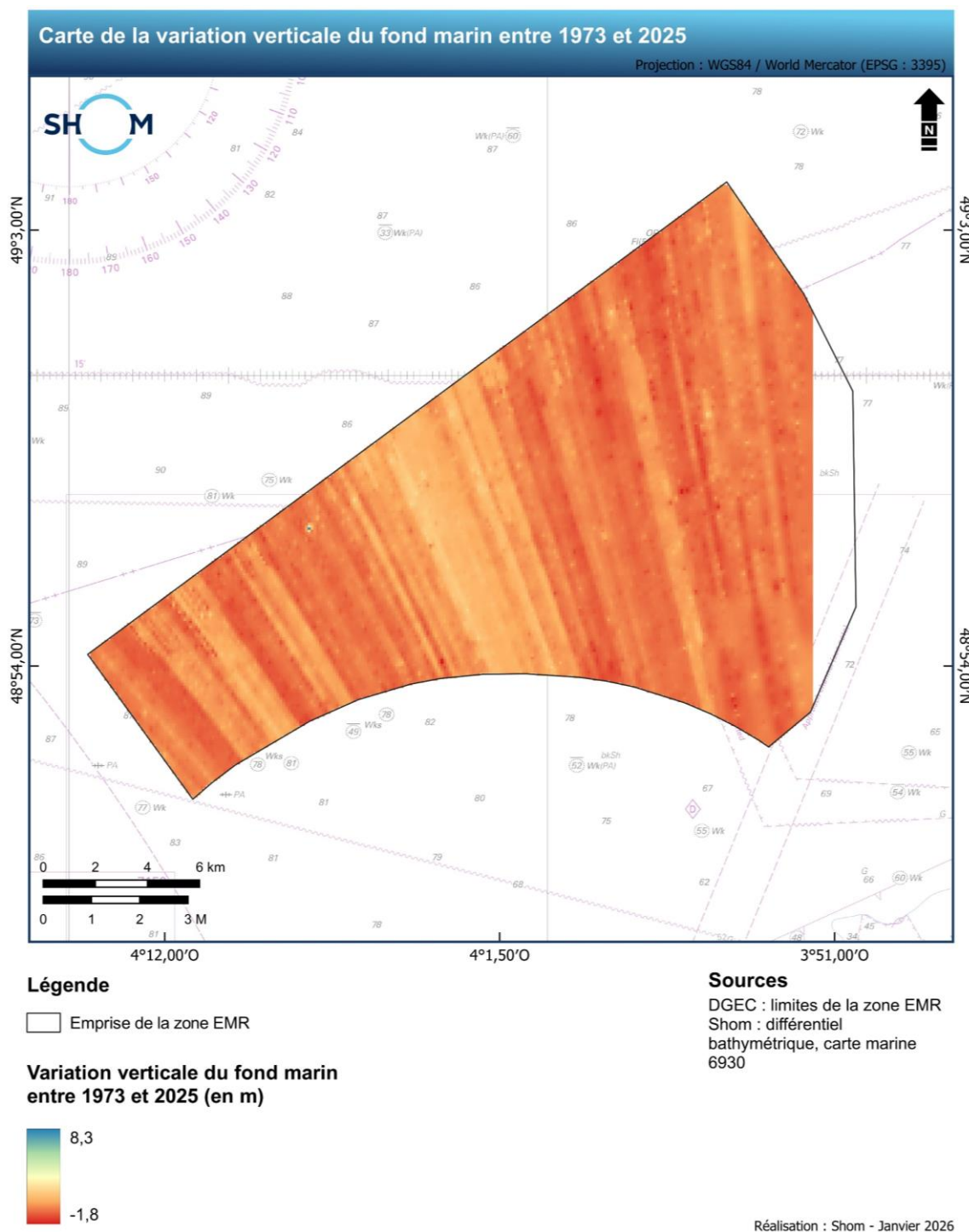


Figure 24. Carte de la variation verticale du fond marin entre 1973 et 2025.

La variation verticale moyenne du fond marin sur l'ensemble de la zone d'étude, sur cette période d'environ 50 ans, est proche de 0 m, avec un écart-type de $\pm 0,5$ m (**Figure 24**). Cette

valeur est du même ordre de grandeur que l'incertitude associée au différentiel bathymétrique, estimée à $\pm 0,5$ m en tenant compte des incertitudes propres à chacun des levés bathymétriques. En conséquence, les variations observées ne permettent pas de mettre en évidence une évolution verticale significative du fond marin, qu'il s'agisse d'un processus naturel d'érosion ou d'accrétion à l'échelle de la zone étudiée.

En revanche, une anomalie localisée est observée dans la partie occidentale de la zone, où la variation bathymétrique atteint environ + 8 m entre 1973 et 2025 (**Figure 24**). Cette anomalie correspond à la position d'une épave identifiée, telle que décrite par la carte marine 6930 (Shom) et présentée dans la **partie 10.4** de ce rapport.

10. Structures géologiques particulières et objets anthropiques

Cette partie vise à examiner en détail les structures sédimentaires et géologiques, ainsi que les objets anthropiques observés dans la zone EMR BNO. En l'occurrence, il s'agit d'analyser les dunes observées, les structures rocheuses, les dépressions autour de blocs rocheux, et de localiser les épaves, bouée et câbles sous-marins. La carte présentée dans la **Figure 25** synthétise ces différentes observations.

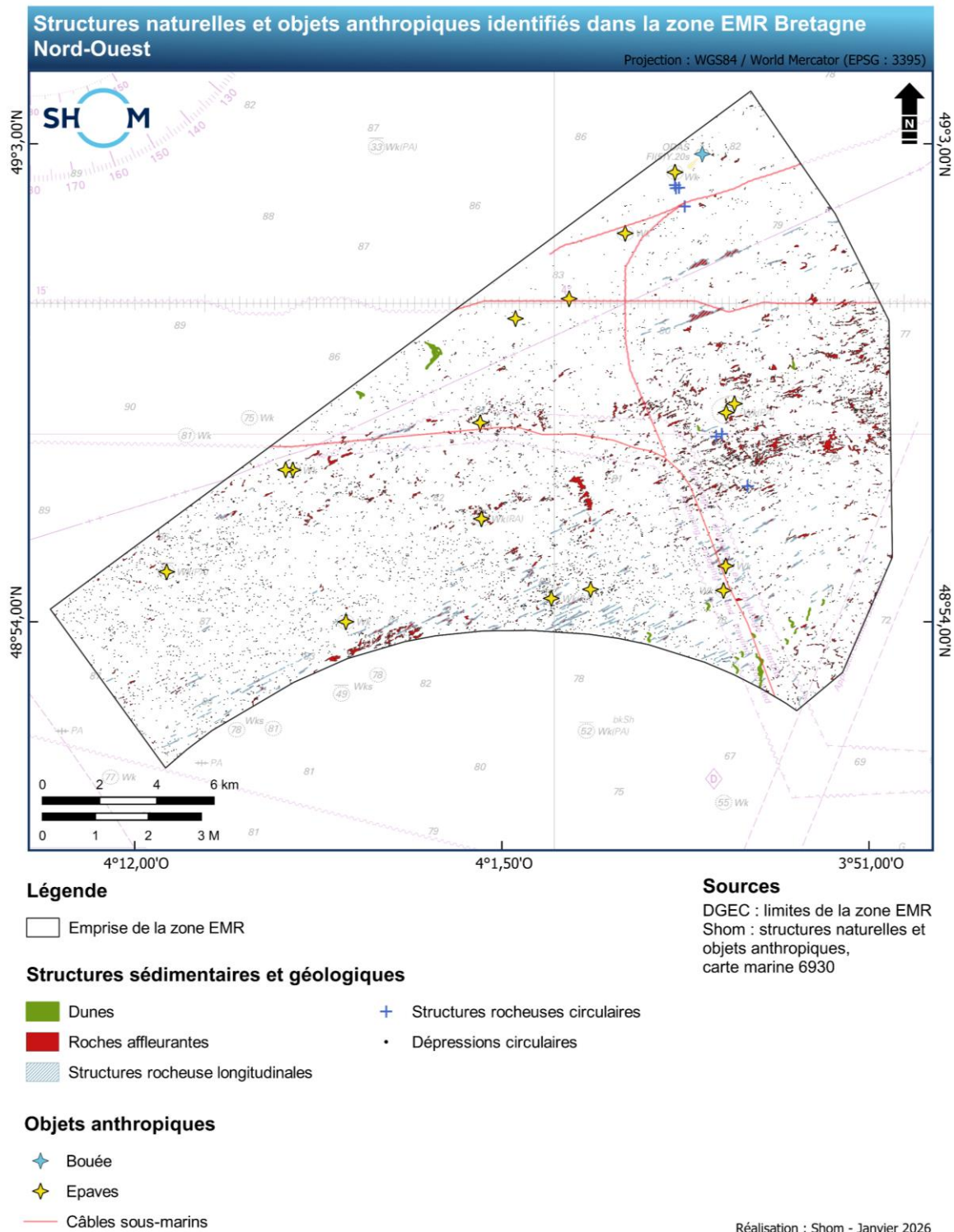


Figure 25. Carte de localisation des structures naturelles et des objets anthropiques identifiés dans la zone EMR BNO.

10.1 Structures sédimentaires

Les structures sédimentaires ou « bedforms » observées dans la zone d'étude correspondent à des structures dunaires. Les dunes sont des corps sédimentaires formés sous l'influence des conditions hydrodynamiques. Ces structures peuvent être caractérisées par leur morphologie qui est elle-même liée à une multitude de paramètres tels que la granularité du sédiment, la nature et l'intensité des agents de forçage (Jordan, 1962). Elles sont généralement classées en fonction de leur amplitude (hauteur) et leur longueur d'onde (Berné *et al.*, 1989 ; Ashley, 1990 ; **Tableau 6**).

Tableau 6. Classification des corps sédimentaires transversaux en fonction de leur amplitude et de leur longueur d'onde (Berné *et al.*, 1989 ; Ashley, 1990).

Corps sédimentaires	Corps sédimentaires transversaux					
	Rides	Dunes				Banc
		Petites	Moyennes	Grandes	Très grandes (géantes)	
Direction de la crête par rapport au courant	Perpendiculaire	Perpendiculaire	Perpendiculaire	Perpendiculaire	Perpendiculaire	Parallèle
Amplitude (m)	<0,06	0,06 – 0,25	0,25 – 0,50	0,50 – 3	>3	>10
Longueur d'onde (m)	<0,6	0,6 – 5	5 – 10	10 – 100	>100	>1000

Les caractéristiques géomorphologiques et géophysiques des dunes observées dans la zone EMR de BNO sont abordées dans les parties suivantes et sont synthétisées dans le **Tableau 7**.

D'après la classification de Berné *et al.* (1989), des petites à des grandes dunes ont été observées dans la zone EMR. Les grandes dunes sont principalement localisées au nord et au sud-est de la zone (**Figure 25** ; **Tableau 6**). Ces grandes dunes sont caractérisées par une amplitude comprise entre 0,5 et 3,0 m et une longueur d'onde comprise entre 20 et 90 m.

Les types de grandes dunes, leurs localisations et leurs orientations identifiées sur la zone EMR sont les suivantes :

- au nord de la zone EMR, des dunes sinueuses sont détectées et présentent une orientation de leurs crêtes nord-ouest – sud-est (**Figure 25**) ;
- au sud-est de la zone EMR, des dunes sinueuses ont également été observées, dont les crêtes sont orientées nord-nord-ouest – sud-sud-est (**Figure 25** ; **Tableau 7**) ;
- dans ce même secteur sud-est de la zone EMR, des dunes linéaires sont également repérées, dont les crêtes sont orientées nord-sud (**Figure 25** ; **Tableau 7**).

Les petites à moyennes dunes sont présentes sur l'ensemble de la zone d'étude EMR. Toutefois, ces structures semblent se développer davantage à l'est de la zone EMR, où les teneurs en sables sont plus élevées (classes sédimentaires des sables et sables et graviers). Elles sont caractérisées par une amplitude comprise approximativement entre 0,1 et 0,4 m, et par une longueur d'onde dont la valeur varie entre 5 et 12 m (**Tableau 6** ; **Tableau 7**). La résolution des données bathymétriques ne permet pas de caractériser la symétrie de ces structures et de déterminer un sens de courant dominant. Cependant, l'orientation des crêtes indiquent que les courants ont une direction est-ouest.

Tableau 7. Synthèse des caractéristiques géomorphologiques et géophysiques des structures sédimentaires observées dans la zone d'étude EMR BNO.


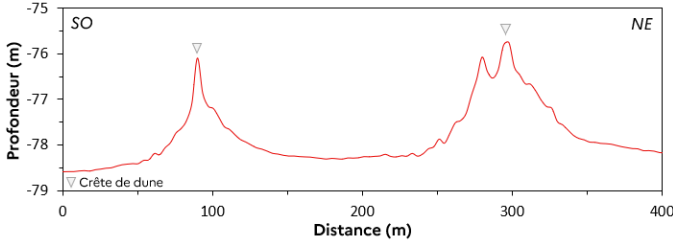
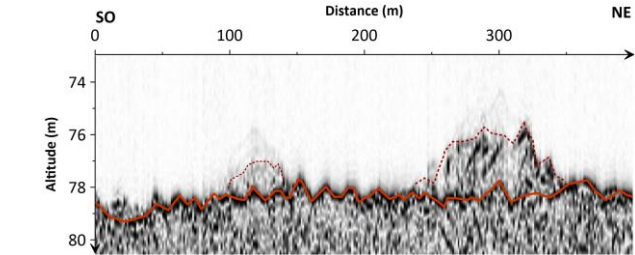
STRUCTURE SEDIMENTAIRE	BATHYMETRIE	PROFIL BATHYMETRIQUE	CARACTERISTIQUES
Grandes dunes sinuseuses		<div data-bbox="1070 352 1762 616"> <p>PROFIL BATHYMETRIQUE</p>  </div> <div data-bbox="1070 616 1762 1058"> <p>PROFIL SISMIQUE</p>  </div>	<p>$H_{\text{moy}} \approx 1,9 \text{ m}$</p> <p>$L_{\text{moy}} = 50 \text{ à } 90 \text{ m}$</p> <p>$E_{\text{moy}} = 2 \text{ m}$</p>

Tableau 7. Synthèse des caractéristiques géomorphologiques et géophysiques des structures sédimentaires observées dans la zone d'étude EMR BNO.

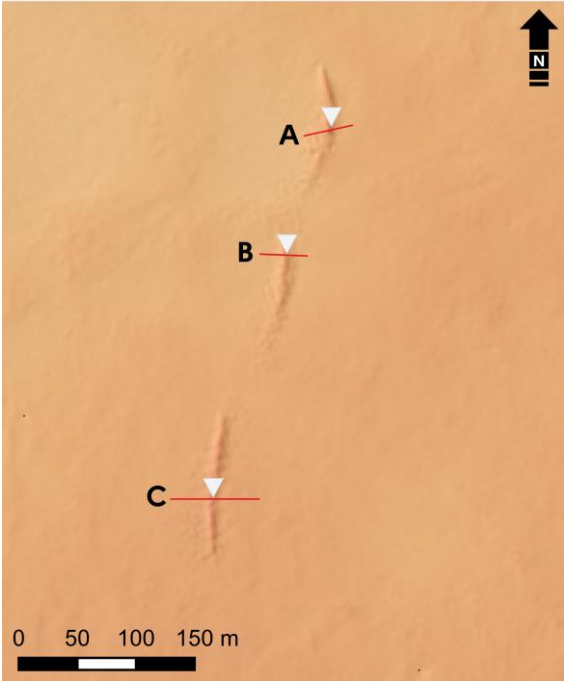
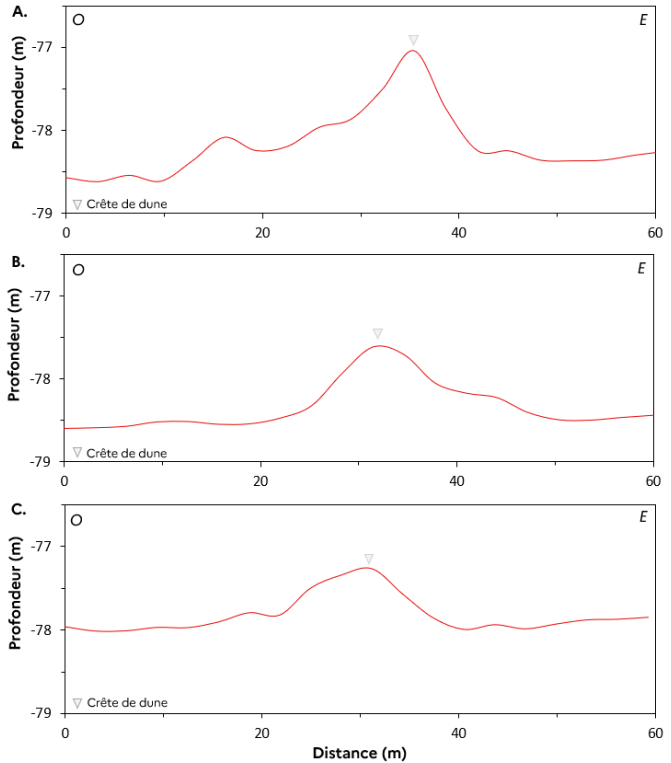
STRUCTURE SEDIMENTAIRE	BATHYMETRIE	PROFIL BATHYMETRIQUE	CARACTERISTIQUES
<p>Grandes dunes linéaires</p>			<p>$H_{\text{moy}} \approx 1 \text{ m}$</p> <p>$L_{\text{moy}} = 20 \text{ à } 30 \text{ m}$</p> <p>$E_{\text{moy}} \approx 1 \text{ m}$</p>

Tableau 7. Synthèse des caractéristiques géomorphologiques et géophysiques des structures sédimentaires observées dans la zone d'étude EMR BNO.

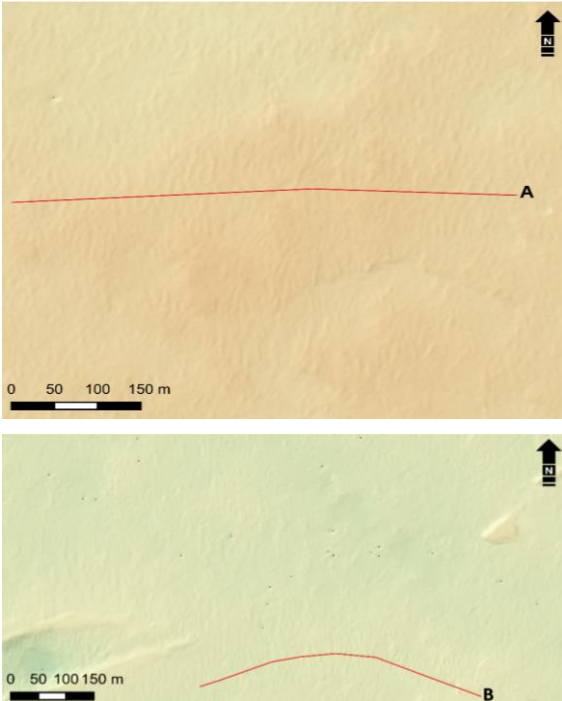
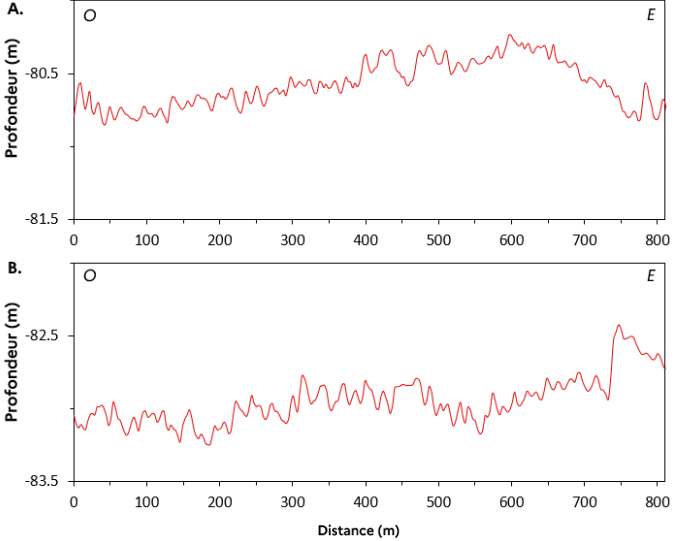
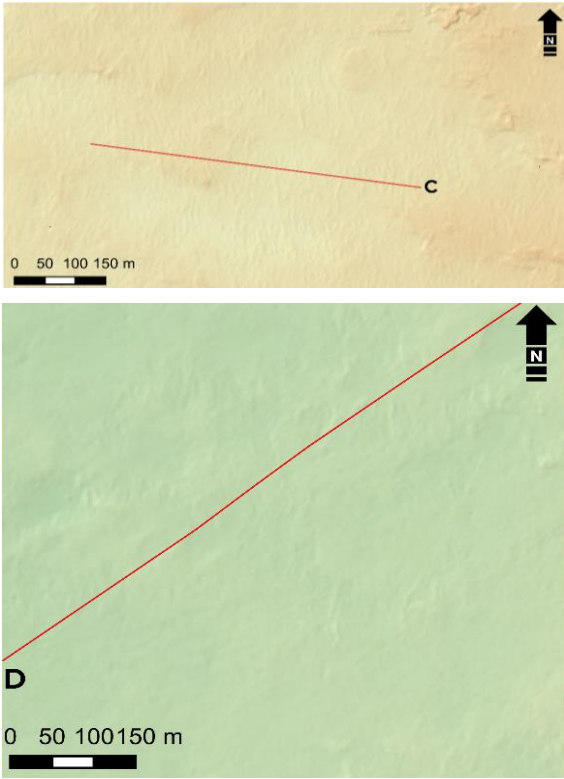
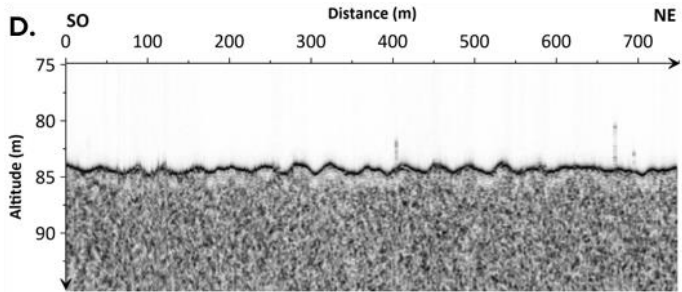
STRUCTURE SEDIMENTAIRE	BATHYMETRIE	PROFIL BATHYMETRIQUE	CARACTERISTIQUES
<p>Petites à moyennes dunes</p>			<p>$H_{\text{moy}} \approx 0,1 \text{ à } 0,4 \text{ m}$</p> <p>$L_{\text{moy}} \approx 5 \text{ à } 12 \text{ m}$</p>

Tableau 7. Synthèse des caractéristiques géomorphologiques et géophysiques des structures sédimentaires observées dans la zone d'étude EMR BNO.

STRUCTURE SEDIMENTAIRE	BATHYMETRIE	PROFIL BATHYMETRIQUE	CARACTERISTIQUES
		<p data-bbox="1077 363 1756 643"> C. O. NO E. SE Profondeur (m) -81.5 -82.5 0 100 200 300 400 500 600 700 800 Distance (m) </p> <p data-bbox="1077 651 1756 703" style="text-align: center;">PROFIL SISMIQUE</p> <p data-bbox="1077 711 1756 1070"> D. SO NE 0 100 200 300 400 500 600 700 Distance (m) 75 80 85 90 Altitude (m) </p> 	

10.2 Structures rocheuses

Le sud et le nord-est de la zone EMR concentrent de nombreuses structures rocheuses longitudinales et des structures circulaires indurées (**Figure 26**) dont les hypothèses de formation sont abordées respectivement dans les parties **10.2.1** et **10.2.2**

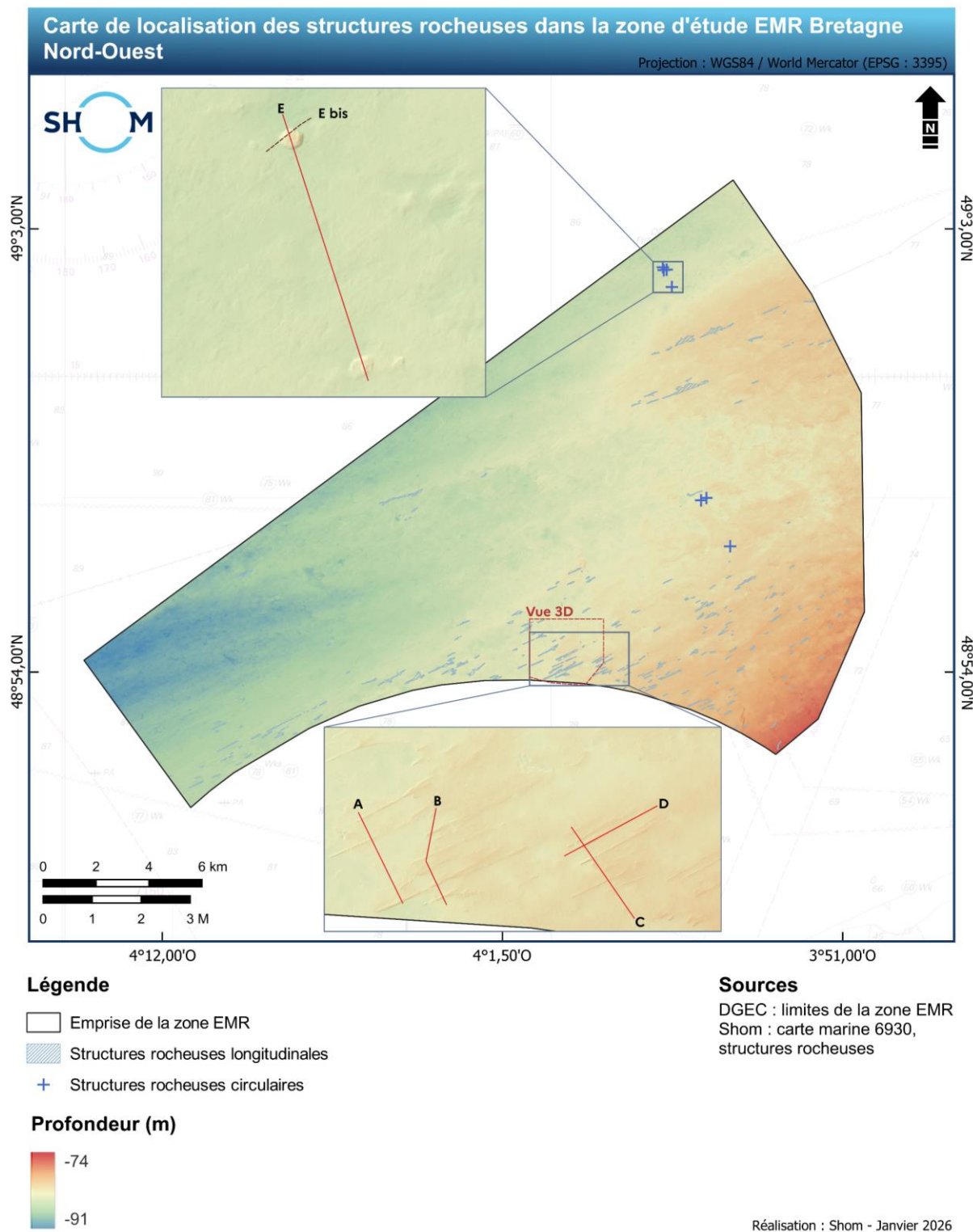


Figure 26. MNT bathymétrique avec la localisation des structures rocheuses longitudinales et des morphologies circulaires et la position des profils bathymétriques (traits rouges) et sismique (trait marron en pointillés) accessibles sur les **Figure 28**, **Figure 29** et **Figure 30**. Une vue 3D des figures rocheuses longilignes est disponible sur la **Figure 27**.

10.2.1 Structures rocheuses longitudinales

Le sud de la zone EMR concentre des structures rocheuses longitudinales, subparallèles entre elles, de direction nord-est – sud-ouest et visibles sur les données bathymétriques (**Figure 26** et **Figure 27**). Elles correspondent à des reliefs d'environ $1\text{ m} \pm 0,4\text{ m}$, caractérisés par une largeur moyenne d'environ 60 m et par une longueur comprise entre 50 m et 1 km (**Figure 28** et **Figure 29**).



Figure 27. Vue tridimensionnelle des structures rocheuses longitudinales au sud de la zone EMR BNO. Exagération verticale : x15. Voir la localisation sur la **Figure 26**.

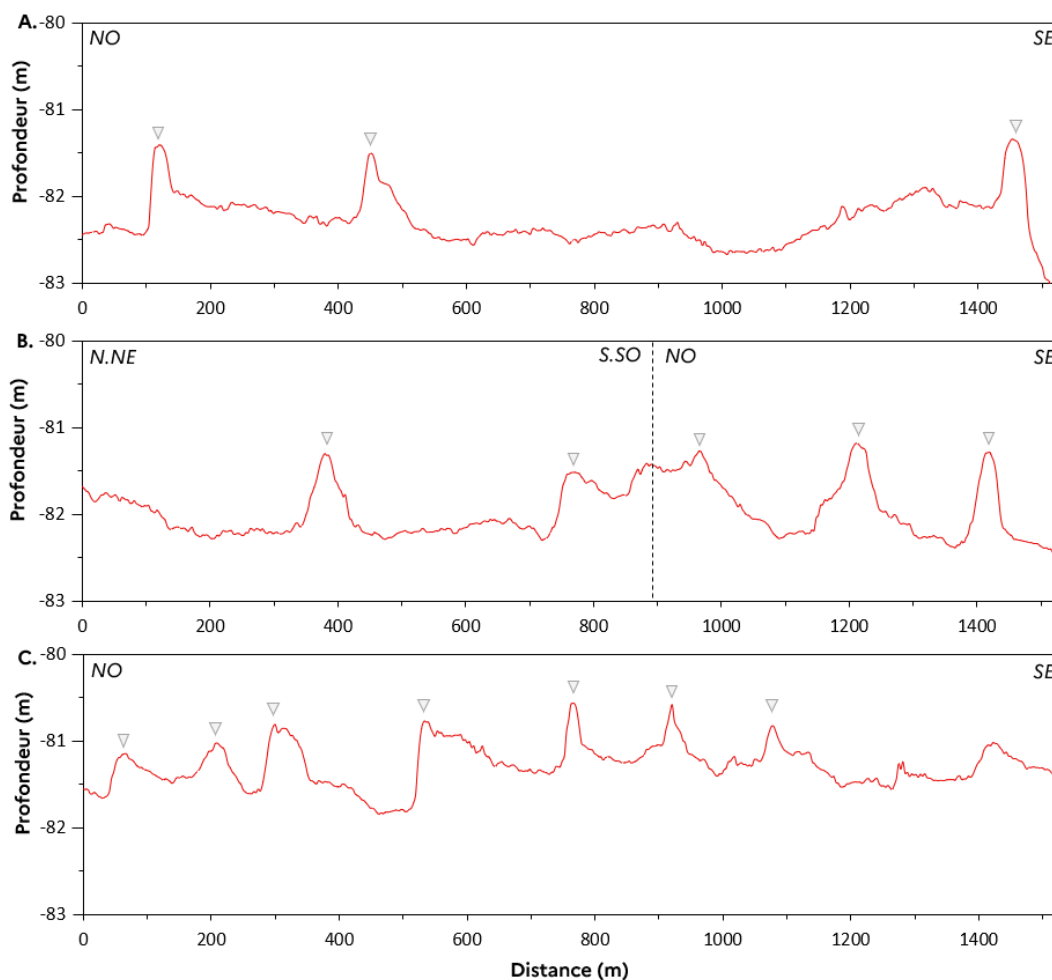


Figure 28. Profils bathymétriques perpendiculaires aux structures rocheuses longitudinales (les sommets sont indiqués par un triangle gris).

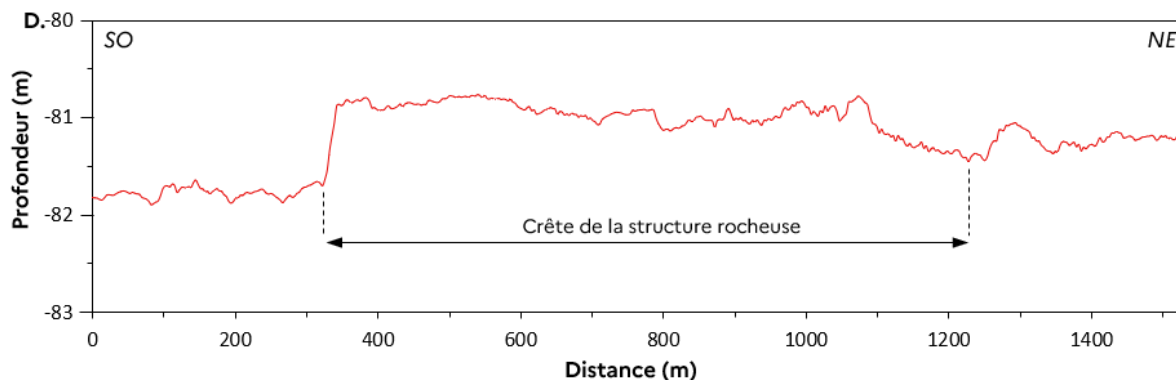


Figure 29. Profil bathymétrique le long de la crête d'une structure rocheuse.

La probabilité d'une origine fluvio-glaciaire dans ce secteur de la Manche n'est pas négligeable compte tenu de l'exondation de la Manche et du développement important des inlandsis lors des périodes glaciaires (Lericolais, 1997). De plus, des indices d'héritages glaciaires tels que des blocs erratiques ont été observés sur les fonds de la Manche et sur les côtes du massif Armoricaïn (Hallégouët et Van Vliet-Lanoë, 1989) et témoignent de processus liés au transport de matériaux par la glace flottante. Ainsi, ces reliefs longitudinaux sont probablement des formes d'érosion fluvio-glaciaire du socle qui se produisent par frottement des glaciers ou par érosion des eaux de fonte dans les zones où le substratum rocheux affleure (De Charpentier, 1841, Hogan *et al.*, 2020).

10.2.2 Structures circulaires indurées

L'analyse du MNT bathymétrique révèle la présence de structures de forme circulaire dans le secteur oriental de la zone EMR BNO (**Figure 26**). Ces reliefs positifs présentent des diamètres compris entre 10 m et 80 m. Leur hauteur est comprise entre 0,2 et 2,5 m. Les structures les plus remarquables sont localisées au nord-est de la zone EMR (**Figure 26** et **Figure 30**). Les profils bathymétriques réalisés au travers de ces structures mettent en évidence une morphologie marquée du fond marin, caractérisée par des pentes latérales abruptes et une surface sommitale relativement plane (**Figure 30**).

Ces structures pourraient être le résultat de processus d'érosion différentielle. Cette hypothèse est étayée par la lithologie du socle, qui est caractérisé par des calcaires, des grès et des argiles (Chantraine *et al.*, 2003). Chaque matériau présente une résistance différente aux agents érosifs (courants marins, érosion fluvio-glaciaire), ce qui expliquerait la préservation sélective des matériaux les plus compétents (calcaires et grès) sous forme de reliefs résiduels (**Figure 30**).

Une autre hypothèse susceptible d'expliquer l'origine de ces structures est la présence de bioconstructions marines, notamment des récifs rocheux, déjà identifiés dans la partie centrale de la Manche (Diesing *et al.*, 2009).

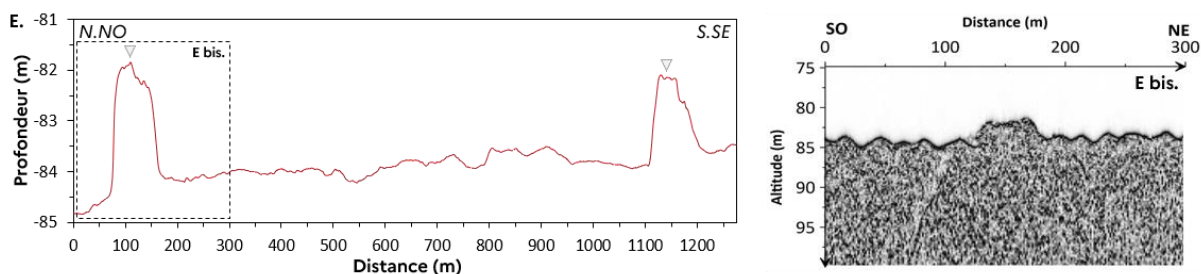


Figure 30. Gauche : profil bathymétrique qui recoupe deux structures circulaires (les sommets sont indiqués par un triangle gris) ; Droite : profil sismique recoupant la structure rocheuse circulaire dans l'encadré en pointillés.

10.3 Blocs et dépressions circulaires

L'analyse des données de bathymétrie de la zone EMR met en évidence la présence de nombreuses dépressions circulaires de types différents, associées ou non à des blocs rocheux (**Figure 31**). Les hypothèses expliquant la présence de ces reliefs sur la zone EMR sont développées dans les parties **10.3.1** et **10.3.2**.

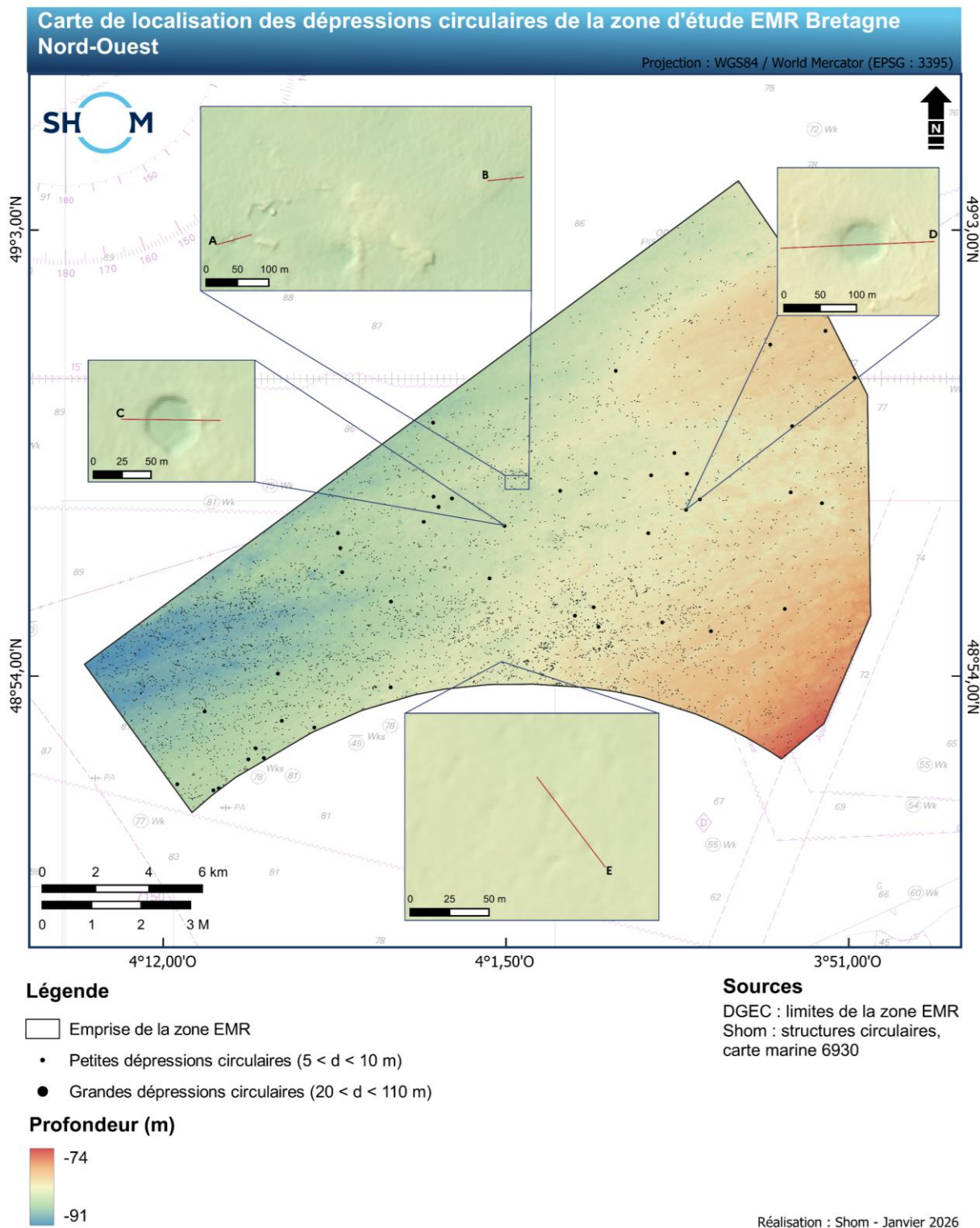


Figure 31. Localisation des dépressions de forme circulaire sur la zone EMR BNO. Les profils bathymétriques, représentés en **Figure 32**, sont représentés par les lignes rouges. « d » : diamètre de la dépression circulaire.

10.3.1 Dépressions circulaires associées à des blocs rocheux

L'analyse de la bathymétrie de la zone EMR met en évidence des petites dépressions, de diamètre centimétrique à métrique, à proximité de blocs rocheux (**Figure 31** et **Figure 32**).

Ces complexes blocs-dépressions ont déjà été observés sur la zone EMR Fécamp Grand Large, située dans le secteur Est de la Manche (Shom, 2025) où la présence de blocs rocheux a été reliée à l'origine de dépressions. En effet, dans un environnement où l'hydrodynamisme est important, ces blocs représentent un obstacle pour les écoulements et donc dans le transfert de sédiments et génèrent de l'érosion localisée en leur amont. Ce phénomène est connu sous le nom d'affouillement (Courivaud et al., 2019). Ces dépressions se situent principalement à l'est des blocs rocheux, indiquant une orientation est-ouest du courant dominant et une direction vers l'ouest (**Figure 32**).

L'origine de ces blocs rocheux peut être reliée à l'érosion du socle rocheux et/ou à la remobilisation de ces produits d'érosion (Toucanne, 2008). Leur présence peut également être associée à leur transport par les glaces fluviales, marines ou par des icebergs, dont les dérives ont été commandées par les vents dominants et les courants de marée, puis leur dépôt (Hallégouët et Van Vliet-Lanoë, 1989).

De plus, la présence de blocs erratiques dans la zone EMR est plausible suite aux observations de ces blocs le long des côtes nord-armoricaines (Hallégouët et Van Vliet-Lanoë, 1989 ; **Figure 33**). Leur déplacement et répartition ont probablement été influencés par l'action des courants de jusant, qui implique des transits orientés vers l'ouest (**Figure 33**).

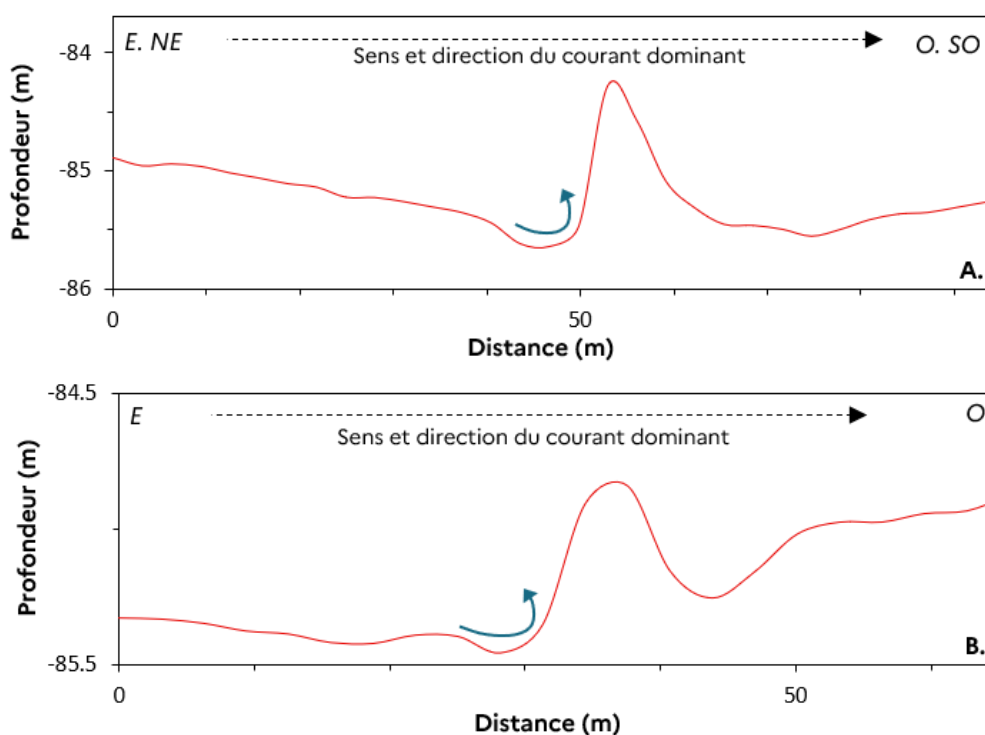


Figure 32. Profils bathymétriques à travers des complexes blocs-dépressions. Les flèches bleues indiquent les zones où l'érosion associée au phénomène d'affouillement se produit.

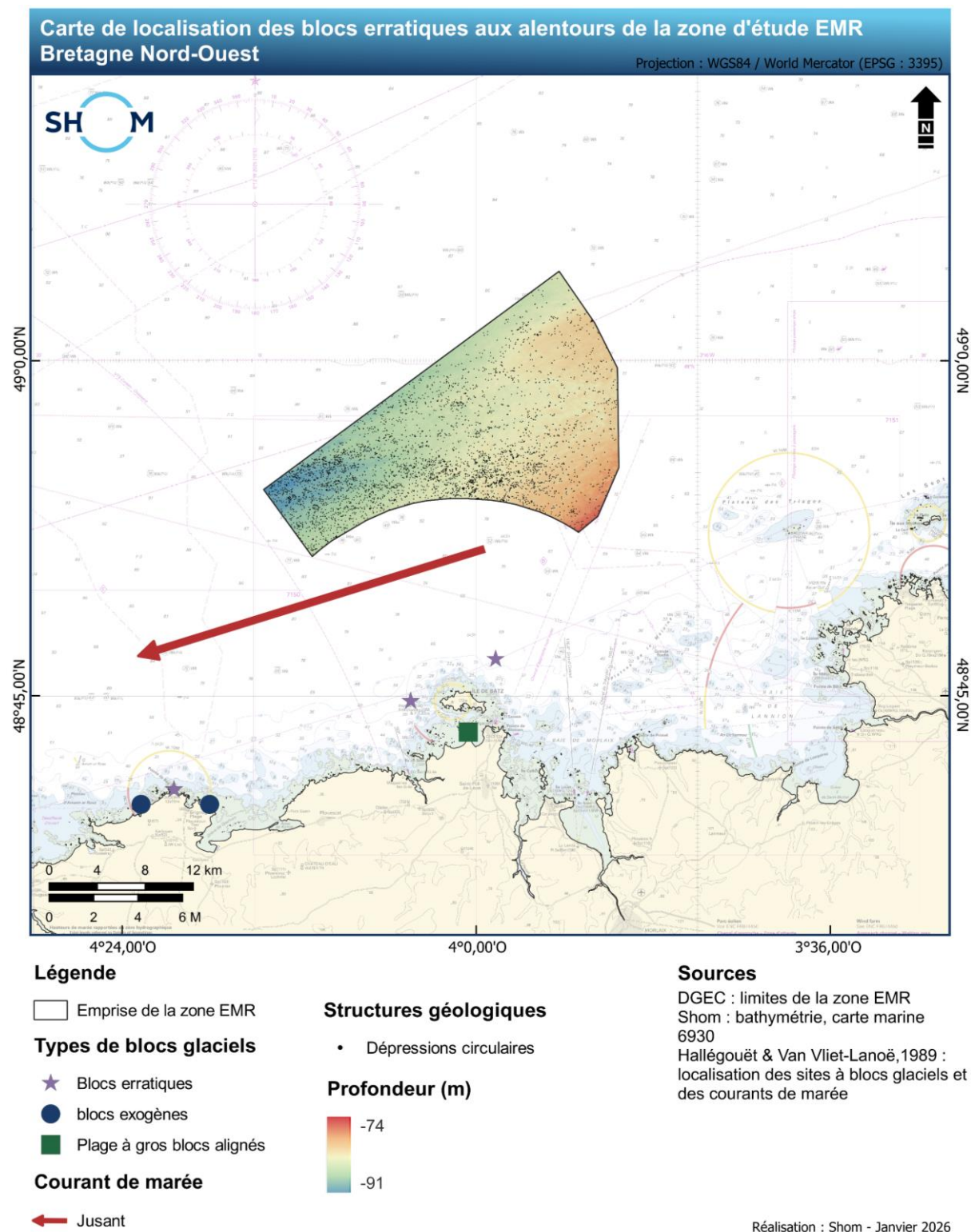


Figure 33. Localisation des blocs erratiques au nord de la Bretagne et des dépressions circulaires observées dans la zone EMR BNO.

10.3.2 Dépressions circulaires non accompagnées de blocs rocheux

L'analyse des données de bathymétrie de la zone EMR met en évidence de nombreuses dépressions circulaires, de tailles et de profondeurs variables. La majorité correspond à des petites dépressions circulaires de 5 à 10 m de diamètre et de 0,2 à 0,8 m de profondeur, tandis que quelques structures plus importantes, des « grandes dépressions circulaires », atteignent 20 à 110 m de diamètre, avec des profondeurs pouvant dépasser 1 m (**Figure 31** et **Figure 34**). Ces dépressions ne sont pas associées à des blocs rocheux et semblent se former dans les zones où la couche de sédiments meubles n'est pas nulle.

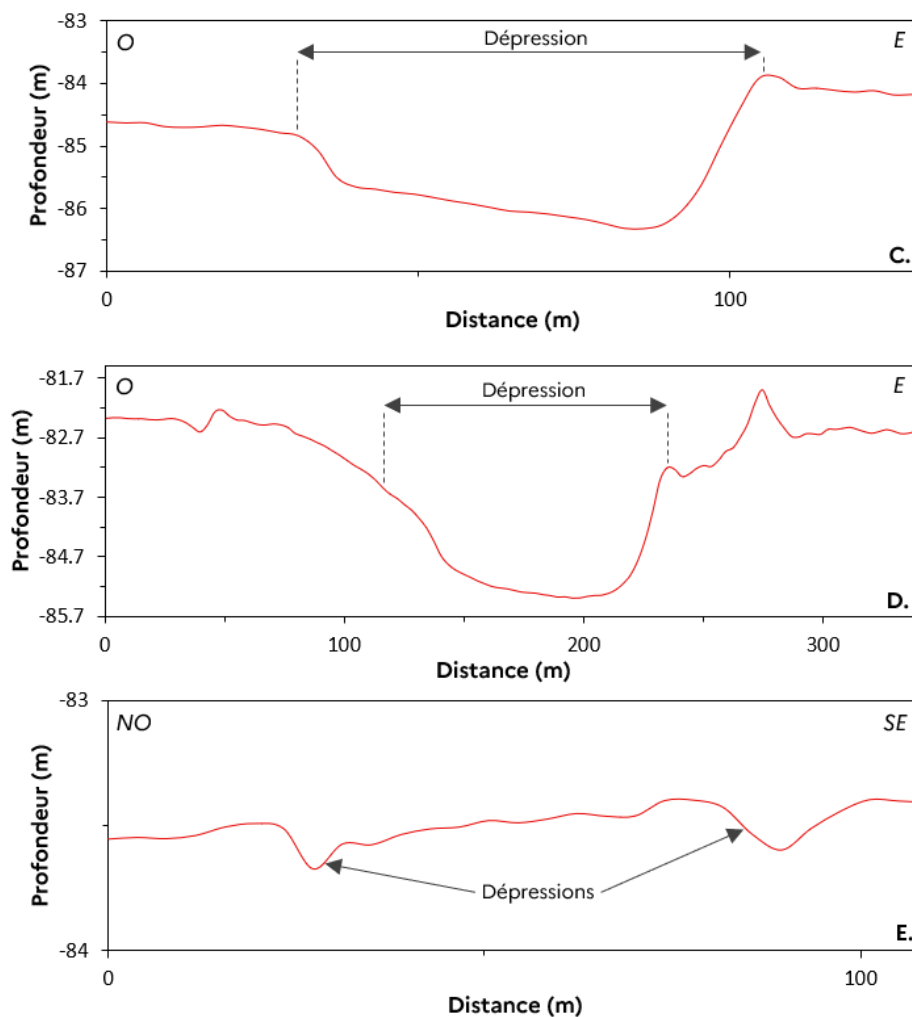


Figure 34. Profils bathymétriques à travers des grandes et petites dépressions.

L'origine la plus probable de l'ensemble de ces dépressions est liée à la nature du substratum, composé de calcaires, grès et argiles datant de l'Eocène moyen à supérieur (46,0 – 33,7 Ma, Chantraine et al., 2003), favorable au processus de karstification. Ces dépressions seraient le résultat de phénomènes de dissolution et/ou d'érosion des formations carbonatées survenus en contexte subaérien lors des phases de régression quaternaire, lorsque la Manche était exondée (Gautier, 1963 ; Lericolais, 1997). Les grandes dépressions circulaires correspondraient à des formes karstiques plus évoluées, comparables aux dolines observées en Manche, notamment le « trou Santic » au nord-ouest de l'île de Batz (Gautier, 1963).

Une origine périglaciaire peut également être envisagée pour expliquer la formation de ces structures. Dans cette hypothèse, les petites dépressions résulteraient de la fonte de petits volumes de glace, entraînant une perte de volume sédimentaire et un affaissement local de la surface (Lericolais, 1997 ; French, 2007). Quant aux grandes dépressions circulaires, leur

morphologie s'apparente à celle des thermokarsts (ou « cryokarsts »), formés par le dégel du pergélisol calcaire, un phénomène déjà documenté en Manche occidentale lors de la campagne SEDIMANCHE 2 (Lericolais, 1997 ; French, 2007). Ces structures pourraient dater du dernier maximum glaciaire (~20 ka BP), période durant laquelle la Manche constituait une plate-forme périglaciaire avec un permafrost présent bien que discontinu dans la zone d'étude EMR (Lericolais, 2007 ; Van Vliet-Lanoë, 2000 in Murton et Lautridou, 2003)

10.4 Objets anthropiques

La carte marine du Shom 6930, ainsi que les données bathymétriques acquises lors du levé S202501700 réalisé dans la zone EMR, permettent d'identifier et cartographier plusieurs objets anthropiques. Il s'agit d'une bouée ODAS au nord-est qui acquiert des données océanographiques, de câbles sous-marins et de 16 épaves observées et recensées sur la zone.

Sur le nombre total d'épaves recensées, 11 épaves sont visibles sur le MNT bathymétrique acquis lors du levé de 2025, dont 6 sont signalées par le flux WFS du Shom. Autrement, 5 épaves ne sont pas observées sur les données bathymétriques et sont signalées par le flux WFS du Shom.

La carte marine 6930, réalisée par le Shom, révèle la présence de câbles sous-marins au nord et à l'est de la zone d'étude EMR. Ces objets anthropiques ne sont pas visibles sur le MNT bathymétrique (**Figure 35**).

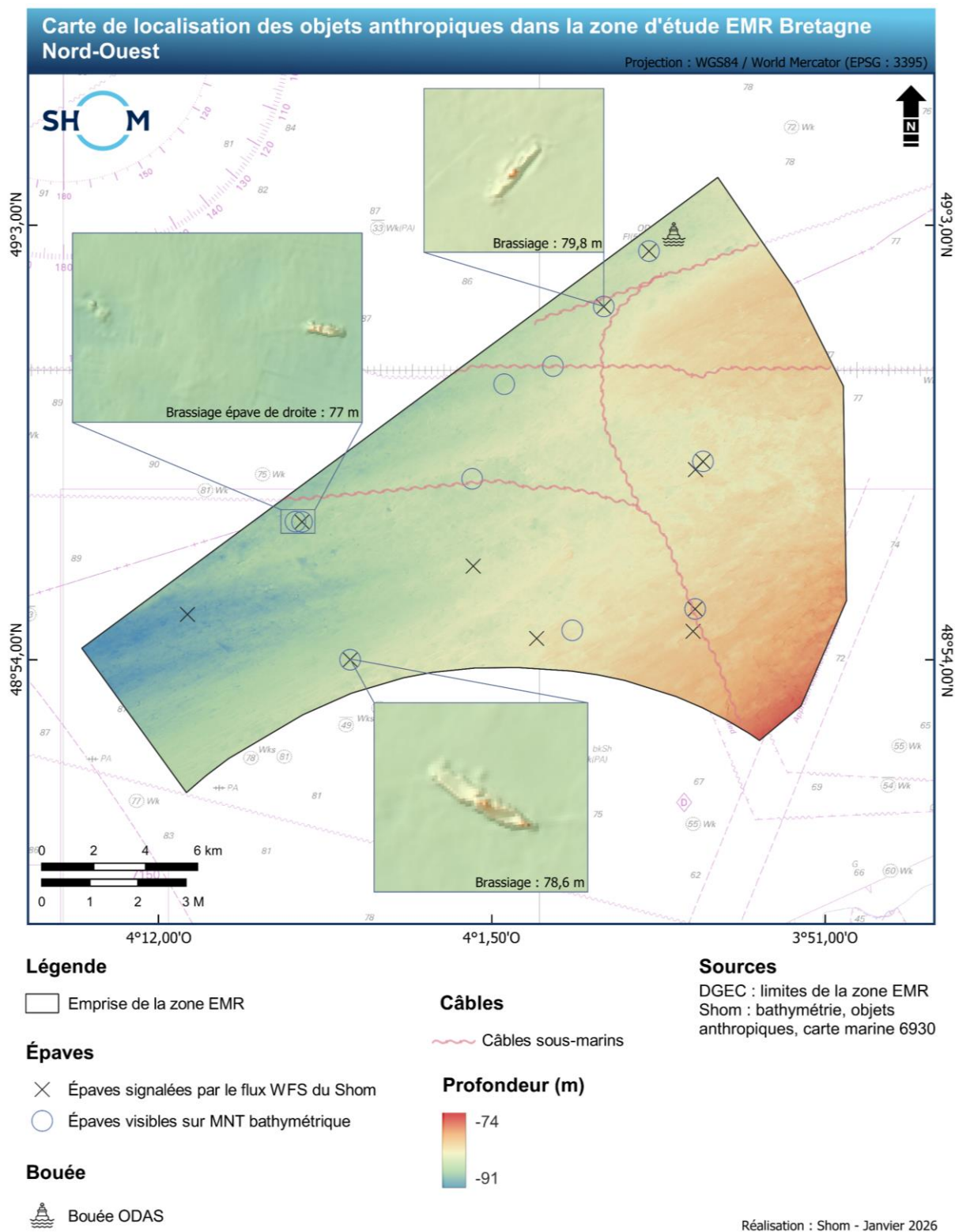


Figure 35. Carte marine 6930 (Shom) avec la position des objets anthropiques présents dans la zone EMR BNO.

11. Conclusion

L'analyse sédimentologique réalisée à partir des levés menés par le Shom en 2025 a permis d'affiner la compréhension de la répartition et des caractéristiques sédimentologiques des sédiments dans la zone d'implantation du futur parc éolien en mer de Bretagne Nord-Ouest. La carte sédimentaire obtenue met en évidence une couverture faible et discontinue de sédiments meubles, avec plusieurs affleurements rocheux, dominée par un mélange en différentes proportions de sables et de graviers. En effet, la carte d'épaisseur sédimentaire met en évidence une très fine couche de sédiments meubles, dont l'épaisseur moyenne de 0,5 m peut être atteinte au niveau du sommet des dunes. L'analyse géomorphologique de ces dunes a permis de les classer dans les petites à grandes dunes. Leur présence est relativement limitée dans la zone d'étude.

Sur le fond marin, de nombreuses dépressions circulaires et des roches affleurantes, dont des structures rocheuses longilignes et circulaires, ont pu être identifiées. Leurs formations pourraient être reliées aux cycles glacio-eustatiques, ainsi qu'à des processus de karstification et d'érosion. Le différentiel bathymétrique indiquant des variations verticales proches de zéro entre 1973 et 2025, ces morphologies se seraient principalement développées lors de phases de bas niveau marin ou à des échelles de temps supérieures à 50 ans.

Ces nouvelles données offrent une représentation détaillée des caractéristiques sédimentaires, de l'épaisseur des dépôts et des structures géologiques et sédimentaires. Elles constituent des informations fondamentales pour l'évaluation des conditions de fondation et la planification de l'implantation du parc éolien en mer Bretagne Nord-Ouest.

12. Liste des données livrées

Les données fournies correspondent aux livrables spécifiés dans l'annexe technique de la convention Shom/MTES [DGEC], SHOM n°96/2024. Cela inclut notamment les fichiers de données recueillies lors de l'étude sédimentaire réalisée dans la zone EMR considérée.

T4.S1_NUM		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Carte de nature des fonds	Nature_des_fonds_BNO_EPSG2154 Nature_des_fonds_BNO_EPSG4326	.shp
Symbologie	Nature_des_fonds_BNO_EPSG2154 Nature_des_fonds_BNO_EPSG4326	.qml
Carte de nature des fonds	Nature_des_fonds_BNO	.png
Légende des cartes sédimentaires du Shom	Légende des cartes Sédimentaires du Shom_Mars2021	.pdf
Méthodologie de cartographie sédimentaire appliquée par le Shom	20190807_NP_SHOM-DOPS-HOM-SEDIM_9-METHODE-CARTOGRAPHIE-SEDIMENTAIRE	.pdf

T4.S2_NUM		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Carte d'épaisseur des sédiments exprimée en secondes temps double	BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG2154 BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG4326 BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG3395	.tif
Carte d'épaisseur des sédiments exprimée en mètres	BNO_T4S2_Epaisseur_metres_EPSG2154 BNO_T4S2_Epaisseur_metres_EPSG4326 BNO_T4S2_Epaisseur_metres_EPSG3395	.tif
Symbologie	BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG2154 BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG4326 BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG3395 BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG2154 BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG4326 BNO_T4S2_Epaisseur_TWT_ms_EPSG3395	.qml

T4.S3_DAT / T4.S3_RAP		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Rapport d'analyse sédimentologique	Rapport_T4.S3_RAP_BNO_B1	.pdf
Positions des points de prélèvement	Prelevements_BNO_S202501700_EPSG4326 Prelevements_BNO_S202501700_EPSG2154	.shp
Symbologie	Prelevements_BNO_S202501700_EPSG4326 Prelevements_BNO_S202501700_EPSG2154	.qml
Analyses granulométriques réalisées	S202501700_BNO_data_granulo	.xlsx
Fichier d'analyse granulométrique issu du tamisage (BENC)	S202501700_BNO_tamis	.benc
Fichier d'analyse granulométrique issu du tamisage et du	S202501700_BNO_mixte	.benc

microgranulomètre laser (BENC)		
Descriptif des fichiers de données	Descriptif_fichier_benc	.pdf

T4.S4_RAP		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Rapport d'exploitation sédimentologique	Rapport_EMR_BNO_Parc_T4S4_B1	.pdf

T4.S5_NUM		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Mosaïque de la réflectivité acoustique acquise au sondeur multifaisceaux	IMAGERIE_SMF_BNO_S202501700_EPSG2154	.tif
Mosaïque de l'imagerie acquise au sonar à balayage latéral	IMAGERIE_SONAL_BNO_S202501700_EPSG2154	.tif
Données brutes de l'imagerie acquise au sonar à balayage latéral	Dossiers B1 et B3	.xtf

T4.S6_NUM		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Notice des données sismiques	Notice_SBP_BNO	.pdf
Liste des données sismiques transmises		.xlsx
Fichiers SEG Y acquis au sondeur de sédiment	BDA-XXXXXXXX-XXXXXX_CNV	.seg
Fichiers de localisation nécessaires à l'importation des SEG Y (1 fichier par SEG Y)	Borda-XXXXXXXX-XXXXXX_localisation_seg.txt	.txt
Positions des profils sismiques	Nav_SBP_BNO_totale_2025_EPSGXXXX	.shp
Interprétations des réflecteurs sismiques	BNO_epaisseur_EPSG3395 BNO_fondmarin_EPSG3395 BNO_soclerocieux_EPSG3395	.csv

T4.S7_NUM		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Carte des structures sédimentaires et éléments anthropiques	Bouee_BNO_EPSG4326 Epaves_BNO_EPSG4326 Cables_sous_marins_BNO_EPSG4326 Cretes_Grandes_Dunes_BNO_EPSG4326 Depressions_circulaires_BNO_EPSG4326 Structures_rocheuses_circulaires_BNO_EPSG4326 Structures_rocheuses_longitudinales_BNO_EPSG4326	.shp

	Structures_Sedimentaires_Grandes_Dunes_ BNO_EPSG4326	
--	---	--

T4.S8_NUM		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Carte des pentes	PENTE_BNO_S202501700_EPSG2154	.tif
Fichier de forme	PENTE_BNO_S202501700_EPSG2154	.qml
Carte d'isovaleurs des pentes supérieures à 10°	Pentes_superieures_a_10_degres_BNO_S202501700_EPSG2154	.shp
Carte au 10 000 ^{ème} des pentes critiques supérieures à 10°	Carte_des_pentes_critiques_echelle_10000_eme_BNO_S202501700	.png

T4.S9_NUM		
PRODUITS	INTITULES	FORMATS
Différentiel bathymétrique (MNT)	DIFFERENTIEL_BATHY_BNO_1973_2025_EPSG4326	.tif
Différentiel bathymétrique (carte)	DIFFERENTIEL_BATHY_BNO_1973_2025_EPSG4326	.jpeg

13. Références bibliographiques

- Ashley, G. M. (1990).** Classification of large-scale subaqueous bedforms; a new look at an old problem. *Journal of Sedimentary Research*, 60(1), 160-172.
- Augris, C., Simplet, L., Gautier, E. (2013).** Isopaques de bancs sableux en Mer du Nord, Manche et Atlantique, <https://doi.org/10.12770/75AD486F-9D03-4FEB-B742-BE6C6F791345>.
- Augris, C., Simplet, L., Gautier, E. (2013).** Isopaques de nappes alluviales en Mer du Nord, Manche et Atlantique, <https://doi.org/10.12770/6C4CCD44-71B1-411D-91D1-ECCD1B2A46F1>.
- Bassoulet, P., L'Yavanc, J., Guillaud, J.-F., Loarer, R., Breton, M. (1987).** Rejets urbains. Volet Manche - Atlantique - Site de Morlaix - Etudes sédimentologique et Bathymétrie de l'estuaire de Morlaix. Ref. DERO - 87. 2 1 - EL. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00345/45658/>.
- Berger, W. and Caline, B. (1991).** Estimation of sedimentation rates in the Bay of Mont-Saint-Michel (France) by 210 Pb dating technique, a pilot study. *Oceanol. Acta* 11, 137–142.
- Berné, S., Allen, G., Auffret, J. P., Chamley, H., Durand, J., & Weber, O. (1989).** Essai de synthèse sur les dunes hydrauliques géantes tidales actuelles. *Bulletin de la Société géologique de France*, 6, 1145-1160.
- Boillot, G. and Musellec, P. (1975).** Origine de la Manche d'après une carte géologique au 1 :1 000 000. *Phil. Trans. R. Soc. London, A* : .21-27.
- Chantraine, J., Autran, A., Cavalier, C. (2003).** Carte géologique de la France à 1/1 000 000, 6^e édition révisée. Orléans : BRGM.
- Courivaud, J.R., Deroo, L., Bonelli, S. (2019).** Érosion externe des barrages et des digues. Colloque CFBR : “ Justification des barrages : État de l’art et Perspectives”, Chambéry, France. pp.14.
- Delesse, M. (1879).** Carte lithologique des mers de France 1879.
- De Charpentier, J. (1841).** Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. M. Ducloux.
- Diesing, M., Coggan, R., Vanstaen, K. (2009).** Widespread rocky reef occurrence in the central English Channel and the implications for predictive habitat mapping. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 83. 647-658. 10.1016/j.ecss.2009.05.018.
- Ehrhold A. (1999).** Dynamique de comblement d'un bassin sédimentaire soumis à un régime mégatidal : Exemple de la Baie du Mont-Saint-Michel. PhD Thesis, Université de Caen. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/3232/>
- Evans, C.D.R. (1990).** The geology of the western English Channel and its western approaches. NERC, London, 93p.
- Fournier, J., Bonnot-Courtois, C., Paris, R., Voldoire, O., Le Vot, M. (2012).** Analyses granulométriques, principes et méthodes. CNRS, Dinard, 99 pp.
- French, H.M. (2007).** The periglacial environment, 3rd edition. John Wiley & Sons. 458 pp.
- Garlan, T. and Marchès, É. (2012).** Nature des fonds marins. Sous-région marine Manche - Mer du Nord. Evaluation initiale DCSMM. MEDDE, AAMP, Ifremer. Ref. DCSMM/EI/EE/MMN/03/2012. 9p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00327/43818/>
- Gautier, M. (1963).** Recherches récentes sur la géologie et la morphologie du fond de la Manche Sud-occidentale. (PAB, 1963, n°33, pp 48-50).
- Gregoire, G. (2017).** Dynamique sédimentaire et évolution holocène d'un système macrotidal semi-fermé : l'exemple de la rade de Brest. Sciences de la Terre. Université de Bretagne occidentale - Brest, 2016. Français. (NNT : 2016BRES0103). (tel-01556393)
- GHOA (2025).** Rapport intermédiaire : levé Shom n°202501700 – levés de reconnaissance environnementale des zones d’implantation d’éoliennes en mer sur le secteur de la Bretagne Nord-Ouest (BNO) du 12 mars au 19 mai 2025.
- Hallégouët, B. and Van Vliet-Lanoë, B. (1989).** Héritages glaciels sur les côtes du massif Armoricaïn, France. *Géographie physique et Quaternaire*, 43(2), 223–232. <https://doi.org/10.7202/032771a>

- Hogan, K. A., Larter, R. D., Graham, A. G. C., Arthern, R., Kirkham, J. D., Totten, R. L., Jordan, T.A., Clark, R., Fitzgerald, V., Wåhlin, A. K., Anderson, J. B., Hillenbrand, C.-D., Nitsche, F. O., Simkins, L., Smith, J. A., Gohl, K., Arndt, J. E., Hong, J., and Wellner, J. (2020). Revealing the former bed of Thwaites Glacier using sea-floor bathymetry: implications for warm-water routing and bed controls on ice flow and buttressing. *The Cryosphere*, 14, 2883–2908.
- Inigo Valan, I., Parthasarathy, S., Harikrishnan, N., Maniyarasan, S., Sridhar, S.G.D., Stephen, A. (2025). Grain Size and Sedimentological Insights into the Depositional Environment of the Tamiraparani River, Tamil Nadu. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5338544>.
- Ifremer (2013). Produit numérique "Granulats marins".
- Jordan, G. F. (1962). Large Submarine Sand Waves: Their orientation and form are influenced by some of the same factors that shape desert sand dunes. *Science*, 136(3519), 839-848.
- Larsonneur, C., Bouysse, P., & AUFFRET, J. P. (1982). The superficial sediments of the English Channel and its western approaches. *Sedimentology*, 29(6), 851-864.
- Lericolais, G. (1997). Evolution du fleuve Manche depuis l'Oligocène: stratigraphie et géomorphologie d'une plateforme continentale en régime périglaciaire (Doctoral dissertation, Université Bordeaux I).
- Le Roy, P., Gracia-Garay, C., Guennoc, P., Bourillet, J.-F., Reynaud, J.-Y., Thinon, I., Kervevan, P., Paquet, F., Menier, D., Bulois, C. (2011). Cenozoic tectonics of the Western Approaches Channel basins and its control of local drainage systems. *Bulletin De La Societe Geologique De France*. 182 (5). 451-463. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00056/16706/>
- Murton, J. & Lautridou, J.-P. (2003). Recent advances in the understanding of Quaternary periglacial features of the English Channel coastlands. *Journal of Quaternary Science*. 18. 301 - 307. 10.1002/jqs.748.
- Paquet, F. (2022). Littoral : géologie, évolution et risques – chapitre 3 : Paléovallées submergées. *Géochronique*, 164, 38-39.
- Reynaud, J. Y., Tessier, B., Auffret, J. P., Berné, S., Batist, M. D., Marsset, T., & Walker, P. (2003). The offshore Quaternary sediment bodies of the English Channel and its Western Approaches. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 18(3-4), 361-371.
- Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., & Benham, E. C. (Eds.). (2012). Field book for describing and sampling soils. Government Printing Office.
- Sheriff, R. E., & Geldart, L. P. (1995). Exploration seismology (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Shom (2021). Carte sédimentaire mondiale à l'échelle 1/500 000^{ème}.
- Shom (2025). DEF EMR Fécamp Grand Large – Lot 4 – T4.S4 – Volet technique SEDIMENTOLOGIE.
- Shom a. (2026). DEF EMR Bretagne Nord-Ouest – Lot 4 – T4.S3_RAP – Prélèvements sédimentaires.
- Shom b. (2026). DEF EMR Bretagne Nord-Ouest – Lot 4 – Notice du livrable T4.S6_NUM – Fichiers SBP.
- Toucanne, S. (2008). Reconstruction des transferts sédimentaires en provenance du système glaciaire de Mer d'Irlande et du paléo-fleuve Manche au cours des derniers cycles climatiques (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).
- Traoré, K., Menier, D., Gensac, E., Le Roy, P., Lambert, C., Bessin, P., Pédoja, K., Duperret, A., Le Gall R. (2021). The evolution of a Holocene banner bank controlled by morphodynamics and structural setting of a macrotidal coast: Saint-Brieuc Bay (NW-EUROPE). *Geoscience Frontiers*. 12 (5). 101183 (16p.). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101183>, <https://archimer.ifremer.fr/doc/00685/79660/>
- Van Vliet-Lanoë, B. (2000). Permafrost extent in Europe during the Last Glacial Maximum (20 ka BP). *French IGBP-WCRP News Letter* 10: 38–43.

- Van Vliet-Lanoë, B., Goslin, J., Hénaff, A., Hallégouët, B., Delacourt, C., Le Cornec, E., Meurisse-Fort, M. (2015).** Holocene formation and evolution of coastal dunes ridges, Brittany (France). *Comptes Rendus Geoscience*, 348(6), 462-470.
- Yilmaz, Ö. (2001).** Seismic data analysis: Processing, inversion, and interpretation of seismic data. Society of Exploration Geophysicists.
- Ziegler, P.A. (1978).** North-Western Europe: tectonics and basin development. *Geologie Mijnb.*, Amsterdam, 626.
- Ziegler, P.A. (1982).** Geological atlas of western and central Europe. Shell Internationale Petroleum Maatschappij B. V., Elsevier scientific publishing Company, The Hague, 130p.
- Ziegler, P.A. (1987).** Celtic Sea-Western Approaches area: an overview. In (Editeur), *Tectonophysics*, 285-289.
- Ziegler, P.A. (1987).** Evolution of the Western Approaches Trough. *Tectonophysics*, 137 : 141-146.
- Ziegler, P.A. (1990).** Geological atlas of western and central Europe. Shell Internationale Petroleum Maatschappij B. V., Geol. Soc. Publishing House, The Hague, 239p.

14. Annexes

14.1 Répartition des teneurs sédimentaires

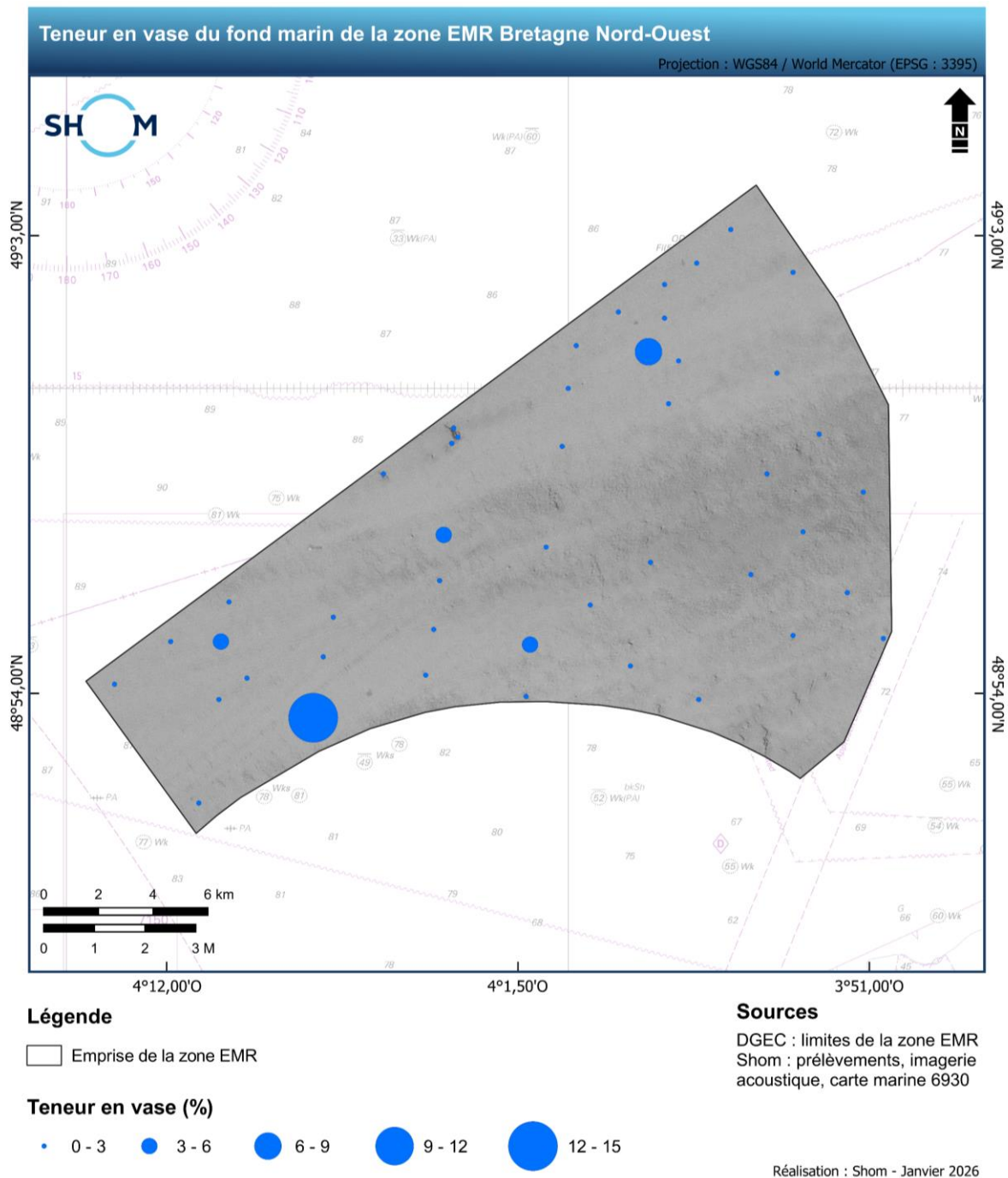


Figure 36. Carte de répartition des teneurs en vase (ronds bleus) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.

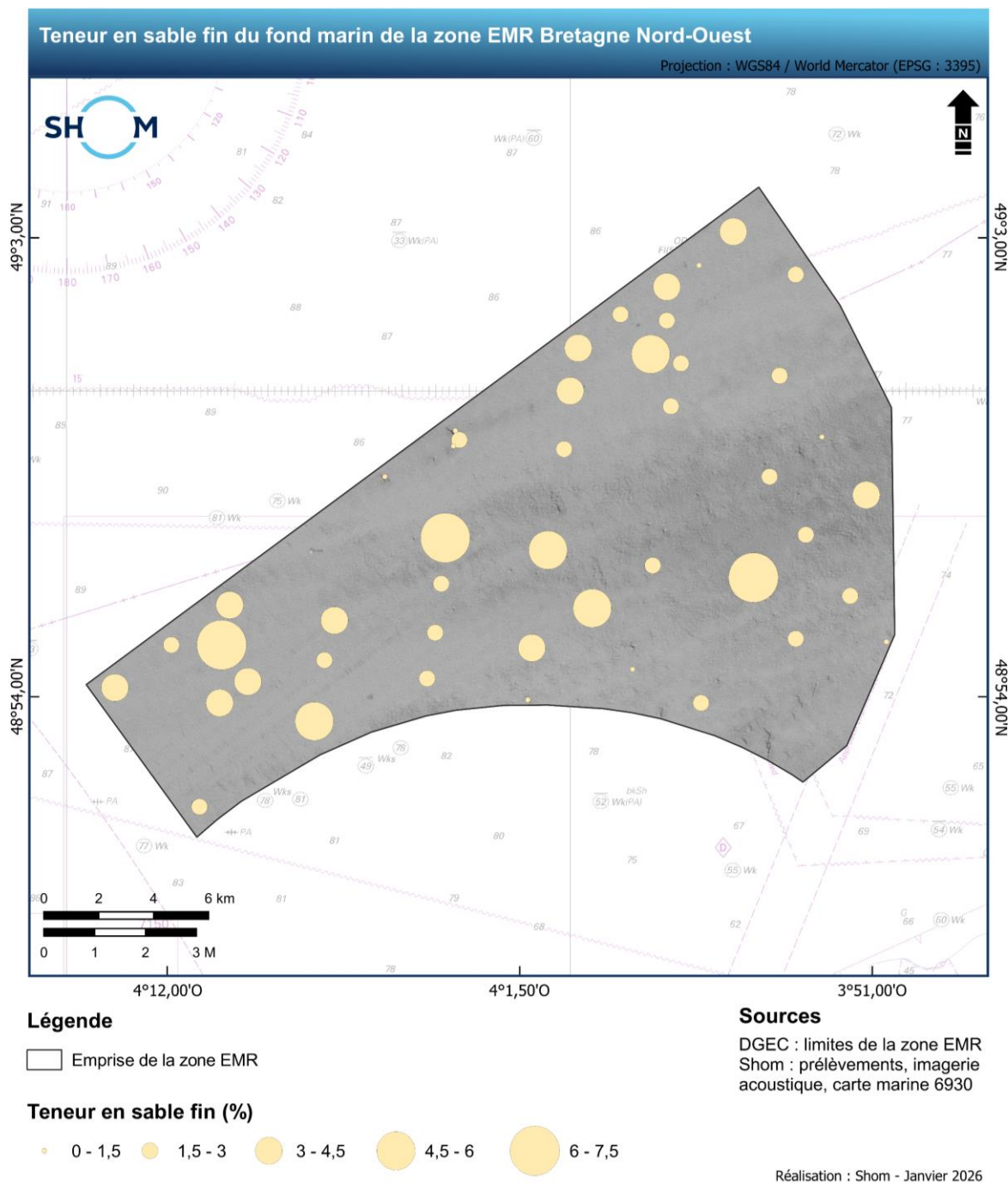


Figure 37. Carte de répartition des teneurs en sable fin (ronds beiges) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.

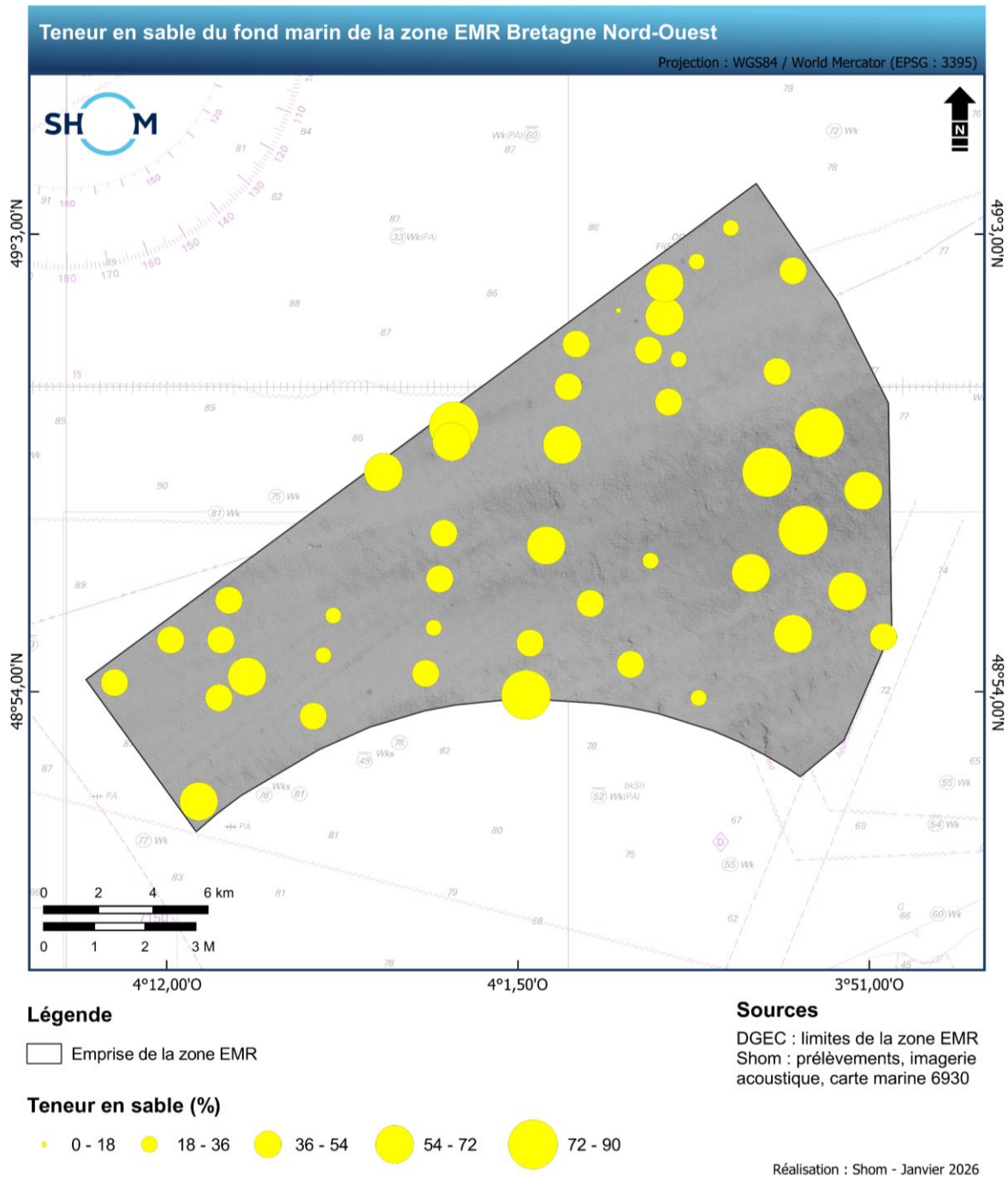


Figure 38. Carte de répartition des teneurs en sable (ronds jaunes) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.

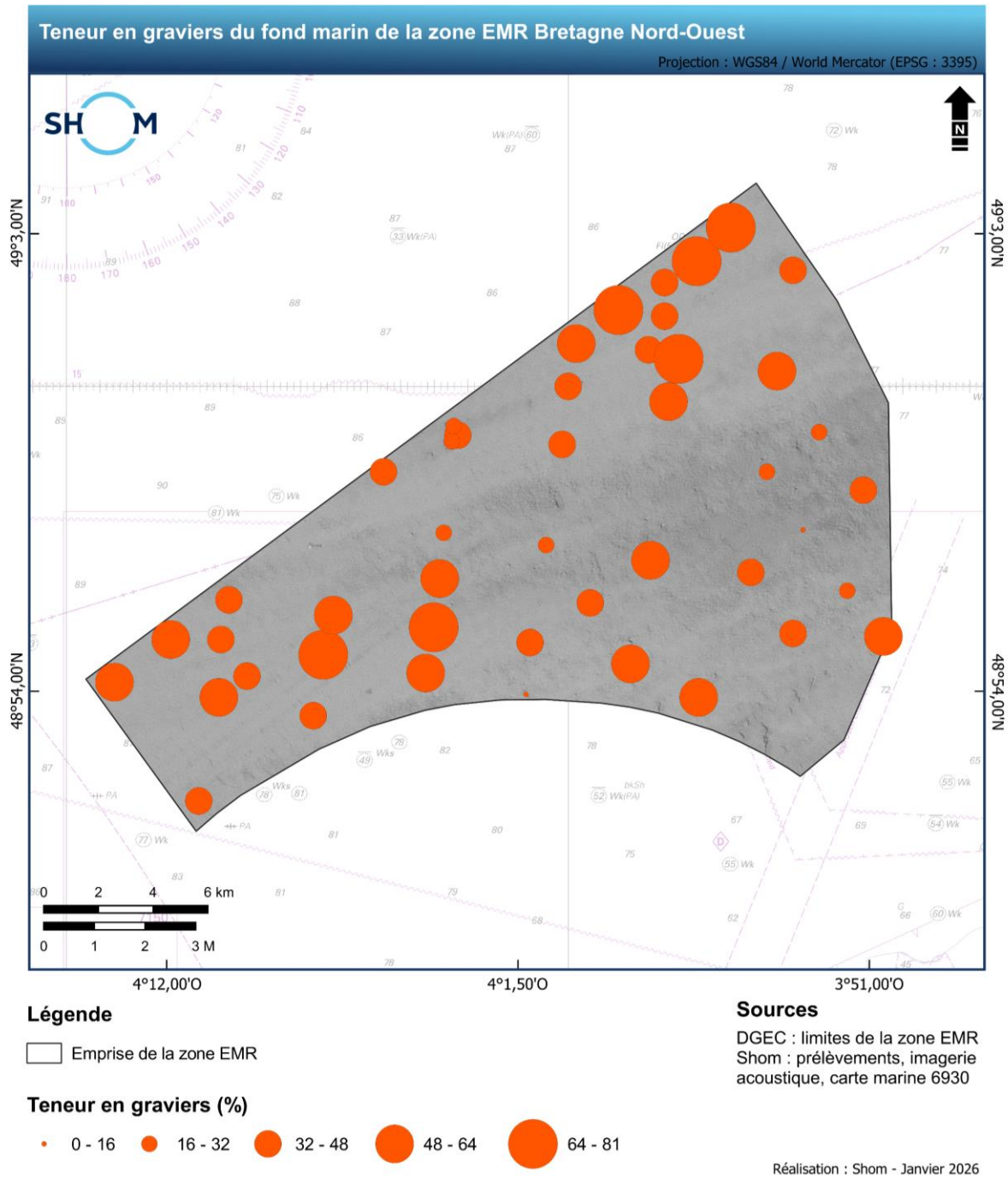


Figure 39. Carte de répartition des teneurs en graviers (ronds oranges) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.

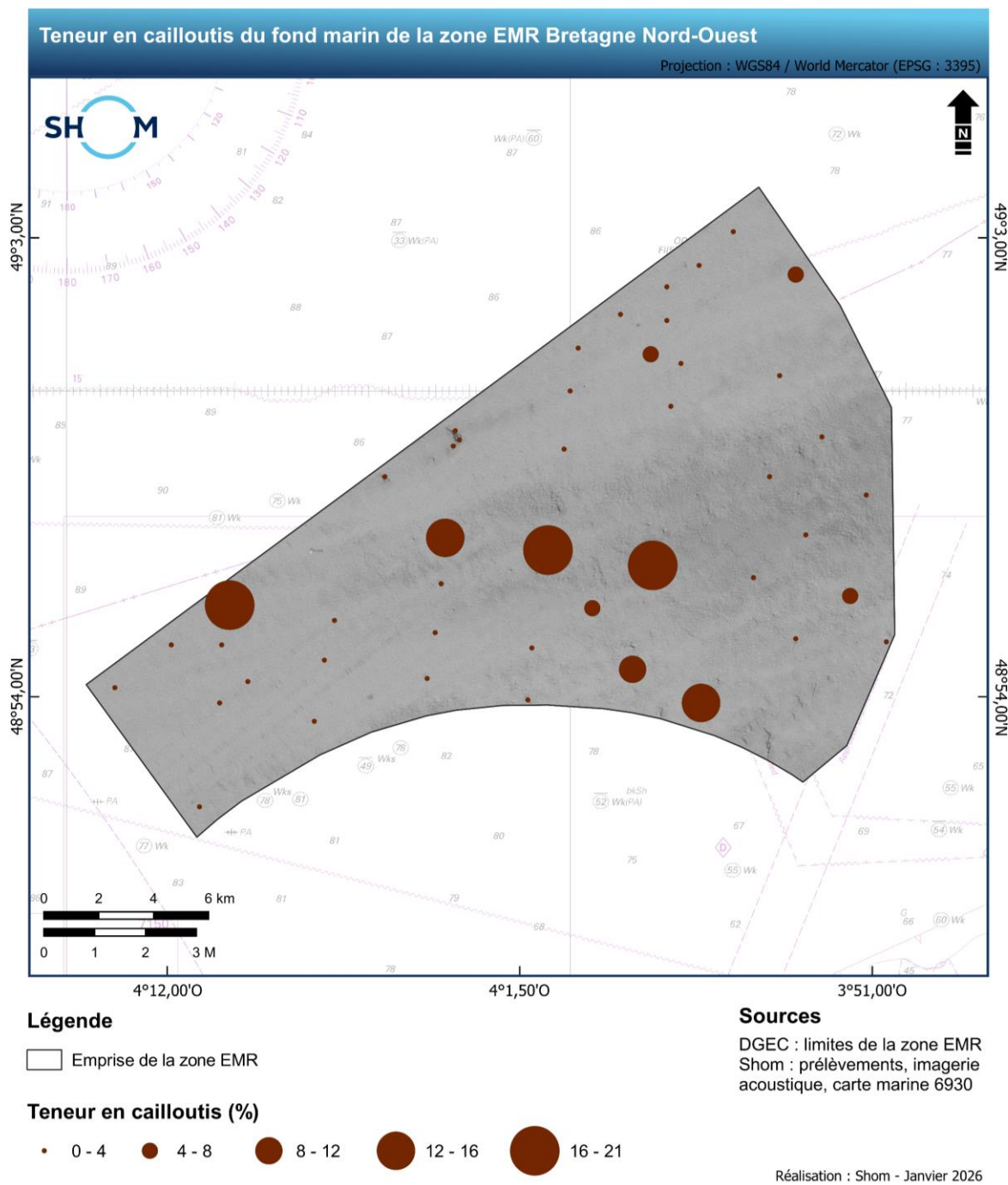


Figure 40. Carte de répartition des teneurs en cailloutis (ronds marrons) des échantillons prélevés dans la zone EMR BNO.

14.2 Légende des cartes sédimentaires du Shom

Tableau 8. Légende des cartes sédimentaires du Shom (Shom, 2021).

Français	English	Code	Couleur	R	V	B
Roche	Rock	NFRoche		255	0	0
Cailloutis	Pebble	NFC		115	38	0
Cailloutis et graviers	Gravelly pebble	NFCG		115	76	0
Cailloutis et sables	Sandy pebble	NFCS		137	112	68
Cailloutis envasés	Muddy pebble	NFCV		137	137	68
Graviers	Gravel	NFG		255	85	0
Graviers et cailloutis	Pebbly gravel	NFGC		168	56	0
Graviers et sables	Sandy gravel	NFGS		245	162	122
Graviers envasés	Muddy gravel	NFGV		205	205	102
Sables	Sand	NFS		255	255	0
Sables et cailloutis	Pebbly sand	NFSC		245	200	102
Sables et graviers	Gravelly sand	NFSG		230	152	0
Sables et graviers envasés	Muddy gravelly sand	NFSGV		168	168	0
Sables vaseux	Muddy sand	NFSV		112	168	0
Sables et silts	Silty sand	NFSSi		245	202	122
Sables fins	Fine sand	NFSF		255	235	175
Sables fins et cailloutis	Pebbly fine sand	NFSFC		215	215	158
Sables fins vaseux	Muddy fine sand	NFSFV		170	255	0
Sables fins et silts	Silty fine sand	NFSFSi		245	245	122
Vases	Mud	NFV		0	112	255
Vases et cailloutis	Pebbly mud	NFVC		205	102	153
Vases et graviers	Gravelly mud	NFVG		223	115	255
Vases sableuse	Sandy mud	NFVS		0	168	132
Vases et sables fins	Mud with Fine sand	NFVSF		205	245	122
Silts	Silt	NFSi		158	215	194
Silts argileux	Clayey silt	NFSiA		200	215	158
Argiles silteuses	Silty clay	NFASi		68	131	137
Argiles	Clay	NFA		0	77	168

Définitions :

Sédiments	Définition	English qualification
NF	Nature de fond	Seabed sediment
C : Cailloutis	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules détritiques ou biogènes supérieures à 20 mm	Sediments composed of 50 to 100% detrital or biogenic particles greater than 20mm
CG : Cailloutis-Graviers	Sédiments contenant des cailloutis et de 15 à 50% de graviers	Pebbles composed of 15 to 50% of gravel
G : Graviers	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 2 et 20 mm	Sediments composed of 50 to 100% detrital or biogenic particles between 2 and 20mm
SG : Sables graviers	Sédiments contenant des sables et de 15 à 50% de graviers	Sands hold in a part of 15 to 50% of gravel
S : Sables	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 0,5 et 2 mm	Sediments composed of 50 to 100% detrital or biogenic particles between 0.5 and 2mm
SV : Sables vaseux	Sables contenant de 5 à 20% de particules inférieures à 0,05mm	Sands hold in a part of 15 to 50% of mud
SF : Sables fins	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 0,05 et 0,5 mm	Sediments composed of 50 to 100% detrital or biogenic particles between 0.05 and 0.5mm
SFV : Sables fins vaseux	Sables fins contenant de 5 à 20% de particules inférieures à 0,05 mm	Fine sands hold in a part of 5 to 20% of mud
Si : Silts	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 0,01 et 0,05 mm	Sediments composed of 50 to 100% detrital or biogenic particles between 0.01 and 0.05mm
A : Argiles	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules inférieures à 0,01 mm	Sediments composed of 50 to 100% detrital or biogenic particles finer than 0.01mm
V : Vases (mélange Si-A indifférencié)	Sédiments contenant de 20 à 50% de particules inférieures à 0,05 mm	Sediments composed of 50 to 100% detrital or biogenic particles finer than 0.05mm

14.3 Levé bathymétrique historique (1973)

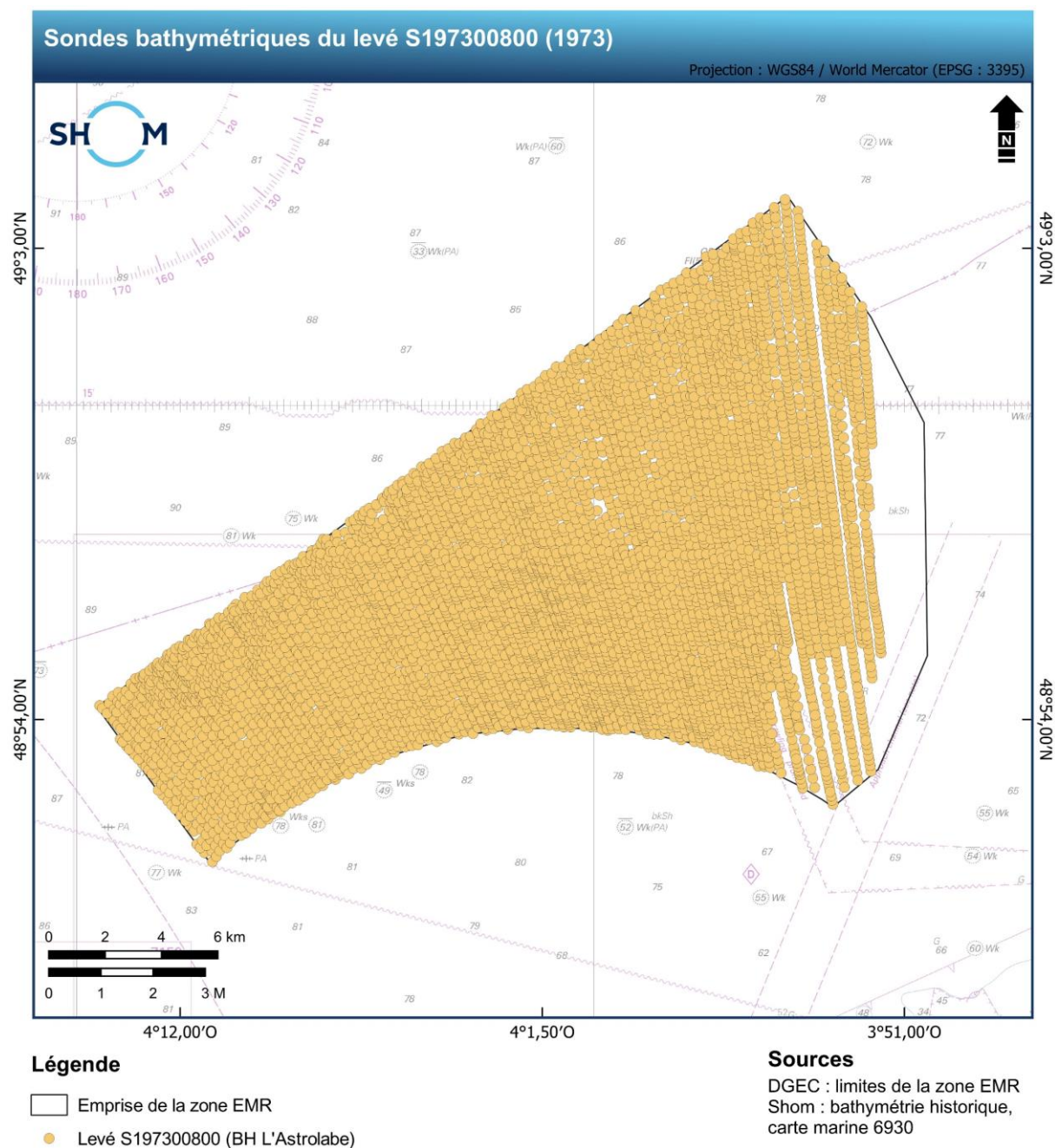


Figure 41. Sondes bathymétriques réalisées à bord du *BH L'Astrolabe*, en 1973 du levé S197300800. Elles ont été utilisées comme référence pour calculer la variation verticale du fond marin entre 1973 et 2025.