



**Dossier de l'état de connaissance initiale
des zones d'implantation du parc et de raccordement
de la zone éolien en mer de Normandie Manche Est**

Volet « Sédimentologie marine » v2.0

Lot 2 – références T2.S1, T2.S2, T2.S3

Auteurs : T. GARLAN, H. GAUDUIN, C. HELLERINGER, E. LE BORGNE, Y. LE FAOU

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

Introduction

Le présent rapport fournit un état des lieux de la connaissance en sédimentologie sur une zone d'étude définie par la DGEC dans le cadre de l'AO4 Normandie - Manche Est. Un recensement des données a été mené par le Shom auprès des différents organismes publics (Ifremer, BRGM), auprès des universitaires ayant effectué des travaux sur la zone (Université de Caen, Université de Rouen) ainsi qu'auprès d'industriels réalisant la pose de câbles et le prélèvement de granulats et qui auraient été susceptibles d'acquiescer de la donnée sur cette zone. La Préfecture Maritime de la Manche et de la mer du Nord a également été contactée afin d'obtenir un inventaire des bateaux scientifiques ayant opéré sur la zone. Une étude bibliographique a été réalisée (cf. §8. Bibliographie). La liste des données fournies est détaillée dans le §9. Après une présentation succincte de la zone d'étude, les données de prélèvements sédimentaires, d'imagerie acoustique et les cartes sédimentaires existantes traduisant l'état de la connaissance disponible seront successivement évoquées.

1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude de l'AO4 (figure 1) se situe dans l'emprise de la carte 6857 (Du Cap de la Hague à Fécamp – Baie de Seine, Publication 1986, Edition No4 2012) basée sur des campagnes hydrographiques menées entre 1969 et 1983. Les points de sondes témoignent d'une profondeur comprise entre 47m et 24.5m rapportée au zéro hydrographique.

La carte marine recense les éléments suivants sur la zone :

- 24 épaves submergées de profondeur connue,
- 1 obstruction submergée de profondeur connue,
- 3 câbles sous-marins désaffectés,
- 1 bouée lidar avec système AIS et une bouée de marquage associée à un houlographe,
- 1 zone de dragage d'exploitation de granulats : concession de 2012 à 2042 attribuée à la société GIE Manche Orientale, S.N.C Graves de Mer (Eurovia VINCI) qui extrait du sable et des graviers siliceux,
- 1 zone de chenal avec navigation règlementée.

En première approche, la nature des fonds observée sur la carte marine est, au nord : des sables, graviers et coquilles (débris coquilliers) ; au centre : des sables et coquilles (débris coquilliers) et au sud : des affleurements rocheux et des algues.

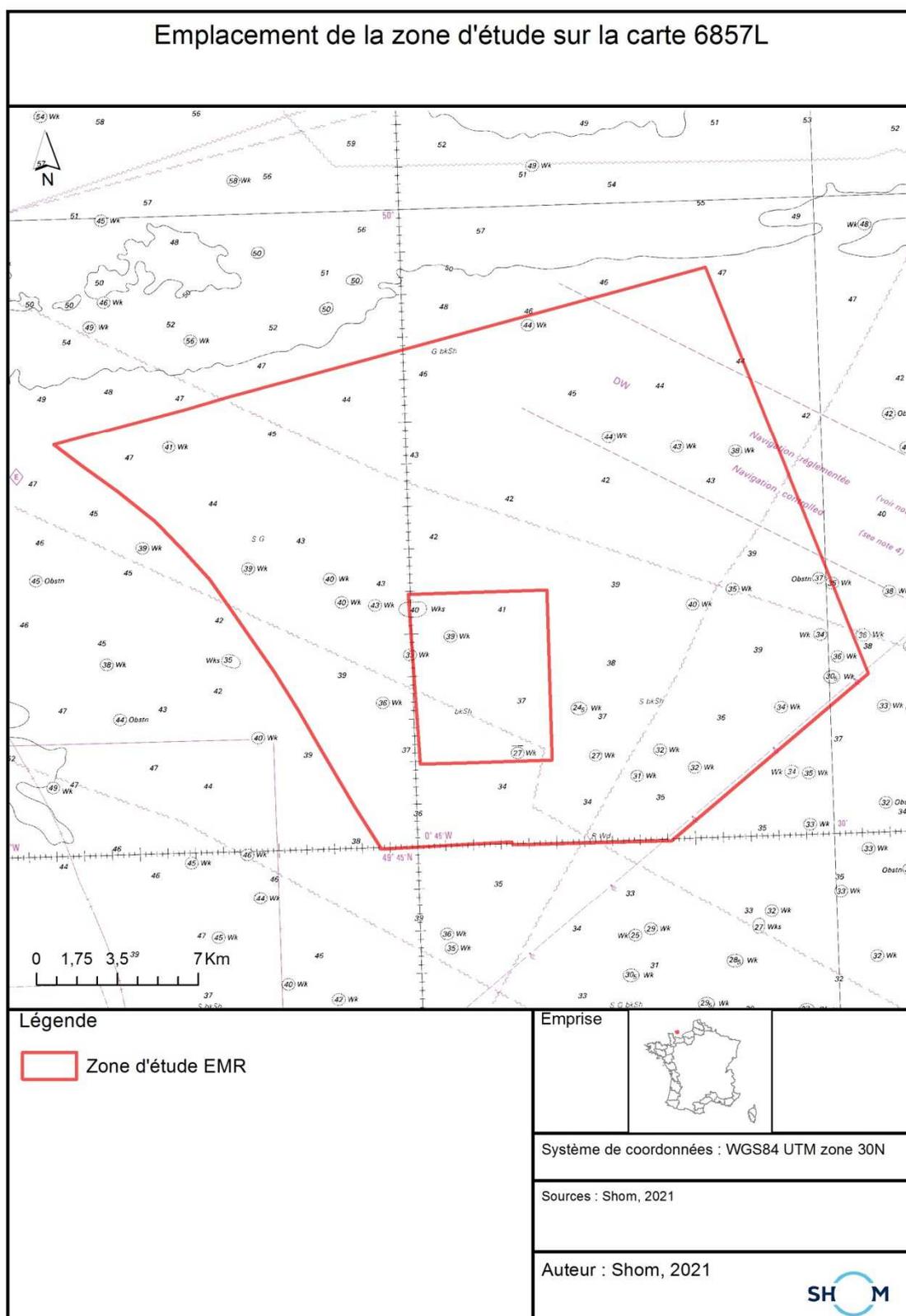


Figure 1 : Polygone EMR AO4 Normandie - Manche Est replacé sur la carte marine 6857

(Source : Shom, 2021)

2. Prélèvements de sédiments

Six campagnes de prélèvements ont été menées sur l'emprise de la zone d'étude en 1965, 1969, 1971, 1978, 1998 et 2014 (cf. Annexe 2). Même si ces campagnes ont donné lieu à de nombreux prélèvements, très peu d'entre eux ont été analysés et archivés en bases de données. Ainsi, peu de prélèvements comportent une localisation et des caractéristiques granulométriques pouvant être exploitées. La répartition de tous les points recensés est fournie à titre d'information dans les chapitres suivants. Tous les points de prélèvements sont fournis dans le fichier de livraison Echantillons_EMR_Manche_Shom2021.shp (cf détails §9).

2.1. BDSS (Base de Données Sédimentologiques du Shom)

Trois lots de données sédimentaires issus de la BDSS¹ couvrent la zone d'étude. Il s'agit des levés UC1965001, SN2000010 et SA2014003. Le tableau 1 regroupe les informations relatives à ces levés.

La répartition des prélèvements correspondants est représentée sur la figure 2.

Nom du levé	Année	Organisme	Description
UC1965001	1965	Université de Caen (C. Larsonneur)	Prélèvements à la drague. 19 prélèvements sont situés dans la zone d'étude. Les natures de fonds relevées sont les suivantes : cailloutis graveleux, cailloutis, graviers, sables graveleux.
SN2000010	1998	Marine nationale	Observations par plongeur. Une observation se situe dans la zone d'étude et indique la présence de sables graveleux.
SA2014003	2014	Shom	Prélèvements à la benne Shipeck. 16 prélèvements sont situés dans la zone et ont été analysés et traités via le logiciel Granush2 ² . Les natures de fond relevées sont les suivantes : cailloutis graveleux, sables graveleux, cailloutis, graviers, cailloutis graveleux.

Tableau 1 : Campagnes recensées dans la BDSS

¹ BDSS : Base de Données Sédimentologiques du Shom

² Logiciel du Shom permettant de faire de l'analyse granulométrique, c'est-à-dire d'associer une entité sédimentaire à un prélèvement donné en fonction des pourcentages présents des différentes classes de sédiments identifiées par tamisage

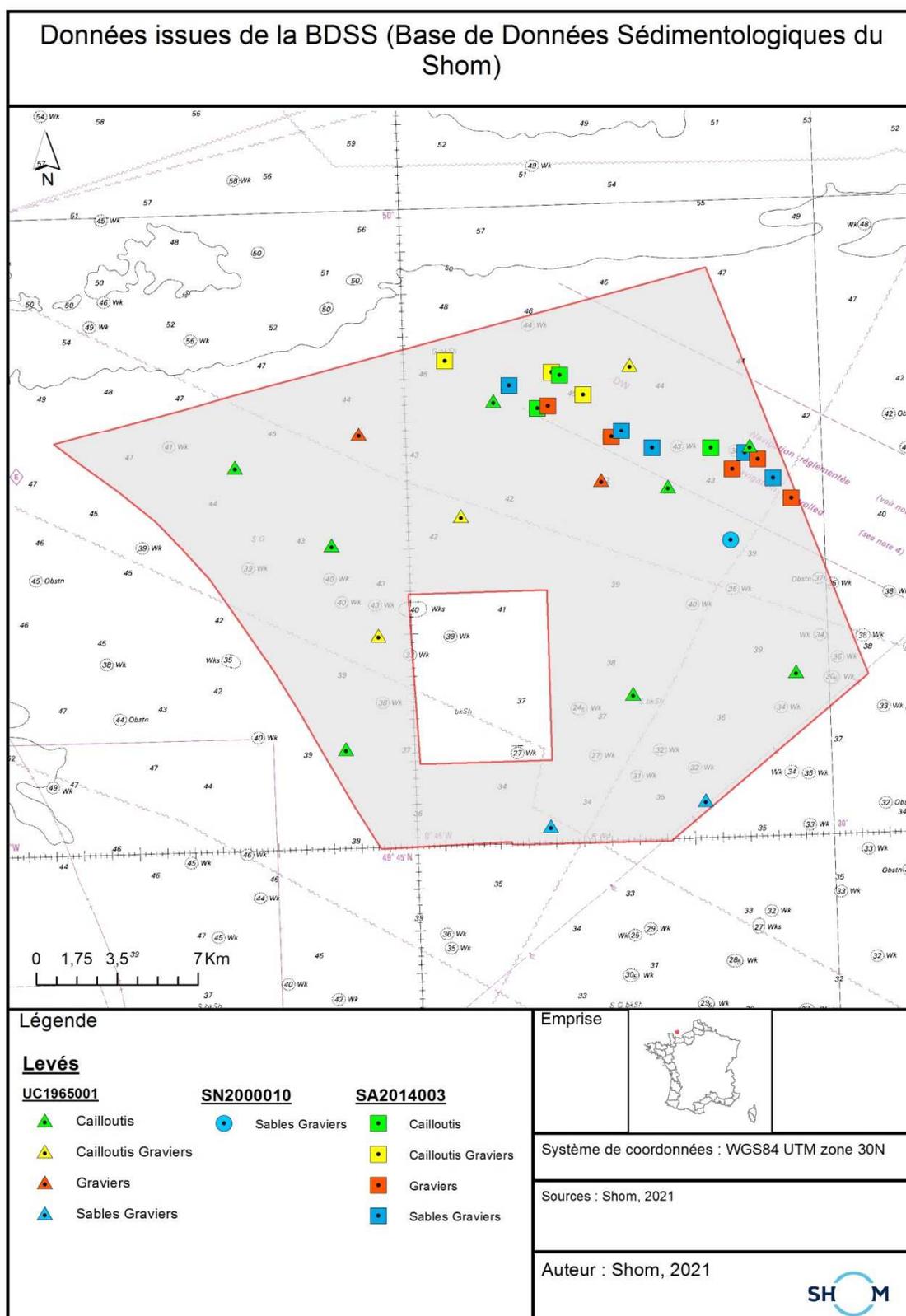


Figure 2 : Localisation des analyses granulométriques et descriptions (Source : Shom, 2021)

2.2. Sextant (*Base de données Ifremer*)

La base de données Sextant recense vingt prélèvements réalisés sur la zone à partir du navire Terebel durant la campagne MANCHE-EST-01-69 du CNEXO de 1969 menée dans le cadre de l'exploitation des granulats. Des carottes ont ainsi été réalisées au moyen d'un carottier à roche CNEXO-Ville. Seule la position de ces prélèvements (figure 3) est disponible ; les analyses granulométriques associées ne semblent pas archivées (Produit numérique « Granulats marins », Ifremer, 2013).

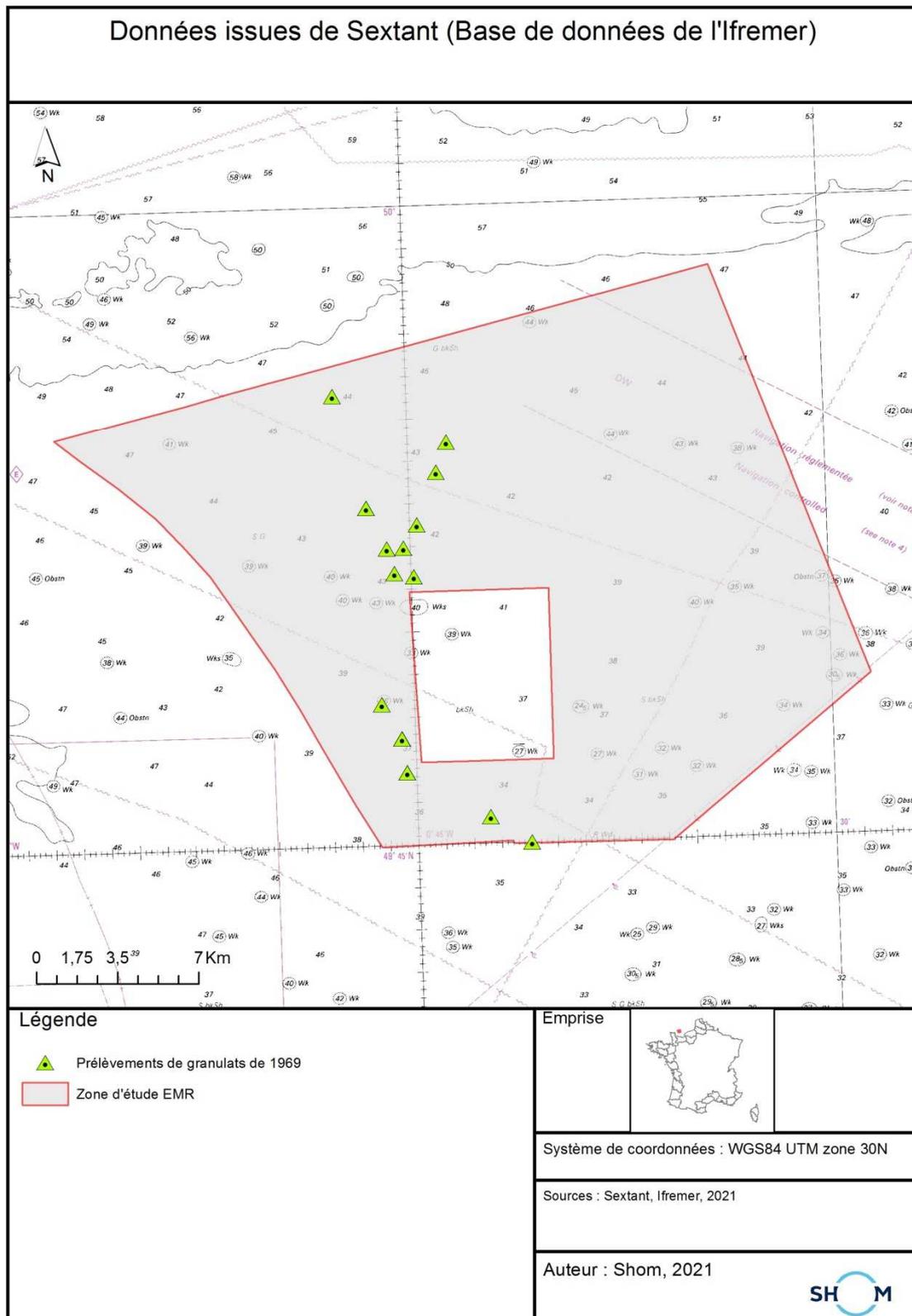


Figure 3 : Localisation des prélèvements recensés dans la base de données Sextant

(Source : Ifremer, 2021)

2.3. Banque de Géologie Marine (BGM) du BRGM

La BGM ³ recense sur la zone quarante-trois prélèvements répartis sur 4 campagnes (Tableau 2).

Campagne	Année	Chef de mission	Nombre de prélèvements	Commentaires
Benthos Manche (FI351971009911)	1971	CABIOCH	2	Dragage
Cotentin (FI351965000321)	1965	LARSONNEUR	16	Dragage
Ecomanche (FI351978002011)	1978	CHARDY	1	Benne Smith Mc Intyre
Manche Est (FI351969000111)	1969	VILLE	24	Carottier à roche, sismique réflexion (sparker, étinceleur)

Tableau 2 : Campagnes recensées dans la banque de géologie marine

Seules les informations relatives au positionnement des points de prélèvement sont accessibles (figure 4). Les analyses granulométriques correspondant à ces prélèvements ne sont pas disponibles.

³ BGM : Banque de Géologie Marine du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

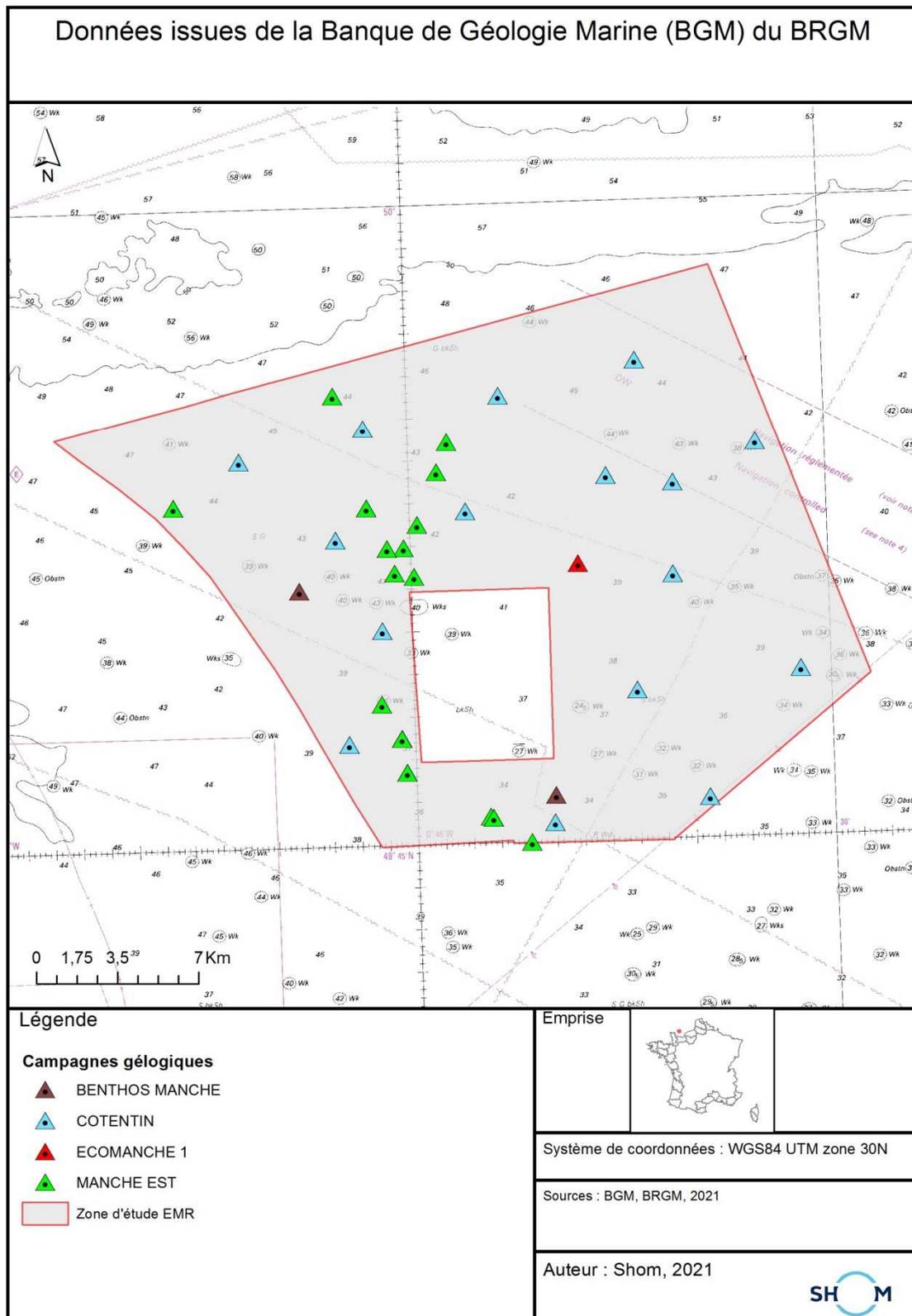


Figure 4 : Localisation des prélèvements recensés dans la Banque de Géologie Marine (Source : BRGM, 2021)

3. Données d'imagerie acoustique

Ce paragraphe se réfère aux données issues du signal rétrodiffusé du sondeur multifaisceaux et à l'imagerie du sonar latéral, les deux termes étant regroupés sous l'appellation d'imagerie acoustique. La valeur étudiée est la réflectance du fond. Aucune donnée d'imagerie acoustique n'est recensée sur la zone. Seules sont disponibles les lignes des levés effectués au moyen de sondeurs monofaisceau et multifaisceaux lors de campagnes de recherches sismiques et biologiques menées par l'Ifremer et le BRGM sur la zone. Les figures 5 et 6 présentent les profils de campagnes réalisés respectivement par l'Ifremer et le BRGM ainsi que les transits associés.

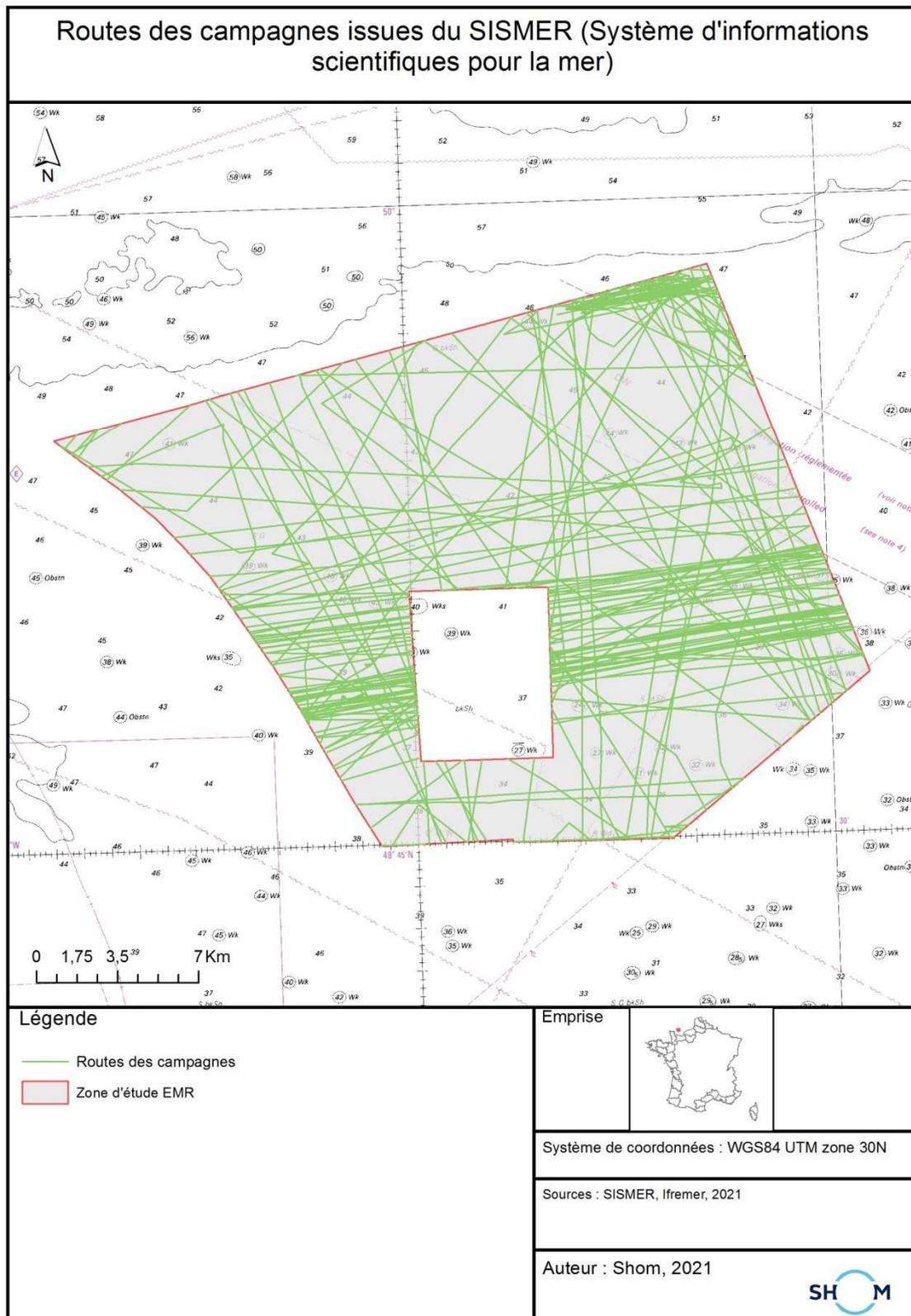


Figure 5 : Profils effectués dans le cadre de la recherche et recensés dans le SISMER⁴
(Source : Ifremer, 2021)

⁴ SISMER : Système d'Informations Scientifiques pour la MER de l'Ifremer

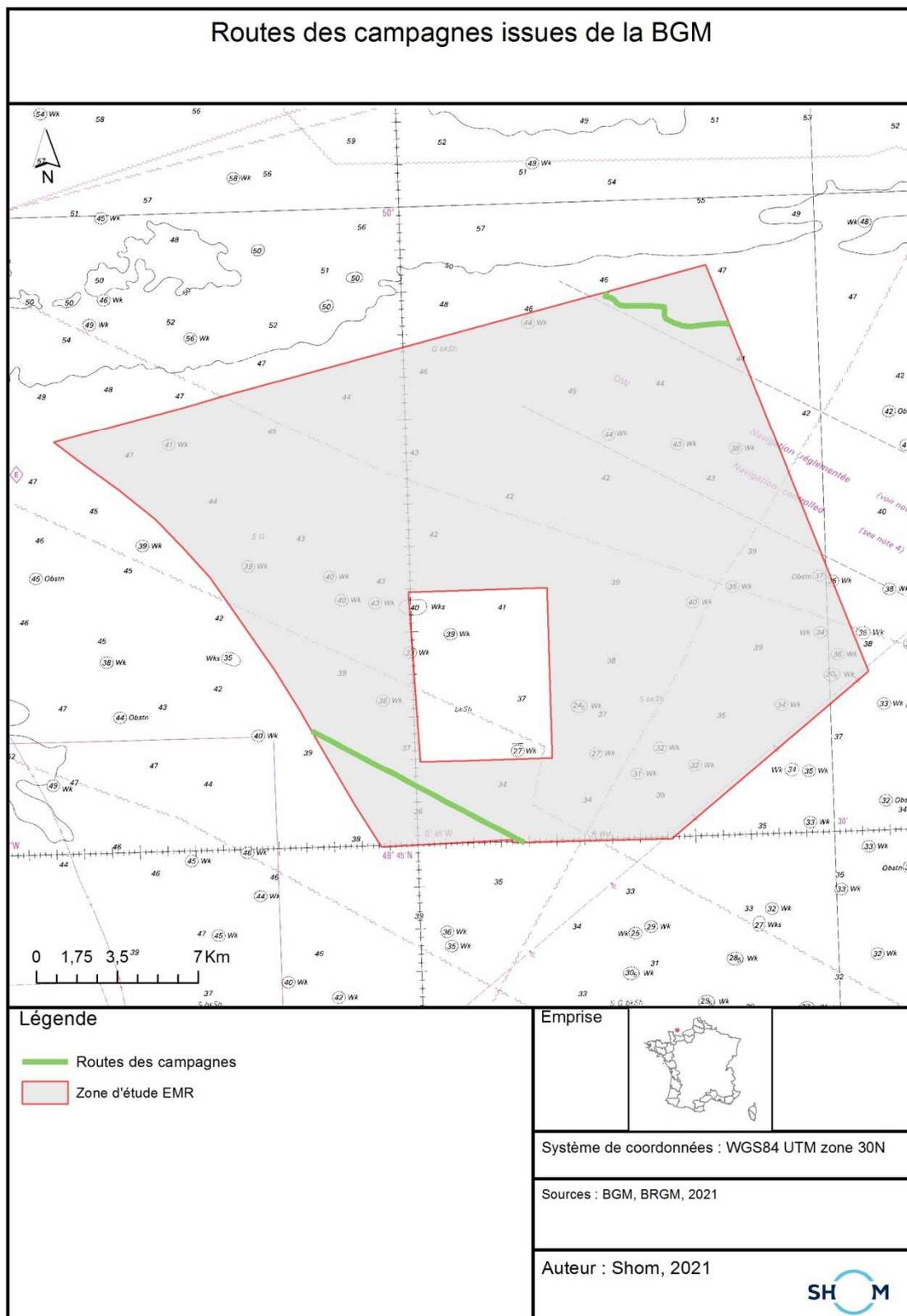


Figure 6 : Profils recensés dans la BGM (Source : BRGM, 2021)

4. Données de cartographie sédimentaire

4.1. Carte des sédiments superficiels

La seule carte de nature des sédiments superficiels existant pour cette région, trop éloignée de la côte pour être couverte par une carte G⁵, est la carte de référence des sédiments superficiels de la Manche au 1/500 000. Elle a été réalisée en 1979 par Larssonneur et al. à partir de prélèvements effectués entre 1960 à 1976.

Les fonds rencontrés sur la zone d'étude sont constitués de cailloutis et de mélanges de cailloutis et graviers (figure 7).

Cinq faciès sédimentaires différents sont identifiés sur cette carte : cailloutis lithoclastiques⁶, cailloutis graveleux lithoclastiques, gravier caillouteux lithoclastique, gravier caillouteux litho-bioclastique, gravier litho-bioclastique.

⁵ Carte G : carte de nature des fonds au 1 / 50 000 produite par le Shom le long des côtes de France

⁶ Cailloutis contenant des fragments de roche

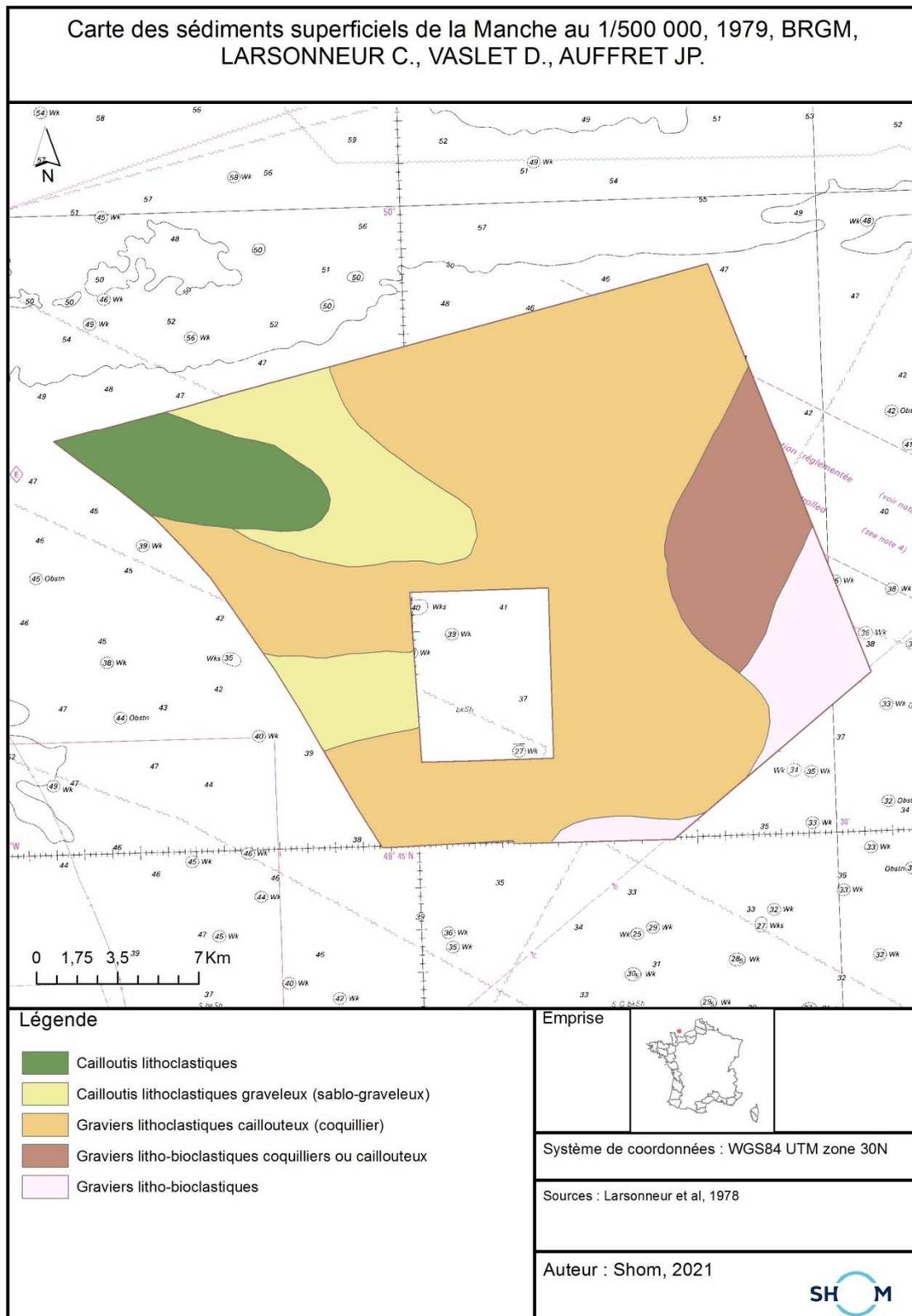


Figure 7 : Carte des sédiments superficiels de la Manche (Source : Larsonneur et al, 1979)

La distinction entre les sédiments lithoclastiques et litho-bioclastiques repose sur le pourcentage de carbonate de calcium présent dans le sédiment. Avec moins de 30% de calcaire, les sédiments lithoclastiques contiennent essentiellement des débris de roches. Les sédiments litho-bioclastiques comprennent quant à eux 30 à 50% de coquilles. Les cailloutis lithoclastiques appartiennent à la catégorie « Cailloutis » dans la classification Shom en vigueur (cf. Annexe 3). Les cailloutis lithoclastiques graveleux ou sablo-graveleux sont assimilés au mélange « Cailloutis-graviers » dans cette même classification et les graviers lithoclastiques caillouteux (coquilliers) correspondent à la classe « Graviers-cailloutis ». Enfin, les graviers litho-bioclastiques et les graviers litho-bioclastique coquillier ou caillouteux font partie de la classe « Graviers ».

Cette carte constitue une référence en matière de natures des fonds sur la zone.

4.2. Carte des peuplements macrobenthiques

La carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et de la Manche Centrale Sud, élaborée par Gentil et Cabioch (1976), a été numérisée en 2003 dans le cadre du REseau de surveillance de la flore et de la faune BENThique marine (REBENT). Afin d'établir cette carte, des prélèvements ont été effectués entre 1971 et 1976 à partir d'un navire océanographique du CNRS, le Plutéeus II, géré par la Station Biologique de Roscoff (SBR). Des photographies sous-marines sont venues compléter ces prélèvements (Gentil, 1976). Les analyses granulométriques des échantillons ont également été exploitées dans le cadre de l'élaboration de la carte sédimentologique de la Manche (Vaslet et al., 1978 ; Larsonneur et al., 1985).

Une mise à jour de cette carte des peuplements macrobenthiques a été effectuée en 1978 à l'échelle 1/100 000. Elle a été numérisée en 2006 dans le cadre du programme REBENT. Une harmonisation avec la typologie EUNIS⁷ (voir Annexe 4) a ensuite été menée en 2007.

Deux faciès sédimentaires sont identifiés ici (figure 8) : des cailloutis plus ou moins graveleux et des graviers plus ou moins ensablés.

Les cailloutis plus ou moins graveleux correspondent au code EUNIS A4.13_FR01 tandis que les graviers plus ou moins ensablés correspondent au code EUNIS A4.13_FR02. Les deux correspondent à des sédiments grossiers du circalittoral côtier (A5.13 code EUNIS).

⁷ La typologie EUNIS (European Nature Information System) est une classification des habitats naturels, semi-naturels et anthropiques des secteurs terrestres et marins d'Europe. Elle est utilisable sur tout le territoire français métropolitain et sur tous types de milieu. (Gayet et al 2018)

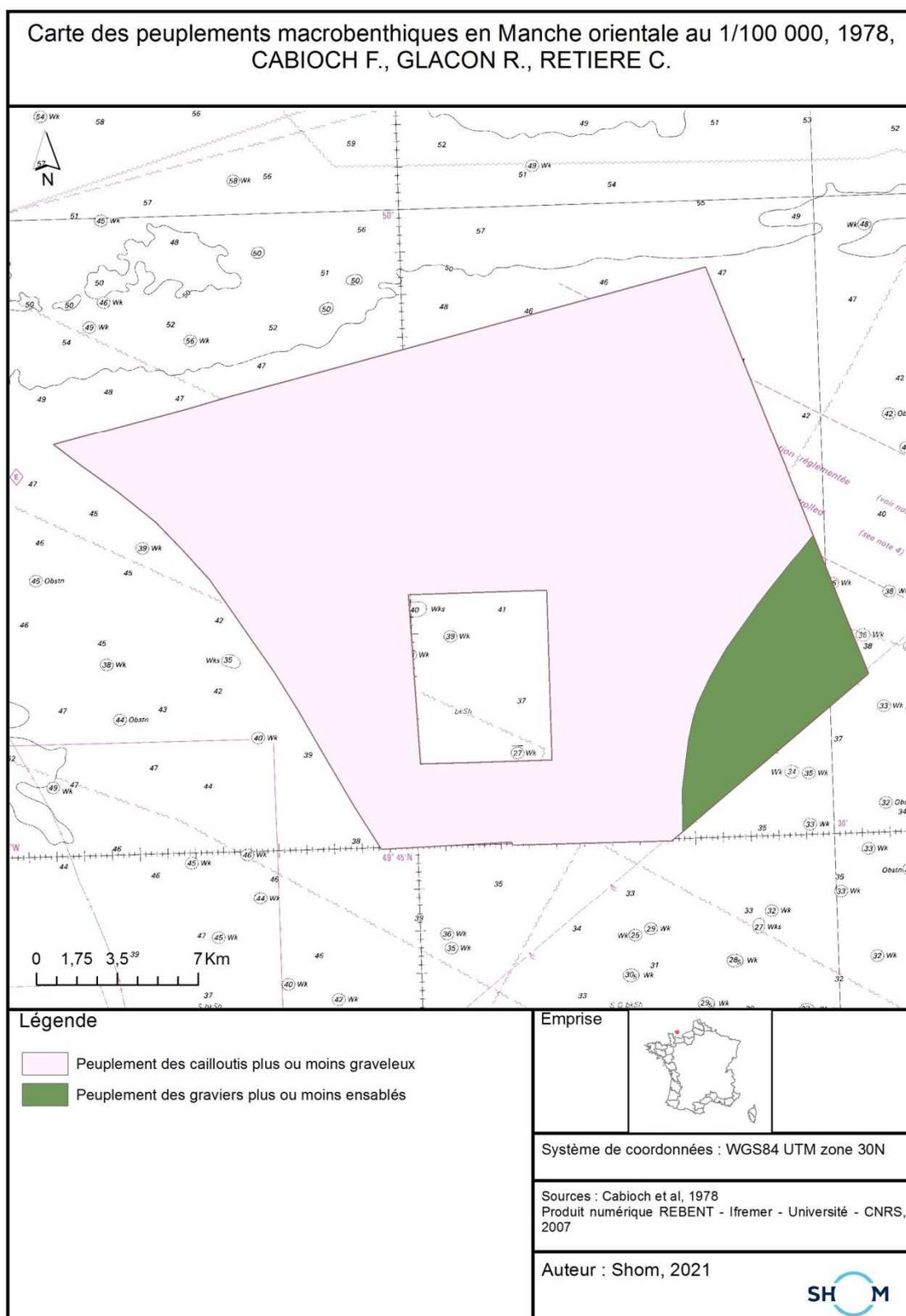


Figure 8 : Extrait de la carte des peuplements macrobenthiques en Manche orientale (Source : Cabioch et al., 1978)

5. Analyse sédimentologique

Dans la zone d'étude, la répartition des sédiments est essentiellement contrôlée par les courants forts générés par les marées et la houle. La dynamique associée ne permet pas aux sédiments fins de se déposer de façon pérenne dans ce secteur. Les sédiments rencontrés sont ainsi exclusivement grossiers à très grossiers avec des graviers (de 2cm à 2mm) plus ou moins ensablés et des cailloutis (> 2cm) plus ou moins graveleux. Les sédiments fins peuvent localement être piégés dans les interstices des sédiments grossiers.

Cailloutis et graviers sont essentiellement constitués de matériaux siliceux (quartz, grès et fragments de roches). Les débris calcaires bioclastiques sont composés de coquilles et de débris d'organismes calcaires. Une particularité de la Manche est la présence, exceptionnelle à cette latitude, de sédiments biogènes. De tels sédiments, qui contiennent plus de 50% de coquilles, correspondent en effet généralement à des sédiments tropicaux (Larsonneur, 1971).

6. Epaisseur des sédiments

Les données d'épaisseur sédimentaire disponibles sur le secteur Manche Est sont issues de l'interprétation de profils sismiques acquis au cours de campagnes relativement anciennes. Les premières études ont été réalisées dans le cadre du programme de reconnaissance géologique des plateaux continentaux français. Différentes campagnes sismiques ont ainsi été programmées sur plusieurs années (voir figure 9 et Annexe 2) :

- en 1969, 2 550 km de profils sismiques ont été acquis lors d'une campagne menée par le CNEXO ; des prélèvements de roche et de sédiments ont également été effectués ; l'étude a été réalisée par le groupe Norois et le CNEXO ;
- en 1970, une campagne de sismique et de carottage a été menée par la société Geotechnip à la demande du CNEXO ; environ 650 km de profils ont alors été acquis ;
- entre 1973 et 1978, plus de 4 000 km de profils sismiques ont été acquis par le laboratoire de Géologie marine de l'Université de Caen et par le BRGM ; l'université de Londres a également participé à l'acquisition de 3 500 km de profils.

Ces données anciennes n'ont pas toutes été archivées dans les différentes banques de données sismiques françaises en raison de leur incompatibilité avec les outils actuels. La plupart ne sont que des bandes papier. Leur intégration dans des produits est difficile, notamment pour l'interprétation et le positionnement de ces données. Cependant, et même si ces données sont aujourd'hui complexes à exploiter, ces campagnes ont à l'époque abouti à la réalisation de produits synthétisant l'architecture sédimentaire de la région. On recense notamment l'existence de la carte intitulée « La Manche orientale, carte des paléovallées et des bancs sableux » produite par l'Université de Caen (J. P. Auffret, R. Horn, C. Larssonneur, 1982).

Il n'existe pas de carte d'épaisseur sédimentaire recouvrant l'ensemble de la Manche dans la littérature. Cependant, les travaux sur les fosses de la Manche par Hinschberger, 1963 ; Boillot, 1964 ; Auffret et al., 1977 ; Alduc, 1979 et Quesney, 1983 ; ont permis aux chercheurs d'établir une synthèse de l'épaisseur des nappes alluviales des paléovallées présentes dans la région (voir figure 10). Cette carte part du principe que les épaisseurs de sédiments proviennent de dépressions comblées (paléovallées) et de dépôts en reliefs (bancs et dunes sableuses). Tous les autres secteurs, en blanc sur la figure 10, sont assimilés à des fonds rocheux sans épaisseur notable de sédiments.

D'après la carte d'épaisseur des paléovallées, la zone d'étude EMR de l'AO4 Normandie – Manche Est est traversée par des paléovallées uniquement au nord-est et au sud-ouest. L'épaisseur des nappes alluviales n'excède pas 15 m au sud et peut atteindre, dans de petits secteurs, jusqu'à 20 m au nord. Le reste de la zone d'étude présente a priori une épaisseur sédimentaire faible. Cependant, la faible densité de profils sismiques sur la zone d'étude ne permet pas une interprétation complète et la présence de dunes ou de dépressions sédimentaires demeure possible.

D'autres données ont été acquises au cours de 3 campagnes plus récentes (figure 11) :

- la campagne Courseulles Cable PPT MR 741 menée par le BRGM en 1992 ;
- la campagne BaiSeine07 à bord du Côte d'Aquitaine en juin-juillet 2007 en collaboration avec l'université de Caen et le BRGM ;
- la campagne SeineHR/THR à bord du Côte de la Manche en juillet 2008 dans le cadre d'une collaboration entre l'Université de Caen et le BRGM.

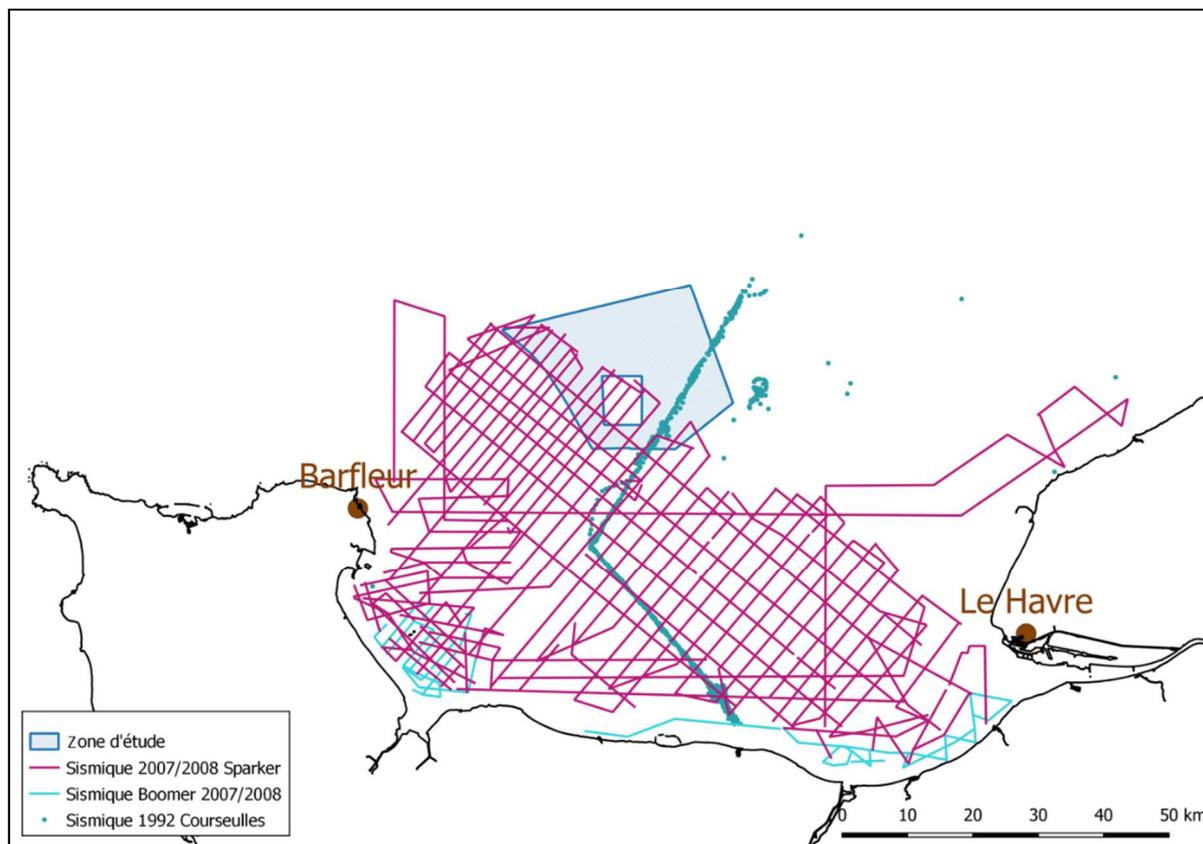


Figure 11 : Carte de localisation des profils sismiques des missions Courseulles, BaiSeine07, Seine HR/THR
(Source : BGM 2021)

Au cours de ces campagnes BRGM - Université de Caen, 2 900 km de profils monotraces ont été acquis à l'aide d'un sparker SIG 50J, et 230 km à l'aide d'un boomer IKB-Seistec. L'espacement entre profils est souvent compris entre 1 et 2,5 kilomètres, la résolution horizontale est ainsi nettement améliorée par rapport aux travaux plus anciens. Cependant, les profils acquis au cours de cette période ne couvrent que la région sud-ouest de la zone d'étude, soit environ un tiers de la zone. Les données de la campagne Courseulles présentent

quant à elles une couverture plus restreinte et ne traversent la zone d'étude du sud-ouest au nord-est qu'en une seule section.

Les données des trois campagnes « Seine » ont été enregistrées à l'aide du logiciel d'acquisition Delph⁸ ce qui rend leur exploitation possible avec les méthodes de traitement plus récentes.

Elles ont en particulier fait l'objet d'un travail de thèse mené par M. Benabdellouahed (en 2011) « La Seine fluviatile plio-quaternaire en baie de Seine : évolution morphologique et sédimentaire (rôle du substratum géologique et des cycles climato-eustatiques) ». Certaines interprétations sismiques sont disponibles dans le rapport de thèse.

Un bloc diagramme de la position du substratum géologique a ainsi pu être créé (figure 12). On remarque, par analogie avec la carte d'épaisseur des paléovallées et des nappes alluviales (figure 10), que la région sud-ouest de la zone d'étude est susceptible de présenter les épaisseurs les plus importantes. Les travaux de M. Benabdellouahed estiment également que le substratum géologique se trouve à environ -50 m dans cette région (par rapport au zéro hydrographique), représentant une épaisseur d'environ 15 m au sud-ouest, ce qui est conforme aux conclusions des travaux plus anciens menés sur ce secteur. La présence d'une paléovallée au sud-ouest de la zone d'étude est donc confirmée. Cependant, le manque de profils sismiques au nord n'a pas permis l'extension du bloc diagramme. La partie supérieure de la zone d'étude reste donc encore peu connue.

⁸ Delph Seismic est un logiciel d'acquisition, de traitement et d'interprétation de données sismiques haute résolution et de profilage des fonds marins pour les géologues et les géophysiciens.

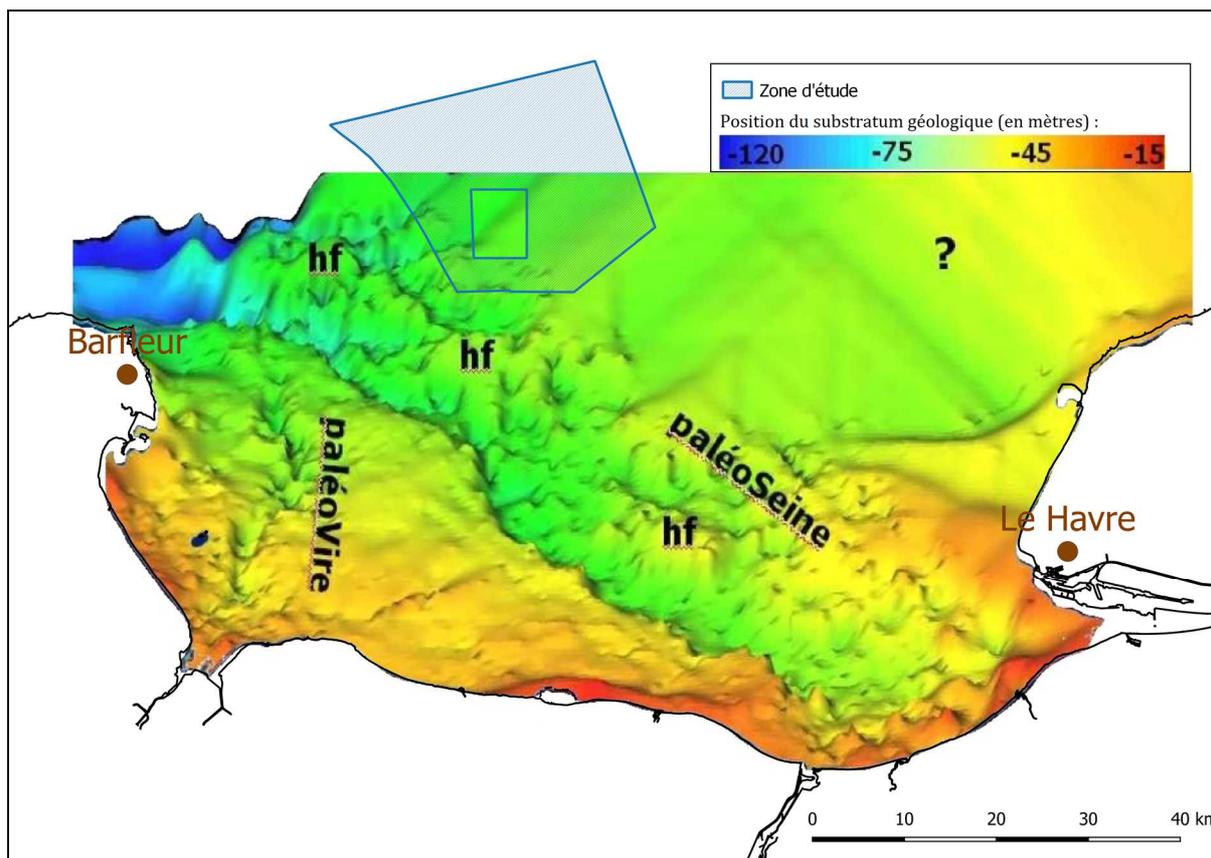


Figure 12 : Bloc diagramme en mètres du toit du substratum géologique établi à partir du Modèle Numérique de Terrain d'isohypse en temps double, montrant la paléoSeine, la paléoVire et les hauts fonds (hf) (? = lacune de données) (Source : modifié d'après Benabdellouahed et al., 2011)

Enfin, il existe deux campagnes datant de moins d'une dizaine d'années en Manche Est. Il s'agit de deux campagnes réalisées par le BRGM (figure 13) :

- la campagne Mercaux 2013, initiée pour l'amélioration des connaissances géologiques du plateau continental français dans le cadre du programme RGF (Référentiel Géologique de la France). Un sondeur sparker 50J a été déployé.
- la campagne Mercaux 2015, qui visait à compléter la couverture sismique de la baie de Seine pour la réalisation d'une carte géologique au 1/250 000 dans la zone, 109 profils monotraces ont ainsi été acquis.

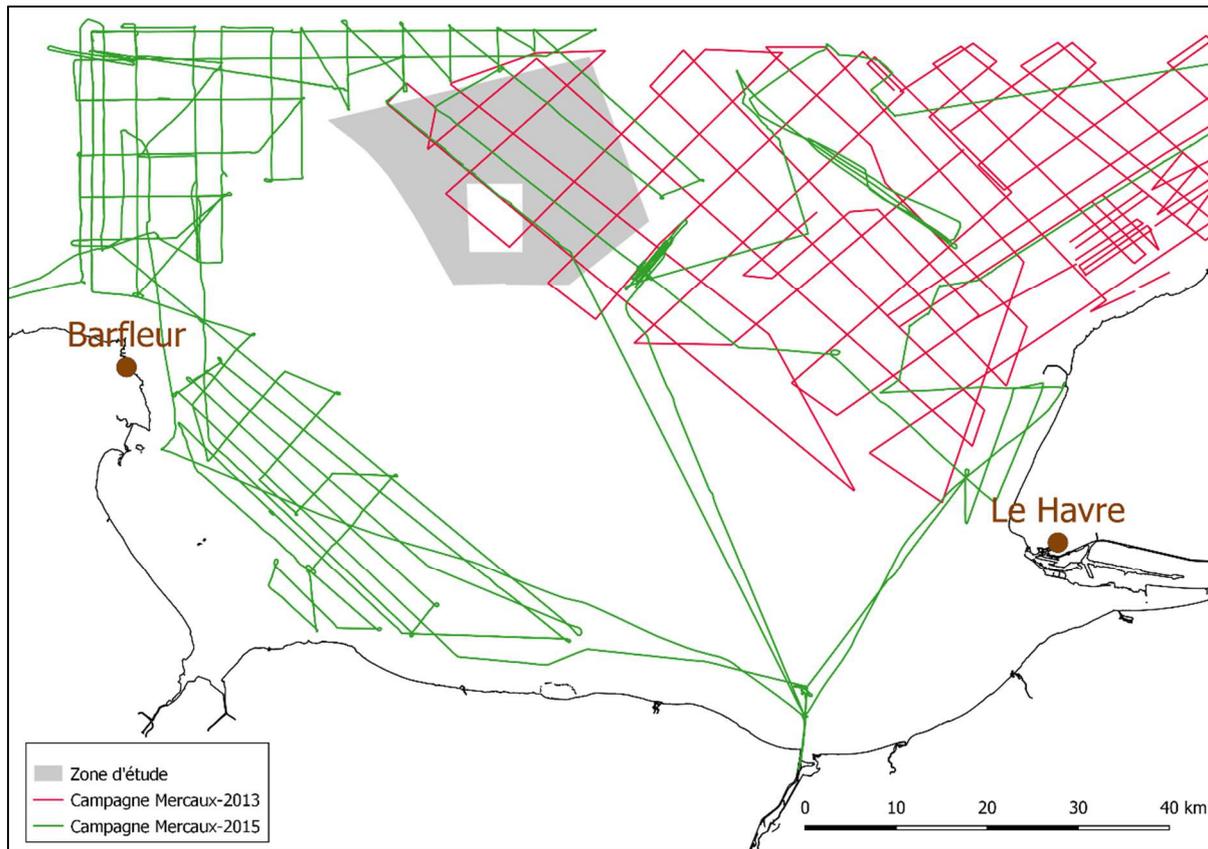


Figure 13 : Carte de localisation des profils sismiques des campagnes Mercaux (source : BRGM – SISMER 2021)

Ces données sismiques du BRGM n'ont pas encore été transmises au Shom. Au vu de la densité des profils dans la zone d'étude et du caractère récent de ces données, leur intégration dans la future carte d'épaisseur sédimentaire est importante.

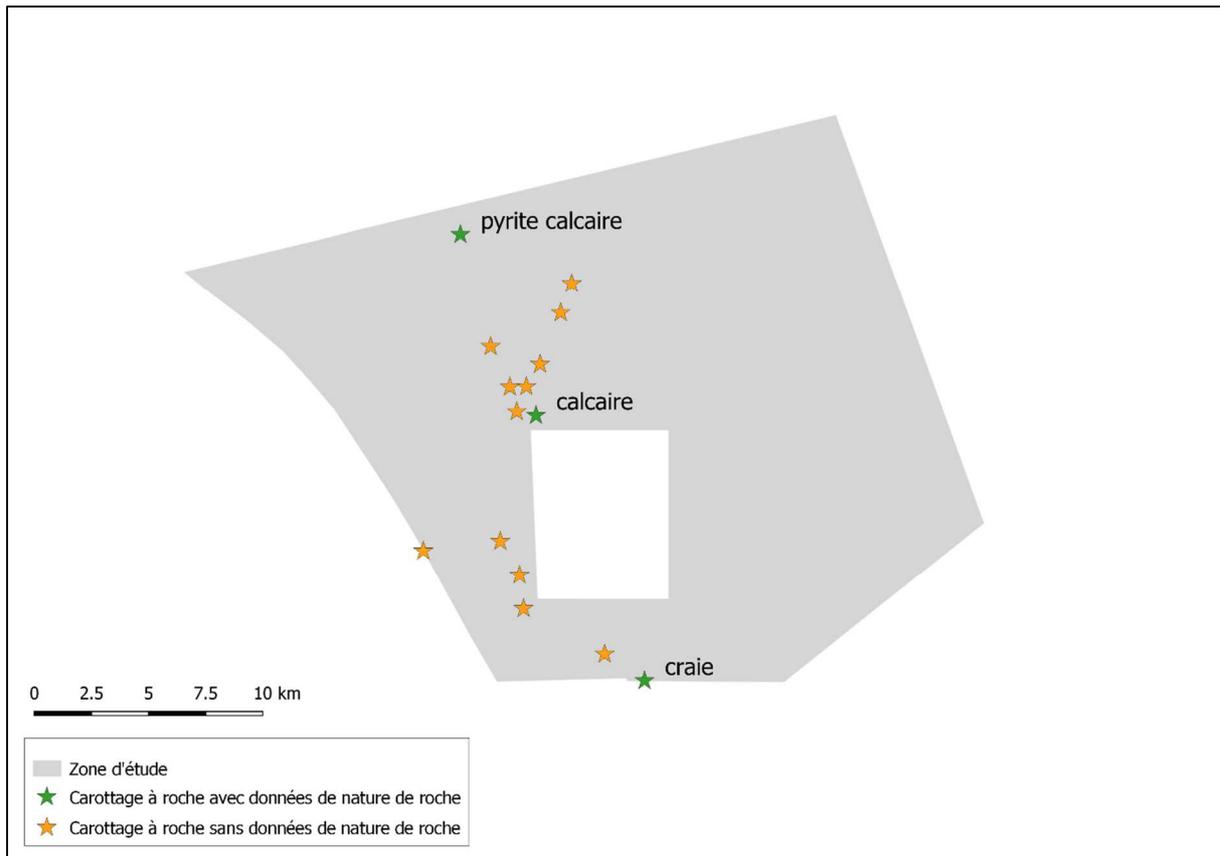


Figure 15 : Carte des prélèvements réalisés au carottier à roche sur la zone EMR.

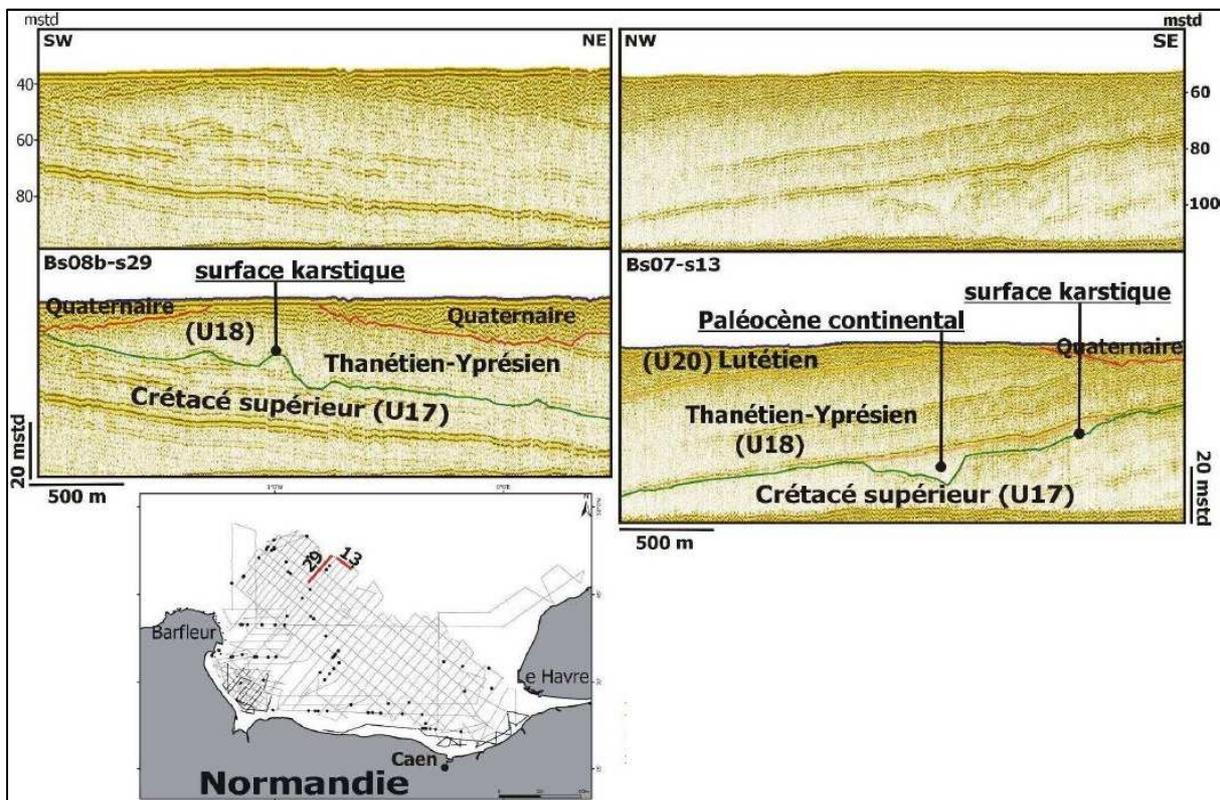


Figure 16 : Profils sismiques interprétés (sparker) des campagnes SeineHR en Manche Orientale (2007/2008) au niveau la zone d'étude EMR (Source : Benabdellouahed, 2011).

Hormis les campagnes évoquées dans ce document, la zone d'étude considérée n'a jusqu'à présent pas fait l'objet d'autres études sismiques.

7. Conclusion

Les fonds de la zone d'étude EMR Normandie Manche-est (AO4) semblent être essentiellement constitués de cailloutis et de graviers. Le manque de prélèvements récents ainsi que l'absence d'imagerie acoustique ne permettent pas actuellement une analyse précise de la zone. La réalisation de levés complémentaires permettra d'améliorer l'état de la connaissance et de réaliser une carte de nature de fond plus résolue, s'appuyant sur un nombre important de prélèvements et sur de l'imagerie.

En ce qui concerne l'épaisseur des sédiments, les travaux menés par le passé ont montré que la portion sud de la zone d'étude est caractérisée par la présence d'anciennes paléovallées pouvant atteindre jusqu'à 15 m d'épaisseur. La connaissance des secteurs nord et nord-est de la zone d'étude EMR demeure insuffisante à ce stade. L'analyse des profils anciens tend à montrer que les épaisseurs sédimentaires y sont nettement plus faibles mais rien ne permet d'affirmer avec certitude que la faible épaisseur sédimentaire est répartie de manière homogène. De plus, même si la région sud-ouest a déjà fait l'objet de campagnes au sondeur de sédiments, l'espacement entre profils est trop important pour identifier des variations locales de l'épaisseur sédimentaire. L'amélioration de la connaissance de la zone grâce à des levés complémentaires apparaît aujourd'hui indispensable afin de fournir une caractérisation complète de la zone d'étude.

8. Bibliographie

Alduc, D. (1979). *Nouvelles données sur le Pléistocène de la basse vallée de la Seine et son prolongement sous-marin en Manche orientale.*

Augris, C. (2004). *Évolution morpho-sédimentaire du domaine littoral et marin de la Seine-Maritime.* Editions Quae.

Auffret, J. P., & Colbeaux, J. P. (1977). *Etude structurale du Boulonnais et de son prolongement sous-marin en Manche orientale.* Bulletin de la Société Géologique de France, 7(5), 1047-1055.

Auffret, J. P., Larsonneur C., & Bouysse, P. (1982). *The superficial sediments of the English Channel and its western approaches.* Sedimentology, 29(6), 851-864.

Avoine, J., Allen, G. P., Nichols, M., Salomon, J. C., & Larsonneur, C. (1981). *Suspended-sediment transport in the Seine estuary, France: effect of man-made modifications on estuary—shelf sedimentology.* Marine Geology, 40(1-2), 119-137.

Avoine, J., Crevel, L., Dubrulle, L., & Guegueniat, P. (1984). *Sédiments et dynamique sédimentaire en baie de Seine.* In *Journées de l'hydraulique.* 18.

Benabdellouahed, M. (2011). *La Seine fluviale plio-quadernaire en Baie de Seine : évolution morphologique et sédimentaire (rôle du substratum géologique et des cycles climato-eustatiques)* (Thèse de doctorat, Université de Caen).

Benabdellouahed, M., Dugué, O., Tessier, B., Thinon, I., & Guennoc, P. (2013). *Évolution pléistocène de la Seine fluviale préservée en Baie de Seine.* *Quaternaire.* Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire, 24(3), 267-277.

Benabdellouahed, M., Dugué, O., Tessier, B., Thinon, I., Guennoc, P., & Bourdillon, C. (2014). *Nouvelle cartographie du substratum de la baie de Seine et synthèse géologique terre-mer : apports de nouvelles données sismiques et biostratigraphiques.* Géologie de la France, 1, 21-45.

Blanpain, O. (2009). *Dynamique sédimentaire multiclasse: de l'étude des processus à la modélisation en Manche* (Thèse de doctorat, Université de Rouen).

Boillot, G. (1964). *Géologie de la Manche occidentale : fonds rocheux, dépôts quaternaires, sédiments actuels.* Norois, n°46, pp. 250-255.

Bournerias, M., Fiasson, J., Pomerol, C., & Turquier, Y. (1984). *La Manche du Havre à Avranches (Basse Normandie).* *Publications de la Société Linnéenne de Lyon,* 53(9), 293-293.

Cabioch, L., Gentil, F., Glaçon, R., & Retière, C. (1978). *Le bassin oriental de la Manche, modèle de distribution de peuplements benthiques dans une mer à fortes marées.* Journal de Recherche Océanographique, 3(1), 24.

Clique, P. M., & Lepetit, J. P. (1986). *Catalogue sédimentologique des côtes françaises, côtes de la mer du Nord et de la Manche.* LNH, Eyrolles, Paris.

Croguennec, C., Guillaumont, B., Bajjouk, T., Hily, C., & Gentil, F. (2011). *REBENT-Atlas de cartes d'habitats historiques-Réseau Benthique.* Edition 2011.

Duclos, P. A. (2012). *Impacts morpho-sédimentaires de l'extraction de granulats marins – application au bassin orientale de la Manche*. (Thèse de doctorat, Université de Rouen).

Garlan, T., & Marchès, É. (2012). *Nature des fonds marins. Sous-région marine Manche-Mer du Nord*. Evaluation initiale DCSMM.

Garnaud, S. (2003). *La sédimentation fine sur une plate-forme interne actuelle macrotidale : la Baie de Seine sud-orientale (France)* (Thèse de doctorat, Université de Caen).

Gayet G., Baptist F., Maciejewski L., Poncet R.n Bensestiti F. (2018). *Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS*.

Gentil, F. (1976). *Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine* (Thèse de doctorat, Université Paris 6).

Gentil, F., Cabioch, L. (1997). *Carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et de la Manche centrale sud*. Editions de l'Observatoire Océanologique de Roscoff.

Guérin, A. (2003). *La Normandie : la géologie, les milieux, la faune, la flore, les hommes*. Delachaux et Niestlé.

Guilcher, A., & Larsonneur, C. (1973). *Manche orientale et Baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles*. *Noröis*, 77(1), 143-145.

Hinschberger, F. (1963). *Un problème de morphologie sous-marine : la Fosse d'Ouessant*. *Noröis*, 39(1), 217-233.

Ifremer, 2006. *Inventaire des ressources en matériaux marins – Façade Manche-Est et Loire-Gironde*.

Ifremer, 2010. *Inventaire et bancarisation des données de Géosciences Marines pour les façades Atlantique, Manche et Méditerranée*.

Ifremer, 2010. *Cartographie des habitats physiques EUNIS – Côtes de France*. Agence des aires marines protégées.

Ifremer, 2013. *Produit numérique « Granulats marins »*.

Larsonneur, C. (1971). *Manche centrale et Baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles* (Thèse de doctorat, Université de Caen).

Larsonneur, C., Auffret, J., & Avoine, J. (1985). *Etudes hydrosédimentaires en Baie de Seine*.

Lericolais, G. (1997). *Evolution du Fleuve Manche depuis l'Oligocène : Stratigraphie et Géomorphologie d'une Plateforme Continentale en Régime Périglaciaire* (Thèse de doctorat, Université de Bordeaux).

Maquaire, O., Detourbe, S., & Coudray, N. (2019). *Synthèse des connaissances du cap d'Antifer au cap de la Hague*.

Morvan, G. (2012). *Topographie et bathymétrie des fonds marins-Relief. Sous-région marine Manche-Mer du Nord*. Evaluation initiale DCSMM.

Quesney, A. (1983). *Manche occidentale et Mer Celtique : étude des paléovallées, des fosses et des formations superficielles* (Thèse de doctorat, Université de Caen).

Réseau de Transport d'Electricité, (2019). *Projets éoliens en mer au large de la Normandie – Analyse bibliographique Environnementale*.

Souverain, G. (2011). *Connaissances morpho-sédimentaires et biologiques des petits fonds et des échanges sableux entre le large et la côte*. Réseau d'observation du littoral normand et picard (rapport de stage, Université du Havre).

Vaslet, D., Larssonneur, C., & Auffret, J. P. (1978). *Les sédiments superficiels de la Manche 1/500000. Carte géologique de la marge continentale française*. Ministère de l'industrie, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Centre National pour l'Exploitation des Océans.

9. Liste des données livrées

Les données fournies sont des fichiers shape (*.shp) comprenant les données recensées par le Shom dans la zone d'étude EMR considérée.

- T2.S1 : Produit numérique nature de fond (SHP) : NF_EMR_Manche_Shom2021.shp

Le fichier comporte 5 colonnes : OBJECTID (Numéro de l'entité), FAC_SEDIM (Description de la nature de fond selon les faciès décrits par Larsonneur en 1979), TYPE_DE_FO (Description de la nature de fond selon la classification Shom), SHAPE_LENG (Longueur de la zone), SHAPE_AREA (Etendue de la zone). Ce fichier contient les données présentées au paragraphe 4.1 et sur la figure 7.

- T2.S2 : Analyse granulométrique et description des échantillons (SHP) : Echantillons_EMR_Manche_Shom2021.shp

Le fichier comporte 6 colonnes : ID (Identification du prélèvement avec le numéro de campagne et le numéro de l'échantillon), LAT (Latitude), LON (Longitude), EQUIPEMENT (Type d'équipement utilisé pour le prélèvement d'échantillons), SHOM_IDENT (Description de la nature de fond selon la classification Shom), SHOM_CODE (Code attribué à la classification Shom). Ce fichier contient les données présentées au paragraphe 2 et sur les figures 2, 3 et 4.

- T2.S3 : Epaisseur de sédiment (SHP) : Isopaque_paleovallees_Manche.shp

Le fichier comporte 3 colonnes : EPAISSEUR (épaisseur de la couche), LITHOLOGIE (nature du sédiment du polygone), SOURCE (origine du polygone).

ANNEXE 1 : LISTE DES DONNEES CARTOGRAPHIQUES

<u>LISTE DES CARTES SUR LA ZONE</u>	
1971	LARSONNEUR C. Manche centrale et Baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles. Thèse de doctorat en Science, Université de Caen.
1976	GENTIL F., CABIOCH L. Carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et Manche centrale sud. Edition de la station biologique de Roscoff. Produit numérique REBENT Ifremer-Université-CNRS, 2004
1977	LARSONNEUR C., Carte des sédiments superficiels de la Baie de Seine.
1978	CABIOCH L., GENTIL F., GLACON R., RETIERE C. Carte des peuplements macrobenthiques en Manche orientale au 1/100 000 ; Produit numérique REBENT Ifremer-Université-CNRS, 2007.
1978	VASLET D., LARSONNEUR C., AUFFRET J.-P. Carte des sédiments superficiels de la Manche à 1/500 000. BRGM Ed., Orléans, France.
1979	LARSONNEUR C., VASLET D., AUFFRET J.-P. Carte des sédiments superficiels de la Manche au 1/500 000, BRGM.
1982	AUFFRET J.-P., ALDUC D., LARSONNEUR C. La manche orientale à 1/500 000. Paléovallées et bancs sableux. B.R.G.M Ed., Orléans, France.
1997	GENTIL F., CABIOCH L. Carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et de la Manche centrale sud, éditions de l'Observatoire océanologique de Roscoff.
2008	MNT bathymétrique SHOM-IFREMER Golfe de Gascogne et Manche
2010	BENABDELLOUAHED M., Carte géologique révisée de la baie de Seine (extraite de la carte géologique de la France à 1/1 000 000 (BRGM), 6ème édition ; Chantraine et al.,1999).

ANNEXE 2 : LISTE DES CAMPAGNES MENEES SUR LA ZONE

Année	Responsable	Matériel	Nom de la mission ou numéro du levé
1965	C. Larsonneur	Drague	Cotentin (FI351965000321)
1965	Université de Caen (C. Larsonneur)	Drague	UC1965001
1968	Guyader		
1969	CNEXO, Geotechnip, IFP	Carottier à roche, sismique réflexion (sparker, étinceleur)	MANCHE-EST-01-69 (FI351969000111)
1970	CNEXO, Geotechnip	Profils sismiques, carottage	
1971	Cabioch	Drague	Benthos Manche (FI351971009911)
1972	CNEXO		
1973	Université de Caen et BRGM	Profils sismiques	
1978	Chardy	Benne Smith Mc Intyre	Ecomanche (FI351978002011)
1978	Université de Caen et BRGM	Profils sismiques	
1982	Shom	Levé bathymétrique de la Baie de Seine, Espérance-Astrolabe.	S198202800
1983	Shom	Levé bathymétrique, Espérance-Astrolabe.	S198302400
1984	Shom	Levé bathymétrique, Espérance-Astrolabe.	S198402100
1998	Marine nationale	Observations par plongeur	SN2000010
2007/07	Université de Caen		Mission BaiSeine07
2008/07	Université de Caen		Mission SeineTHR
2009/04	?	Mission de carottage de roche	Mission Carboseine
2010	Ifremer	EK60 (Thalassa)	
2011	Ifremer	EK60 (Thalassa)	
2012	Ifremer	EK60 (Thalassa)	
2013	Ifremer	EK60 (Thalassa)	
2013	BRGM	Sparker 50J	Mercaux 2013
2014	Ifremer	EK60 (Thalassa)	
2014	Shom	Benne Shipec	SA2014003
2014	Shom		S201404800
2015	Ifremer	EK60 (Thalassa)	
2015	BRGM	Sismique THR monotrace	Mercaux 2015
2016	Ifremer	EK60 (Thalassa)	
2017	Ifremer	EK60 (Thalassa) – ME70	
2018	Ifremer	EK60 (Thalassa) – ME70/EM2040	

2019	Ifremer	EK60 (Thalassa)	
2020	Ifremer	EK60 (Thalassa) – ME70	

ANNEXE 3 : CLASSIFICATION DES SEDIMENTS TYPE SHOM

Sédiment : Ensemble constitué par la réunion de particules, détritiques ou biogènes, plus ou moins grossières ayant subi un transport par un ou plusieurs agents de transport.

Fond	Appellation	Commentaires
Roche	NFRoche	
Cailloutis, Cailloutis purs	NFC	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules supérieures à 20 mm.
Cailloutis et graviers	NFCG	Sédiments contenant des cailloutis et de 15 à 50% de graviers.
Cailloutis sables	NFCS	
Cailloutis envasés	NFCV	
Graviers, Graviers purs	NFG	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 20 et 2 mm.
Graviers et cailloutis	NFGC	
Graviers et sables, Graviers et sables envasés	NFGS	
Graviers envasés	NFGV	
Sables, Sables purs	NFS	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 2 et 0,5 mm.
Sables et graviers, Sables et graviers envasés	NFSG	Sédiments contenant des sables et de 15 à 50% de graviers.
Vases	NFV	Sédiments contenant de 20 à 100% de particules inférieures à 0,05 mm.
Vases et graviers	NFVG	
Vases sableuse	NFVS	
Vases et sables fins	NFVSF	
Silts argileux	NFSiA	
Argiles silteuses	NFASi	
Silts	NFSi	
Argiles	NFA	
Sables vaseux	NFSV	Sables contenant entre 5 et 20% de particules inférieures à 0,05 mm.
Sables et silts	NFSSi	
Sables fins, Sables fins purs	NFSF	Sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 0,5 et 0,05 mm.
Sables fins et cailloutis	NFSFC	
Sables fins vaseux	NFSFV	Sables fins contenant entre 5 et 20% de particules inférieures à 0,05 mm.
Sables fins et silts	NFSFSi	

ANNEXE 4 : CLASSIFICATION DES HABITATS TYPE EUNIS

A. Habitats Marins	A1. Roche et autres substrats durs intertidaux			
	A2. Sédiment intertidal			
	A3. Roche et autres substrats durs infralittoraux			
	A4. Roche et autres substrats durs circalittoraux	A4.1. Roche circalittorale de l'Atlantique et de la Méditerranée sous fort hydrodynamisme	A4.11. Biocénoses animales sur roche circalittorale fortement soumise aux courants de marée	
			A4.12. Biocénoses à éponges sur roche du circalittoral profond	
			A4.13. Tapis de biocénoses animales mixtes sur roche circalittorale	
		A4.2. Roche circalittorale de l'Atlantique et de la Méditerranée sous hydrodynamisme modéré		
		A4.3. Roche circalittorale de l'Atlantique et de la Méditerranée sous faible hydrodynamisme		
		A4.4. roche circalittorale exposée (Baltique)		
		A4.5. roche circalittorale modérément exposée (Baltique)		
		A4.6. roche circalittorale protégée (Baltique)		
	A4.7. Habitats rocheux circalittoraux particuliers			
	A5. Sédiment subtidal	A5.1. Sédiment grossier subtidal	A5.11. Sédiment grossier infralittoral en milieu à salinité faible ou réduite	
			A5.12. Sédiment grossier en milieu à salinité variable (estuaires)	
			A5.13. Sédiment grossier infralittoral	
A5.14. Sédiment grossier circalittoral				
A5.15. Sédiment grossier circalittoral profond				
A5.2. Sable subtidal		A5.21. Sable subtidal en milieu à salinité faible ou réduite		
		A5.22. Sable subtidal soumis à des variations de salinité (estuaires)		
	A5.23. Sable fin infralittoral			

		A5.24. Sable vaseux infralittoral
		A5.25. Sable fin circalittoral
		A5.26. Sable envasé circalittoral
		A5.27. Sable circalittoral profond
		A5.28. Biocénose méditerranéenne des sables vaseux superficiels de mode calme
	A5.3. Vase subtidale	
	A5.4. Sédiments hétérogènes subtidaux	
	A5.5. Sédiment subtidal dominé par des macrophytes	
	A5.6. Récifs biogènes subtidaux	
	A5.7. Habitats sédimentaires particuliers subtidaux	
A6. Habitats profonds		
A7. Habitats pélagiques		

ANNEXE 5 : TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 : Polygone EMR AO4 Normandie - Manche Est replacé sur la carte marine 6857	3
Figure 2 : Localisation des analyses granulométriques et descriptions (Source : Shom, 2021)....	5
Figure 3 : Localisation des prélèvements recensés dans la base de données Sextant	7
Figure 4 : Localisation des prélèvements recensés dans la Banque de Géologie Marine (Source : BRGM, 2021).....	9
Figure 5 : Profils effectués dans le cadre de la recherche et recensés dans le SISMER.....	11
Figure 6 : Profils recensés dans la BGM (Source : BRGM, 2021).....	12
Figure 7 : Carte des sédiments superficiels de la Manche (Source : Larsonneur et al, 1979).....	14
Figure 8 : Extrait de la carte des peuplements macrobenthiques en Manche orientale	16
Figure 9 : Carte de localisation des profils sismiques acquis dans le cadre des programmes de reconnaissance du plateau continental français de 1969 à 1978 (Source : SEXTANT (Ifremer)).	19
Figure 10 : Synthèse de l'épaisseur des nappes alluviales en Manche Est (Source : Université de Caen, 1982)	19
Figure 11 : Carte de localisation des profils sismiques des missions Courseulles, BaiSeine07, Seine HR/THR (Source : BGM).....	20
Figure 12 : Bloc diagramme en mètres du toit du substratum géologique établi à partir du Modèle Numérique de Terrain d'isohypse en temps double, montrant la paléoSeine, la paléoVire et les hauts fonds (hf) (? = lacune de données) (Source : modifié d'après Benabdellouahed et al., 2011)	22
Figure 13 : Carte de localisation des profils sismiques des campagnes Mercaux (source : BRGM - SISMER).....	23
Figure 14 : Carte géologique révisée de la Baie de Seine extraite de la carte géologique de la France au 1/1 000 000 avec le tracé de la paléoSeine et de ses affluents (Source : modifié d'après Benabdellouahed, 2011).....	24
Figure 15 : Carte des prélèvements réalisés au carottier à roche sur la zone EMR.	25
Figure 16 : Profils sismiques interprétés (sparker) des campagnes SeineHR en Manche Orientale (2007/2008) au niveau la zone d'étude EMR (Source : Benabdellouahed, 2011).	25
Tableau 1 : Campagnes recensées dans la BDSS	4
Tableau 2 : Campagnes recensées dans la banque de géologie marine	8