



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès réservé

Mise à disposition de données de sismique marine de la macro-zone - Fécamp Grand Large

Rapport final

BRGM/RP-73312-FR

Version A du 18 décembre 2023

Convention BRGM / MTE [DGEC] n° EJ 2201426043

Thinon I.

09 3740 46 625 5

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : Géologie marine ; Géophysique ; Profils sismiques ; Manche ; Fécamp

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Thinon I. 2023. Mise à disposition de données de sismique marine de la macro-zone - Fécamp Grand Large. Rapport final V A. BRGM/RP-73312-FR, 20 p.

© BRGM, 2023, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-09/03/2023

Synthèse

Ce rapport constitue la réponse à la sollicitation du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) par le la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) relative à l'amélioration de la connaissance de la géologie du plateau continental français dans le cadre de son programme de développement des Energies Marines Renouvelables (EMR).

A cet égard, la DGEC a confié au BRGM la réalisation d'études sur la connaissance géologique dans des zones ayant vocation à accueillir des projets éoliens en mer. Ces études, détaillées dans la convention BRGM / MTE [DGEC] n° EJ 2201426043, sont nécessaires au développement optimal de l'éolien en mer prévu par plusieurs texte législatifs nationaux et européens, dont la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) de la période 2019-2028.

Ce document et les documents associés constituent le livrable du LOT 2 de la convention BRGM /MTE [DGEC] n° EJ 2201426043, consistant en la mise à disposition de données géoscientifiques (sismique marine très-haute-résolution) couvrant une zone d'intérêt préétablie et localisée sur la façade Manche Est-Mer du Nord, sur la macro-zone Fécamp-Grand Large.

Soixante-treize profils sismiques sparker traités issus des campagnes MERCAUX (2013), TREMOR (2014) et TREMOR2 (2017) sont fournis en format numérique, accompagné par les fichiers de navigation (epsg 32630 - UTM30N). Les profils totalisent un linéaire de 1157,9 km.

La présente note précise le contexte et décrit les données géoscientifiques fournies à la DGEC par le BRGM.

Sommaire

1. Problématique et objet de la prestation.....	7
1.1. contexte et zone d'intérêt	7
1.2. données disponibles sur la zone d'intérêt.....	7
2. Données mise à disposition.....	8
2.1. CAMPAGNES SISMIQUES ET PROFILS SELECTIONNES.....	8
2.1.1. <i>Campagnes de sismique marine</i>	8
2.1.2. <i>Profils sélectionnés</i>	9
2.1.3. <i>Format des fichiers des profils sismiques</i>	12
2.1.4. <i>Version traitée</i>	12
2.2. NAVIGATION DES PROFILS SISMIQUES	13
3. Structure du dossier de données	15
4. Conclusions.....	17
5. Bibliographie	19

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la macro-zone Fécamp-Grand-Large subdivisée en deux sous-zones correspondant aux couvertures au 1/250 000^{ème} de la carte Baie de Seine (Paquet et al., in prep, en rouge), et au 1/1 000 000^{ème} de la carte géologique de la France (Chantraine et al., 2033 ; en bleu). Cette dernière fera l'objet d'une mise à jour dans le cadre de la présente convention. 7

Figure 2 : Carte de localisation des profils sismiques sélectionnés et mis à disposition de la DGEC pour la macro-zone Fécamp-Grand-Large (polygone blanc), provenant des campagnes MERCAUX 2013 (jaune), TREMOR 2014 (rouge) et TREMOR 2017 (Bleu)..... 8

1. Problématique et objet de la prestation

1.1. CONTEXTE ET ZONE D'INTERET

Dans le cadre du développement de l'éolien en mer prévu par plusieurs textes législatifs nationaux et européens, dont la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) de la période 2019-2028, l'Etat français a défini des macro-zones d'intérêt au sein des façades maritimes françaises pour le possible développement de parc(s) éolien(s) en mer, dont la macro-zone « Fécamp-Grand Large » située au large du Pays de Caux. La DGEC a sélectionné 73 profils de sismique très-haute-résolution issus des campagnes MERCAUX (2013), TREMOR (2014) et TREMOR2 (2017).

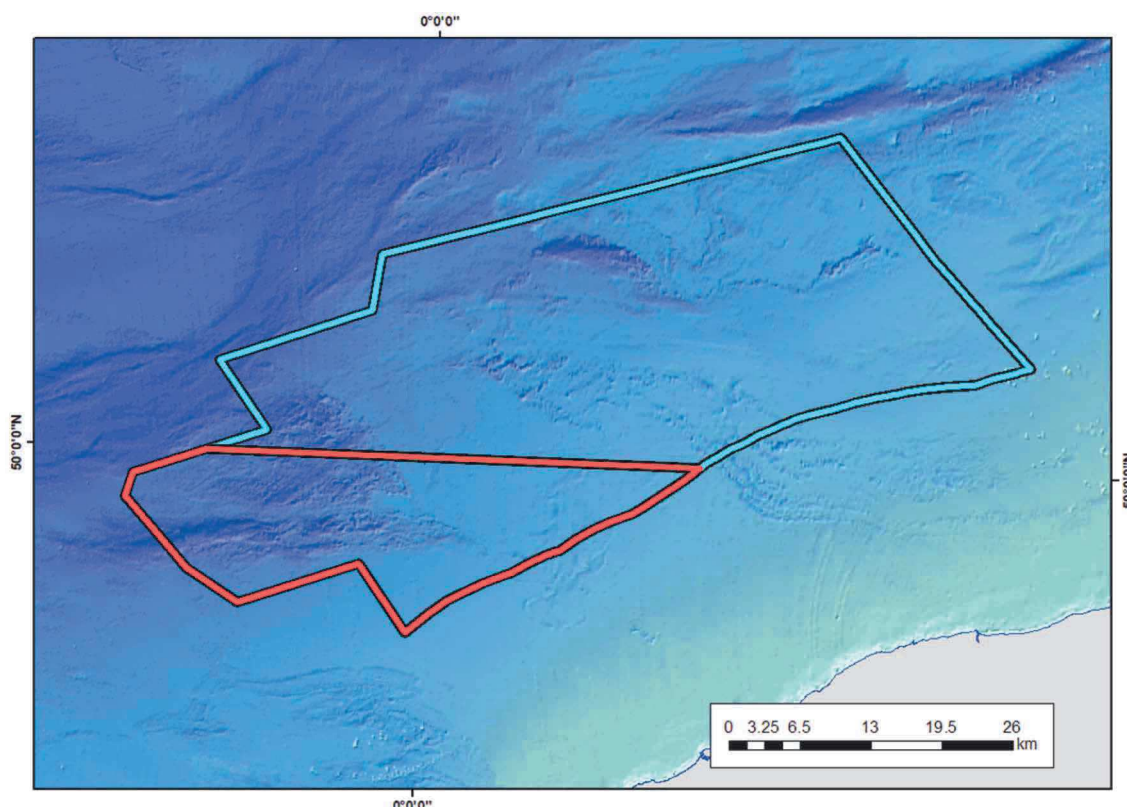


Figure 1 : Carte de la macro-zone Fécamp-Grand-Large subdivisée en deux sous-zones correspondant aux couvertures au 1/250 000^{ème} de la carte Baie de Seine (Paquet et al., in prep, en rouge), et au 1/1 000 000^{ème} de la carte géologique de la France (Chantraine et al., 2033 ; en bleu). Cette dernière fera l'objet d'une mise à jour dans le cadre de la présente convention.

1.2. DONNEES DISPONIBLES SUR LA ZONE D'INTERET

Sur la zone d'intérêt située au Nord de Fécamp, trois campagnes d'acquisition de données marines de sismique réflexion très-haute-résolution (THR) « mini-sparker » (**Mercaux 2013** (**MX13** – Paquet, 2013) **TREMOR** (TR14 ; Gaullier, 2014) et **TREMOR2** (TR17 ; Paquet et Gaullier, 2017) ont été acquises entre 2013 et 2017 dans le cadre de projets de recherche et des programmes de cartographie géologique de la France et du Référentiel Géologique de la France (RGF). Parmi ces profils, la DGEC a souhaité acquérir en format numérique traité **soixante-treize** profils de sismiques réflexion Très Haute Résolution (THR), présentés Figure 2, de ces trois campagnes. Les profils totalisent un linéaire de 1157 km.

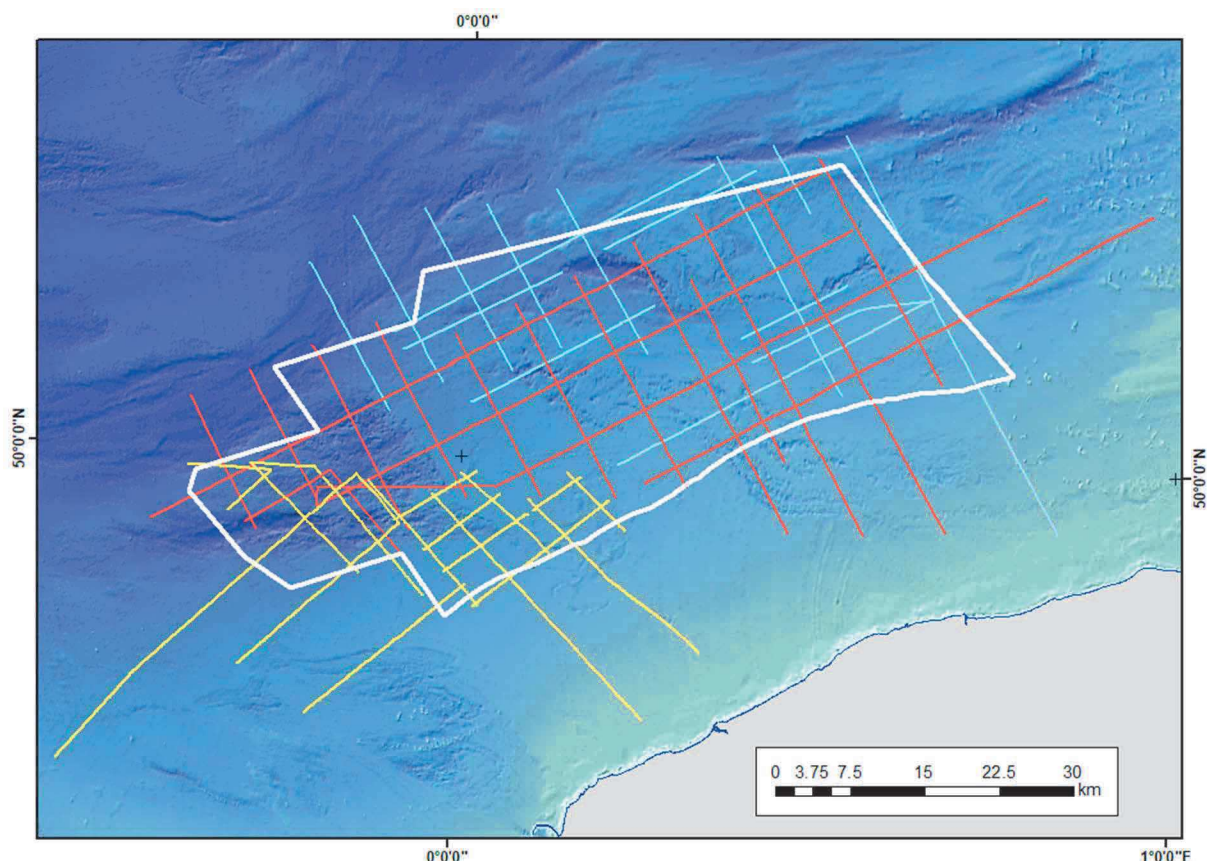


Figure 2 : Carte de localisation des profils sismiques sélectionnés et mis à disposition de la DGE pour la macro-zone Fécamp-Grand-Large (polygone blanc), provenant des campagnes MERCAUX 2013 (jaune), TREMOR 2014 (rouge) et TREMOR 2017 (Bleu).

Chacun des **soixante-treize** profils sismiques THR traités a été fourni sous forme de fichier numérique au format segy. Un fichier de positionnement (epsg 32630 - UTM30N) par campagne, et un descriptif des campagnes et des profils (métadonnées) sous forme de fichier Excel (un par campagne) sont aussi fournis.

2. Données mise à disposition

2.1. CAMPAGNES SISMIQUES ET PROFILS SELECTIONNES

2.1.1. Campagnes de sismique marine

Soixante-treize profils ont été sélectionnés, appartenant aux campagnes de sismique marine THR MERCAUX (2013), TREMOR (2014) et TREMOR2 (2017). Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de ces trois campagnes d'acquisition en mer. Ces caractéristiques sont détaillées dans les fichiers tableurs fournis (1 fichier pour chaque campagne au format .xlsx), dont la première feuille renseigne sur la campagne et la seconde sur les profils.

CAMPAGNE	MERCAUX 2013 (MX13)	TREMOR 2014 (TR14)	TREMOR 2017 (TR17)
DOI	https://doi.org/10.17600/13480060	https://doi.org/10.17600/14010400	https://doi.org/10.17600/17006700
Organisme(s)	BRGM (Orléans) Morphodynamique Continentale et Côtière – UMR6143 (Caen) CNRS	Université de Lille 1 – CNRS, LOG BRGM	BRGM Université de Lille 1 – CNRS, LOG
Chef(s) de mission	Fabien PAQUET (BRGM)	Virginie Gaullier (Univ. Lille1)	PAQUET Fabien, GAULLIER Virginie
Organismes participants	BRGM, Université de Caen – M2C, CNRS, Université de Rennes 1 – Géosciences Rennes, Université de Mons	Université de Lille 1 – CNRS, LOG BRGM,	BRGM, Université de Lille 1 – CNRS, LOG
Navire	R/V Côtes de la Manche (CNRS)	R/V Côtes de la Manche (CNRS)	R/V Thalia (CNRS)
Dates	Du 30/08/2013 au 10/09/2013	01/06/2014 - 15/06/2014	14/05/2017 - 01/06/2017
Source de sismique réflexion	Mini-sparker SIG utilisé à 50 Joules (SIG ENERGOS 160)	Mini-sparker SIG utilisé à 50 Joules (SIG ENERGOS 160)	Mini-sparker SIG utilisé à 50 Joules (SIG ENERGOS 160)
Peigne sparker	30-50 brins	30 brins	30 brins
Flûte sismique	Monotrace à 6 hydrophones SIG	Monotrace à 6 hydrophones SIG	Monotrace à 6 hydrophones SIG
Fréquence	500-1500 Hz	500-1500 Hz	500-1500 Hz
Station d'acquisition	DELPH analog acquisition unit	DELPH analog acquisition unit	DELPH analog acquisition unit
Format de Fichier	SEG Y – IEEE Float (32 bits)	SEG Y – IEEE Float (32 bits)	SEG Y – IEEE Float (32 bits)
Traitement des données	BRGM	BRGM	BRGM

2.1.2. Profils sélectionnés

La DGEC a sélectionné **soixante-treize** profils répartis sur l'emprise de la zone d'intérêt (Figure 4). La liste des profils et la longueur des profils (en mètres) sont indiquées dans le tableau suivant.

Les données sismiques fournies totalisent un linéaire de profils de 1157,9 km.

CAMPAGNE		PROFIL	LONGUEUR (m)
MX13	016	MX13_spk016	8303
MX13	018	MX13_spk018	23303
MX13	025	MX13_spk025	12373
MX13	027	MX13_spk027	31191
CAMPAGNE		PROFIL	LONGUEUR (m)
MX13	046	MX13_spk046	16881
MX13	049	MX13_spk049	9774
MX13	051	MX13_spk051	9833
MX13	053	MX13_spk053	10467
MX13	054	MX13_spk054	6114
MX13	056	MX13_spk056	17458
MX13	081	MX13_spk081	15679
MX13	082	MX13_spk082	1149
MX13	083	MX13_spk083	6562
MX13	084	MX13_spk084	15619
MX13	110	MX13_spk110	8443
MX13	111	MX13_spk111	6065
MX13	114	MX13_spk114	35769
MX13	115	MX13_spk115	6125
MX13	116	MX13_spk116	6725
MX13	117	MX13_spk117	21592
MX13	121	MX13_spk121	20801
TRE14	004	TRE14_spk_004	10915
TRE14	005	TRE14_spk_005	10050
TRE14	007	TRE14_spk_007	20148
TRE14	008	TRE14_spk_008	14332
TRE14	009	TRE14_spk_009	24802
TRE14	010	TRE14_spk_010	18044
TRE14	017	TRE14_spk_017	25200
TRE14	018	TRE14_spk_018	7927
TRE14	019	TRE14_spk_019	23409
TRE14	020	TRE14_spk_020	3991
TRE14	022	TRE14_spk_022	1848
TRE14	024	TRE14_spk_024	17882
TRE14	025	TRE14_spk_025	29331
TRE14	026	TRE14_spk_026	10219
TRE14	027	TRE14_spk_027	23044
TRE14	030	TRE14_spk_030	27206

TRE14	031	TRE14_spk_031	20616
TRE14	032	TRE14_spk_032	9711
TRE14	081	TRE14_spk_081	3122
TRE14	082	TRE14_spk_082	23179
TRE14	086	TRE14_spk_086	23210
CAMPAGNE		PROFIL	LONGUEUR (m)
TRE14	087	TRE14_spk_087	16503
TRE15	089	TRE14_spk_089	10029
TRE14	091b	TRE14_spk_091b	26025
TRE14	093	TRE14_spk_093	22615
TRE14	094	TRE14_spk_094	10478
TRE14	096	TRE14_spk_096	24198
TRE14	136	TRE14_spk_136	22023
TRE14	138	TRE14_spk_138	18422
TRE14	140	TRE14_spk_140	19894
TRE14	144	TRE14_spk_144	20914
TRE14	146	TRE14_spk_146	14689
TRE14	148	TRE14_spk_148	15037
TRE14	158	TRE14_spk_158	20699
TRE17	124	TRE17_spk124	15097
TRE17	125	TRE17_spk125	21282
TRE17	126	TRE17_spk126	26997
TRE17	127	TRE17_spk127	18695
TRE17	135	TRE17_spk135	12060
TRE17	137	TRE17_spk137	12319
TRE17	138	TRE17_spk138	7234
TRE17	140	TRE17_spk140	27270
TRE17	142	TRE17_spk142	7845
TRE17	150	TRE17_spk150	17375
TRE17	160	TRE17_spk160	6794
TRE17	161	TRE17_spk161	12627
TRE17	163	TRE17_spk163	16350
TRE17	165	TRE17_spk165	18650
TRE17	167	TRE17_spk167	19103
TRE17	169	TRE17_spk169	16986
TRE17	177	TRE17_spk177	17509
TRE17	178	TRE17_spk178	3807
	Nombre de profils : 58	Longueur totale (m)	1157938

2.1.3. Format des fichiers des profils sismiques

Les profils sismiques sont livrés au format SEG Y (.seg ou .seg y). Ce format de fichier est un standard développé par la Society of Exploration Geophysicists (SEG) et adapté à l'enregistrement des données de sismique réflexion.

2.1.4. Version traitée

Les profils sismiques fournis correspondent aux versions traitées des données acquises en mer.

La chaîne de traitement a été réalisée sous DELPH et Seismic Unix (SU) et inclut la correction de la géométrie d'acquisition, la correction de marée, un filtre de houle et un filtre des fréquences de type pass-band.

- La correction de la géométrie d'acquisition a pour objectif de repositionner les traces sismiques pour chaque tir par rapport à la géométrie du système d'acquisition (source-flûte) et du GPS de bord. Cette géométrie est caractérisée par :
 - Le déport arrière, ou distance entre antenne GPS d'acquisition et le couple source-flûte. Ce déport arrière est de 50m pour MERCAUX 2013 et de 60 m pour TREMOR et TREMOR2.
 - Le déport latéral, ou distance de l'antenne GPS et l'axe longitudinal du bateau. Ce déport est généralement de l'ordre de 3 à 7 m.
 - Le déport vertical, ou différence de hauteur entre l'antenne GPS et le niveau marin. Ce déport est généralement inférieur à 10 m.

Cette correction de la géométrie d'acquisition est l'occasion de ré-échantillonner les données GPS parfois lacunaires ou aberrantes le long du profil. Les coordonnées initiales en WGS84 sont transformées (et projetées) dans le système de coordonnées projetées désiré (ex. Lambert, UTM, ...). Avertissement : La précision du positionnement de chaque tir est fonction de celle du GPS, des conditions marines et de l'hypothèse que le système tracté est parfaitement rectiligne.

- La correction de marée a pour objectif de supprimer la variation d'altitude du dispositif sismique liée à la variation de la hauteur de tranche d'eau pendant le cycle tidal. Cette correction s'est basée sur les hauteurs d'eau en mètre par heure fournies par le portail web du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) des données marégraphiques du port le plus proche de la zone d'acquisition (Ouidreham, Cherbourg, Fécamp). Avertissement : pour certains profils éloignés des marégraphes, les valeurs de marée peuvent ne pas être représentatives. Cependant, les erreurs semblent être inférieures à la résolution du signal de la sismique.
- Le filtre de houle a pour objectif de neutraliser les variations d'altitude du dispositif d'acquisition (Source-Flûte) liées à la houle marine afin d'améliorer la lecture des données. Avertissement : L'amplitude de la houle peut atteindre de 1 à 3 m lors de l'acquisition, ce qui peut affecter l'image sismique dont la résolution verticale est également d'échelle métrique. Ceci peut entraîner un lissage des aspérités naturelles du fond marin.
- Des filtres fréquentiels (passe-bas et passe-haut) sont appliqués pour améliorer le rapport signal bruit et ne conserver que les fréquences utiles, par suppression des hautes et basses fréquences indésirables.

Les résolutions verticales et horizontales obtenues au terme des traitements sont de l'ordre du mètre.

Du point de vue de la qualité visuelle des profils sismiques, l'ensemble des données fournies propose une image sismique exempte de bruits parasites ou d'autres artefacts d'acquisition majeurs.

2.2. NAVIGATION DES PROFILS SISMIQUES

La navigation initiale est obtenue par la connexion d'une antenne GPS à la station d'acquisition. Elle fournit des informations de localisation dans le système de coordonnées géographiques WGS84, non projetés. Après correction de la géométrie d'acquisition, les coordonnées sont transformées dans le système de coordonnées projeté désiré.

La DGECC a souhaité disposer d'une navigation corrigée en coordonnées projetées métriques du système **UTM30N** (ellipsoïde WGS84) ou **epsg32630**. Les fichiers de navigation sont fournis au format .txt avec un séparateur de type 'point-virgule'.

Le positionnement (X, Y) des tris des profils MX13 est fourni en WGS84 (degré décimaux) et UTM30N (mètres) avec la structure indiquée dans le tableau ci-dessous :

FID	Profil	Shot	X_UTM30N	Y_UTM30N
N°	Nom du profil	N° de tir	m	m

Le tableau suivant montre les cinq premières lignes du fichier .txt de navigation pour les profils MX13 (séparateur point virgule).

Profil;Shot;XUTM30N;YUTM30N
 MX13_016;1;732012.32;5536774.1
 MX13_016;2;732010.98;5536774.86
 MX13_016;3;732009.67;5536775.64
 MX13_016;4;732008.34;5536776.41
 MX13_016;5;732007.35;5536776.98
 MX13_016;6;732006.37;5536777.56
 MX13_016;7;732005.31;5536778.13

La navigation des profils TR14 est fournie en UTM30N avec la structure indiquée dans le tableau ci-dessous :

FID	Profil	Shot	X_UTM30N	Y_UTM30N
N°	Nom du profil	N° de tir	m	m

Le tableau suivant montre les cinq premières lignes du fichier .txt de navigation pour les profils TR14 (séparateur point virgule).

Profil;Shot;X_UTM30N;YUTM30N
TRE14_004;1;709610.8;5532866.09
TRE14_004;2;709609.47;5532867.41
TRE14_004;3;709608.1;5532868.72
TRE14_004;4;709607.44;5532869.37
TRE14_004;5;709606.75;5532870.02
TRE14_004;6;709606.09;5532870.71
TRE14_004;7;709605.35;5532871.24

La navigation des profils TR17 est fournie en UTM30N avec la structure indiquée dans le tableau ci-dessous :

FID	Profil	Shot	X_UTM30N	Y_UTM30N
N°	Nom du profil	N° de tir	m	m

Le tableau suivant montre les cinq premières lignes du fichier .txt de navigation pour les profils TR17 (séparateur point virgule).

PROFIL;SHOT;X_UTM30N;Y_UTM30N
TRE17_124;1;730679.94;5543353.1
TRE17_124;2;730679.95;5543352.99
TRE17_124;3;730679.95;5543352.99
TRE17_124;4;730681.07;5543353.59
TRE17_124;5;730682.19;5543354.2
TRE17_124;6;730683.32;5543354.69

Les données de positionnement de la totalité des profils ont été utilisées pour produire des fichiers de localisation de type fichier de forme - shapefile (.shp) compatibles avec les logiciels de Système d'Information Géographique (SIG).

3. Structure du dossier de données

Les données fournies par le BRGM à la DGEC comprennent les données de sismique réflexion au format SEGY (.seg ou .seggy), les données de navigation au format TEXTE (.txt).

Les données sont fournies dans un dossier compressé dont la structure est donnée ci-dessous :

BRGM_RP-73312-FR_DGEC_Fécamp-Grand-Large_LOT2

- **Fichiers_Metadonnees**

- Metadonnees_MERCAUX_2013_extrait.xlsx
- Metadonnees_TREMOR_2014_extrait.xlsx
- Metadonnees_TREMOR2_2017_extrait.xlsx

- **Fichiers_Positionnement**

- MX13_NAV_PRC_UTM30N.txt
- TR14_NAV_PRC_UTM30N.txt
- TR17_NAV_PRC_UTM30N.txt

- **Fichiers_SEGY_PRC**

- MX13_PRC_SEGY

- MX13_016_GTS.segy
 - MX13_018_GTS.segy
 - MX13_025_GTS.segy
 - MX13_027_GTS.segy
 - MX13_046_GTS.segy
 - MX13_049_GTS.segy
 - MX13_051_GTS.segy
 - MX13_053_GTS.segy
 - MX13_054_GTS.segy
 - MX13_056_GTS.segy
 - MX13_081_GTS.segy
 - MX13_082_GTS.segy
 - MX13_083_GTS.segy
 - MX13_084_GTS.segy
 - MX13_110_GTS.segy
 - MX13_111_GTS.segy
 - MX13_114_GTS.segy
 - MX13_115_GTS.segy
 - MX13_116_GTS.segy
 - MX13_117_GTS.segy
 - MX13_121_GTS.segy

- TR14_PRC_SEGY

- TRE14spk_004_fltH.sgy
 - TRE14spk_005_fltH.sgy
 - TRE14spk_007_fltH.sgy

TRE14spk_008fltH.sgy
TRE14spk_009fltH.sgy
TRE14spk_010fltH.sgy
TRE14spk_017fltH.sgy
TRE14spk_018fltH.sgy
TRE14spk_019fltH.sgy
TRE14spk_020fltH.sgy
TRE14spk_022fltH.sgy
TRE14spk_024fltH.sgy
TRE14spk_025fltH.sgy
TRE14spk_026fltH.sgy
TRE14spk_027fltH.sgy
TRE14spk_030fltH.sgy
TRE14spk_031fltH.sgy
TRE14spk_032fltH.sgy
TRE14spk_081fltH.sgy
TRE14spk_082fltH.sgy
TRE14spk_086fltH.sgy
TRE14spk_087fltH.sgy
TRE14spk_089fltH.sgy
TRE14spk_091bfltH.sgy

– TR17_PRC_SEGY

TRE17_124_GTS.sgy
TRE17_125_GTS.sgy
TRE17_126_GTS.sgy
TRE17_127_GTS.sgy
TRE17_135_GTS.sgy
TRE17_137_GTS.sgy
TRE17_138_GTS.sgy
TRE17_140_GTS.sgy
TRE17_142_GTS.sgy
TRE17_150_GTS.sgy
TRE17_160_GTS.sgy
TRE17_161_GTS.sgy
TRE17_163_GTS.sgy
TRE17_165_GTS.sgy
TRE17_167_GTS.sgy
TRE17_169_GTS.sgy
TRE17_177_GTS.sgy
TRE17_178_GTS.sgy

4. Conclusions

La présente note accompagne la fourniture par le BRGM de données géoscientifiques numériques (1157,9 km de profils de sismique réflexion THR marine et fichiers de navigation associés) pour la Direction Générale Energie et Climat DGEC dans le cadre du quatrième appel d'offre de l'Etat Français pour le développement de l'éolien en mer. Elle décrit le contenu des données livrées et apporte les informations utiles à leur compréhension et exploitation.

5. Bibliographie

Benabdelouahed, M. (2011). La Seine fluviale plio-quaternaire en Baie de Seine : évolution morphologique et sédimentaire (rôle du substratum géologique et des cycles climato-eustatiques). Mémoire de Thèse de Doctorat de l'Université de Caen Basse-Normandie. 310p. + annexes.

Martin Jollivet-Castelot (2018). Bassin de Dieppe-Hampshire (Manche orientale) : Évolution cénozoïque et enregistrement des événements géodynamiques. Thèse de doctorat de l'Université de Lille, soutenue le 10/12/2018 - Direction : Virginie Gaullier (LOG) / Encadrement : Fabien Paquet (BRGM). [<https://www.theses.fr/2018LILUR051>].

Paquet F. (2013) MERCAUX 2013 cruise, RV Côtes De La Manche, <https://doi.org/10.17600/13480060>

GAULLIER Virginie (2014) TREMOR cruise, RV Côtes De La Manche, <https://doi.org/10.17600/14010400>

PAQUET Fabien, GAULLIER Virginie (2017) TREMOR 2 cruise, RV Thalia, <https://doi.org/10.17600/17006700>



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale ou UTAM

Adresse

Tél. :

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm