



## ETUDES DU MILIEU MARIN POUR LE PROJET EOLIEN OFFSHORE DES HAUTES FALAISES DE FECAMP

### ANALYSES DE SEDIMENT ET D'EAU, MESURE SUR LA COLONNE D'EAU ET VIDEO DES FONDS



# SOMMAIRE

<b>PREAMBULE .....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMER DE L'ETUDE .....</b>	<b>1</b>
<b>ETAT INITIAL .....</b>	<b>3</b>
<b>1 - RAPPEL METHODOLOGIQUE .....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANNING ET CONDITIONS D'INTERVENTION	3
1.2 MOYENS TECHNIQUES ET HUMAINS ALLOUES	4
1.3 PRELEVEMENT DES SEDIMENTS	4
1.4 PRELEVEMENT D'EAU	6
1.5 MESURES SUR LA COLONNE D'EAU INTEGREE	6
1.6 VIDEOS EMBARQUEES	7
<b>2 - RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....</b>	<b>8</b>
2.1 ANALYSE DES SEDIMENTS	8
2.1.1 Granulométrie	10
2.1.2 Analyses chimiques	11
2.1.3 Enrichissement du milieu	11
2.2 VIDEO DES FACIES SEDIMENTAIRES	12
2.3 ANALYSES ET MESURES SUR LA COLONNE D'EAU	12
2.3.1 Analyses d'eau	12
2.3.2 Mesures sur la colonne d'eau	13
<b>ANNEXES .....</b>	<b>17</b>
Annexe 1. Photographies des échantillons premiers	19
Annexe 2. Bulletins d'analyses du laboratoire	23
Annexe 3. Captures vidéo des facies sédimentaires	24
Annexe 4. Notices techniques des appareils de mesure	26

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## **FIGURES :**

Figure 1 : Courant de marée (source : SHOM, morte eau PM+6h) .....	3
Figure 3 : Plan d'échantillonnage des sédiments (Fond : SHOM) .....	5
Figure 4 : Bouteille Niskin .....	6
Figure 5 : Histogramme des différentes classes granulométriques .....	10
Figure 6 : Répartition (%) des différentes classes granulométriques.....	10
Figure 7 : Profil de température par station.....	13
Figure 8 : Profil de salinité par station.....	14
Figure 9 : Profil de conductivité par station .....	14
Figure 10 : Profil de turbidité par station .....	15
Figure 11 : Profil d'oxygène dissous par station.....	15

## **TABLEAUX :**

Tableau 1 : Principales caractéristiques de la campagne en mer .....	3
Tableau 2 : Coordonnées GPS des stations échantillonnées.....	4
Tableau 3 : Principales normes utilisées par le laboratoire .....	5
Tableau 4 : Synthèse des résultats d'analyses physico-chimiques.....	10
Tableau 5 : Principaux bruit de fond connus.....	11
Tableau 6 : Indices de contamination pour les micropolluants exprimant la pollution organique .....	12
Tableau 7 : Résultats d'analyses sur l'échantillon moyen d'eau .....	13

## ABREVIATIONS

ETM : Elément Traces Métalliques

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

TBT : Tributylétain

PCB : Polychlorobiphényles

MES : Matière en Suspension

MVS : Matière Volatile en Suspension

COT : Carbone Organique Total



# PREAMBULE

Ce rapport présente les résultats de la mission de diagnostic des sédiments et de la colonne d'eau réalisée par IDRA Environnement, dans le cadre de l'étude du milieu marin pour le projet de parc éolien offshore, au large de Fécamp.

La mission consistait à réaliser des prélèvements de sédiment et d'eau en cinq stations définies dans et autour de la zone du projet, associés à des vidéos des fonds, ainsi que des mesures directes sur la colonne d'eau, dans le but de compléter l'état initial établi.

## RESUMER DE L'ETUDE

Les résultats d'analyses des sédiments indiquent une absence de contamination par rapport au référentiel de qualité des sédiments marins. Les analyses d'eau sur l'échantillon moyen montrent une turbidité faible, mais une concentration en MES non négligeable pour la saison, associée probablement au phytoplancton. Les teneurs en matières organiques volatiles sont faibles.

Les paramètres mesurés sur la colonne d'eau (température, salinité, oxygène dissous, turbidité) indiquent une masse d'eau non stratifiée et bien oxygénée.

Les vidéos embarquées montrent un substrat très grossier (cailloutis) sur l'ensemble des stations, avec localement un recouvrement important par un peuplement d'ophiures.



# ETAT INITIAL

## 1 - RAPPEL METHODOLOGIQUE

### 1.1 PLANNING ET CONDITIONS D'INTERVENTION

La mission en mer s'est déroulée le mercredi 17 juillet 2013, par conditions météorologiques favorables, de 12h à 16h30.

Horaire de la campagne en mer	11h30 – 16h30
Vent dominant	Nord-Est Faible (12 à 15 km/h)
Marée	Coef. 53 – Basse mer
Courant dominant	Orienté Nord-Est 1 à 1,5 nœud

Tableau 1 : Principales caractéristiques de la campagne en mer

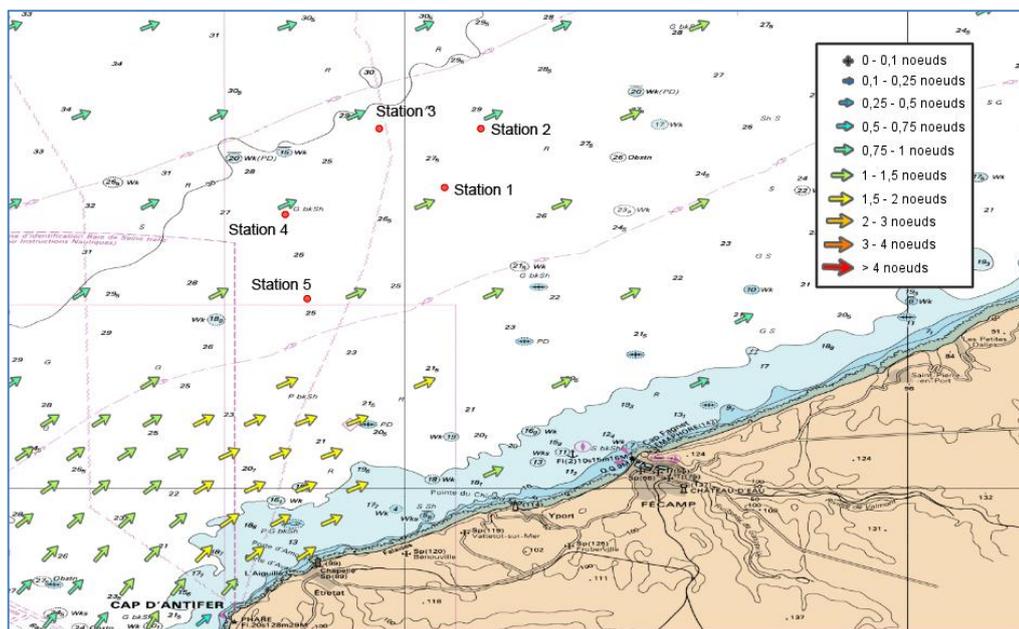


Figure 1 : Courant de marée (source : SHOM, morte eau PM+6h)

Les échantillons collectés d'eau et de sédiment ont été envoyés en laboratoire le lendemain et reçus le vendredi 19.

## 1.2 MOYENS TECHNIQUES ET HUMAINS ALLOUES

Les moyens à la mer mis en œuvre ont consisté en une embarcation type zodiac 6.5 équipée haute mer. Le personnel embarqué était constitué d'une équipe IDRA avec matériel de prélèvement et une palanquée de plongeurs pro, le capitaine du navire, et le matériel de sécurité associé.

Les moyens techniques mis en œuvre ont consistés en :

- une pelle de prélèvement, manipulée par les plongeurs ;
- un échantillonneur d'eau type bouteille de Niskin, adaptée aux analyses de micropolluants ;
- une sonde CTD et turbidimétrique (détail technique en Annexe 4) ;
- un dispositif de vidéo sous-marine, équipée sur les plongeurs ;
- un GPS embarqué (détail technique en Annexe 4).



Figure 2 : Illustration des moyens mis en œuvre (vidéo embarquée sur plongeur)

## 1.3 PRELEVEMENT DES SEDIMENTS

Les prélèvements de sédiment en milieu marin ont été réalisés conformément au cahier des charges et au protocole d'échantillonnage des sédiments issus de la circulaire dragage du 14 juin 2000. 5 stations d'échantillonnage ont été réalisées selon le plan d'échantillonnage fourni :

STATIONS	Longitude (WGS84 - D, M, S)	Latitude (WGS84 - D, M, S)	Hauteur d'eau
Station 1	E 0° 16' 5,396232"	N 49° 54' 5,134428	31,5 m
Station 2	E 0° 17' 9,9456"	N 49° 55' 51,0132"	32,5 m
Station 3	E 0° 14' 8,592"	N 49° 56' 23,2584"	34,5 m
Station 4	E 0° 11' 20,6304"	N 49° 53' 16,368"	31 m
Station 5	E 0° 11' 59,8668"	N 49° 50' 45,006"	30 m

Tableau 2 : Coordonnées GPS des stations échantillonnées

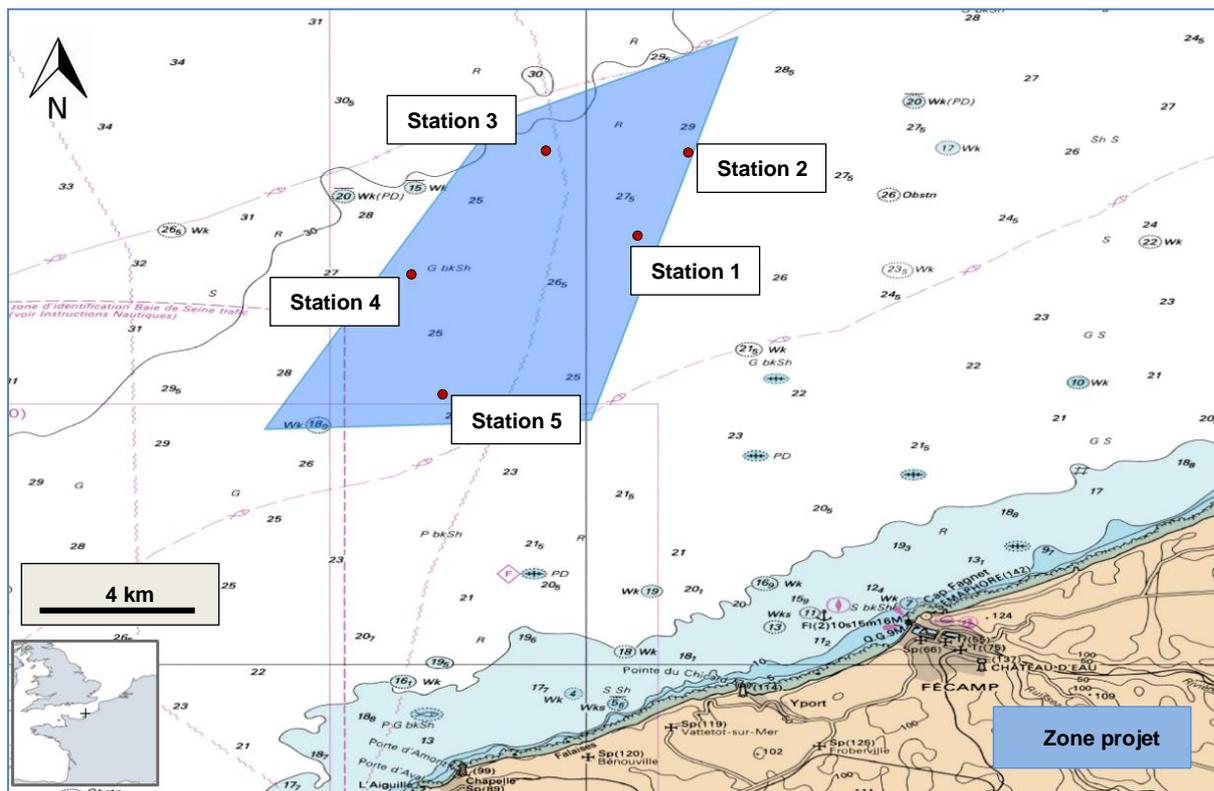


Figure 3 : Plan d'échantillonnage des sédiments (Fond : SHOM)

Chaque échantillon a été collecté directement par les plongeurs. Le substrat sédimentaire étant particulièrement grossier, cette méthode s'est avérée très efficace, sans nécessiter la mobilisation d'une embarcation et de dispositif lourd de prélèvement de type benne Hamon.

Les échantillons ont été remontés en surface, étiquetés et photographiés, avant conditionnement pour envoi en laboratoire agréé.

Les normes d'analyses physico-chimiques mises en œuvres par le laboratoire sont rappelées dans le tableau suivant :

	<b>Paramètres analysés</b>	<b>Méthode - Norme utilisée</b>
Propriétés physiques des sédiments	Granulométrie	Laser (NF 13320)
	COT	NF ISO 10 694
	Aluminium	NF EN ISO 11 885
	Matière sèche	NF ISO 12 880
Nutriment	Densité	Méthode interne laboratoire
	Phosphore total	Pr X 33 010
Eléments traces Métalliques	Azote Kjeldahl	NF ISO 11-261 / NF EN 13342
		ICP/AES – NF EN ISO 11885
Composés organiques	PCB	XP X 33-012
	HAP	GC/MS - XP X 33-012
Organostanniques	TBT, DBT, MBT	DIN EN ISO / IEC 17025 :2005

Tableau 3 : Principales normes utilisées par le laboratoire

L'Annexe 1 présente les photographies des échantillons premiers de sédiments collectés.

## 1.4 PRELEVEMENT D'EAU

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide d'une bouteille Niskin de 1L (détail technique en Annexe 4). La bouteille, ouverte de part et d'autre est descendue à l'aide d'une corde graduée à la profondeur souhaitée. Le système de fermeture est alors déclenché par messageur pour capturer un volume d'eau. Une fois remonté, l'échantillon numéroté est transvasé dans un conditionnement adapté (flaconnage en verre remis par le laboratoire) et confiné à l'abri de la lumière pour éviter toute interaction.

5 échantillons d'eau ont été collectés en tout pour constituer 1 échantillon moyen intégré de la colonne d'eau et envoyé en analyse en laboratoire agréé.



Figure 4 : Bouteille Niskin

## 1.5 MESURES SUR LA COLONNE D'EAU INTEGREE

Une série de mesures à la sonde multiparamètre a été réalisée au niveau de chaque station pour obtenir un profil des différents paramètres suivis en fonction de la profondeur :

- *Température, pH, potentiel redox,*
- *Conductivité, salinité,*
- *Turbidité/MES,*
- *Oxygène dissous.*

Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'une sonde numérique multiparamètre (marque Ponsel, type Odéon X Tripod), préalablement calibrée, et enregistrées sur un boîtier d'acquisition portable (Datalogger Odéon).

Remarque : le point mesuré en bas de colonne d'eau n'a pu systématiquement atteindre la profondeur maximale à chaque station du fait d'un déport du dispositif par les courants de fonds existants (profondeur maximale atteinte : 25 m).

## 1.6 VIDEOS EMBARQUEES

Chaque station a fait l'objet d'une vidéo à l'aide d'une caméra numérique (type GoPro avec caisson étanche) directement embarquée sur les plongeurs. Cette méthode permet d'obtenir une meilleure représentation des faciès rencontrés.

## 2 - RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### 2.1 ANALYSE DES SEDIMENTS

Le Tableau suivant présente les résultats d'analyses physico-chimiques sur l'échantillon moyen, correspondant à un aliquote des prélèvements sur les stations 1, 2, 3, 4, et 5.

Tableau 4 : Synthèse des résultats d'analyses physico-chimiques

Localisation		Parc éolien des Hautes Falaises de Fécamp		SEUILS LOI EAU IMMERSION	
Stations		Echantillon moyen (Station 1+2+3+4+5)		Arrêtés du 09/08/2006, du 23/12/2009 et du 17 juillet 2014	
Dates		19/07/2012		Niveau N1	Niveau N2
<b>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</b>					
Fraction > 2000 µm	%	50,0			
Médiane	µm	700,0			
Matière sèche	% prod brut	85,0			
pH	-	10,6			
Densité 20°C	-	1,61			
<b>NUTRIMENTS / ANIONS / CATIONS</b>					
Aluminium	en mg.kg-1 MS	2 800			
COT	en mg.kg-1 MS	7 600			
Azote Kjeldahl	en g.kg-1 MS	<0,5			
Phosphore total	en mg.kg-1 MS	1 840			
<b>ELEMENTS TRACES METALLIQUES</b>					
Arsenic	en mg.kg-1	11,8		25	50
Cadmium	en mg.kg-1	<0.40		1,2	2,4
Chrome	en mg.kg-1	14,3		90	180
Cuivre	en mg.kg-1	20,8		45	90
Mercure	en mg.kg-1	0,12		0,4	0,8
Nickel	en mg.kg-1	7,23		37	74
Plomb	en mg.kg-1	22		100	200
Zinc	en mg.kg-1	57,5		276	552
<b>MICROPOLLUANTS ORGANIQUES</b>					
<b>Polychlorobiphényles (PCBi)</b>					
PCB 28	en µg.kg-1	< 10		5	10
PCB 52	en µg.kg-1	< 10		5	10
PCB 101	en µg.kg-1	< 10		10	20
PCB 118	en µg.kg-1	< 10		10	20
PCB 138	en µg.kg-1	< 10		20	40
PCB 153	en µg.kg-1	< 10		20	40
PCB 180	en µg.kg-1	< 10		10	20

<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>		
Naphtalène	en mg.kg-1	<0.012
Acénaphthylène	en mg.kg-1	<0.012
Acénaphène	en mg.kg-1	<0.012
Fluorène	en mg.kg-1	<0.012
Phénanthrène	en mg.kg-1	0,024
Anthracène	en mg.kg-1	<0.012
Fluoranthène	en mg.kg-1	0,034
Pyrène	en mg.kg-1	0,031
Benzo(a)anthracène	en mg.kg-1	0,024
Chrysène	en mg.kg-1	0,024
Benzo(b)fluoranthène	en mg.kg-1	0,037
Benzo(k)fluoranthène	en mg.kg-1	<0.012
Benzo(a)pyrène	en mg.kg-1	0,023
Dibenzo(ah)anthracène	en mg.kg-1	<0.012
Benzo(ghi)pérylène	en mg.kg-1	0,017
Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	en mg.kg-1	0,018
Somme des HAP	en mg.kg-1	0.23<x<0.32
<b>Composés organostanniques</b>		
MBT	en µg.kg-1	< 0.400
DBT	en µg.kg-1	< 0.302
TBT	en µg.kg-1	< 0.242

0,16	1,13
0,04	0,34
0,015	0,26
0,02	0,28
0,24	0,87
0,085	0,59
0,6	2,85
0,5	1,5
0,26	0,93
0,38	1,59
0,4	0,9
0,2	0,4
0,43	1,015
0,06	0,16
1,7	5,65
1,7	5,65
6,79	24,115
100	400

### 2.1.1 Granulométrie

L'analyse granulométrique de l'échantillon moyen a mis en évidence un faciès sédimentaire grossier (refus pondéral >2mm de 50 %). Sur la fraction <2 mm, la distribution est monomodale, avec une médiane (D50) à 700  $\mu\text{m}$ .

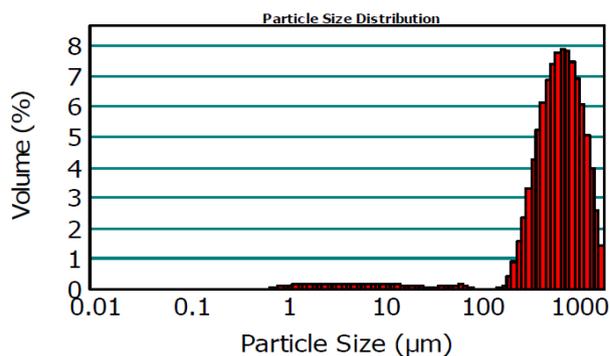


Figure 5 : Histogramme des différentes classes granulométriques

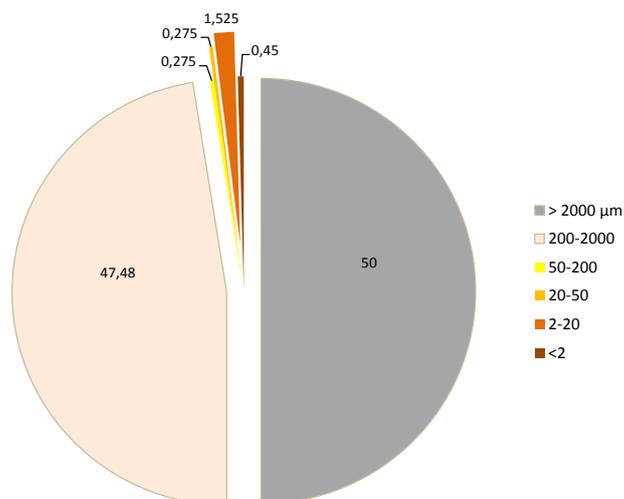


Figure 6 : Répartition (%) des différentes classes granulométriques

L'analyse granulométrique a porté sur un échantillon moyen. Les stations prélevées (stations 1 à 5) présentaient toutes le même faciès apparent d'un sable grossier (voir Annexe 1).

## 2.1.2 Analyses chimiques

Quelques soient les paramètres chimiques (*Tableau 2*), l'échantillon analysé ne présente aucun dépassement des seuils réglementaires en vigueur (seuils N1/N2 des Arrêtés du Août 2006, 23 Décembre 2009 et 17 juillet 2014) relatifs au référentiel de qualité des sédiments.

**Sur la base de ses analyses, les sédiments des stations 1 à 5 ne font donc état d'aucun désordre apparent.**

Par ailleurs, les valeurs mesurées pour les paramètres inorganiques peuvent être comparées aux bruits de fond géochimiques connus (tableau suivant) :

	Bruit de fond (données IFREMER littoral français)	Bruit de fond (données CETE Normandie-Centre) <sup>1</sup>
Arsenic	10 – 15 mg/Kg MS	6 - 10 mg/Kg MS
Cadmium	0,2 mg/Kg MS	0,2 - 0,3 mg/Kg MS
Chrome		17 – 70 mg/Kg MS
Cuivre		5 – 14 mg/Kg MS
Mercure	0,1 mg/Kg MS	0,02 – 0,25 mg/Kg MS
Nickel	55 mg/Kg MS	9 - 25 mg/Kg MS
Plomb	50 - 100 mg/Kg MS	2,5 - 35 mg/Kg MS
Zinc	15 - 70 mg/Kg MS	26 - 75 mg/Kg MS

*Tableau 5 : Principaux bruit de fond connus*

Hormis le cuivre, les autres paramètres inorganiques sont détectés en concentration inférieure ou très proche des bruits de fond trouvés dans la littérature.

## 2.1.3 Enrichissement du milieu

Concernant les niveaux de dégradation associés à la matière organique et aux nutriments, on se référera aux critères d'interprétation proposés par l'IFREMER [ALZIEU C. (coord) 2003 *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*, ED. IFREMER, 248 p] :

Carbone Organique total (g.kg <sup>-1</sup> MS)		Azote (NTK) (mg.kg <sup>-1</sup> MS)		Phosphore (P) (mg.kg <sup>-1</sup> MS)	
Valeurs	Indice	Valeurs	Indice	Valeurs	Indice
<0,6	0	<600	0	<500	0
0,6-2,3	1	600-1200	1	500-800	1
2,4-4	2	1200-2400	2	800-1200	2
4,1-5,8	3	2400-3600	3	>1200	3
>5,8	4	>3600	4		

<sup>1</sup> Données plus spécifiques au bassin versant de Seine-Normandie.

Tableau 6 : Indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003)

Un indice élevé signifie un enrichissement du milieu en matière organique ou des conditions de milieu défavorables à la dégradation des matières organiques (anoxie...).

Les valeurs mesurées sur l'échantillon de sédiment indique les indices de pollution suivants :

- **Indice 4** pour le COT (valeur mesurée de 7,6 g/Kg MS, pour une gamme de valeurs supérieures à 5,8 g/Kg MS),
- **Indice 0** en Azote Kjeldhal (valeur mesurée inférieure à 0,5 g/kg MS),
- **Indice 3** en Phosphore (valeur mesurée de 1800 mg/kg MS)

Hormis pour la teneur en Azote, le milieu apparaît donc relativement enrichi en matière organique ce qui peut être expliqué par la présence d'une macrofaune benthique relativement développée sur toutes les stations.

## 2.2 VIDEO DES FACIES SEDIMENTAIRES

Les vidéos embarquées ont été jointes en format numérique au pétitionnaire. L'**Annexe 3** présente quelques extraits photographiques des faciès dominants constatés : faciès grossiers (cailloutis) sur toutes les stations, nombreux débris coquilliers, et développement très important d'une population d'ophiures (très probablement *Ophiothrix fragilis*) faciès benthique Code EUNIS A5.445 sur la station n°3.

## 2.3 ANALYSES ET MESURES SUR LA COLONNE D'EAU

### 2.3.1 Analyses d'eau

Les analyses d'eau ont porté sur un aliquote des échantillons d'eau collectés sur les 5 stations à la bouteille Niskin (colonne d'eau intégrée).

Les paramètres d'analyse demandés ont concerné :

- les Matières En Suspension (MES)
- les Matières Volatiles en Suspension (MVS), correspondant à la partie des MES volatilisée après calcination des MES à 525 °C selon la norme NF-T-90-029.

Paramètres	Unité	Echantillon d'eau moyen
MES	mg/L	12

MVS	%	21 % soit 2.52 mg/L de MVS
-----	---	----------------------------

Tableau 7 : Résultats d'analyses sur l'échantillon moyen d'eau

### 2.3.2 Mesures sur la colonne d'eau

Des mesures ont été réalisées in-situ à l'aide de la sonde CTD sur chaque station.

Les résultats sont présentés sous forme de profils comparés pour chaque paramètre :

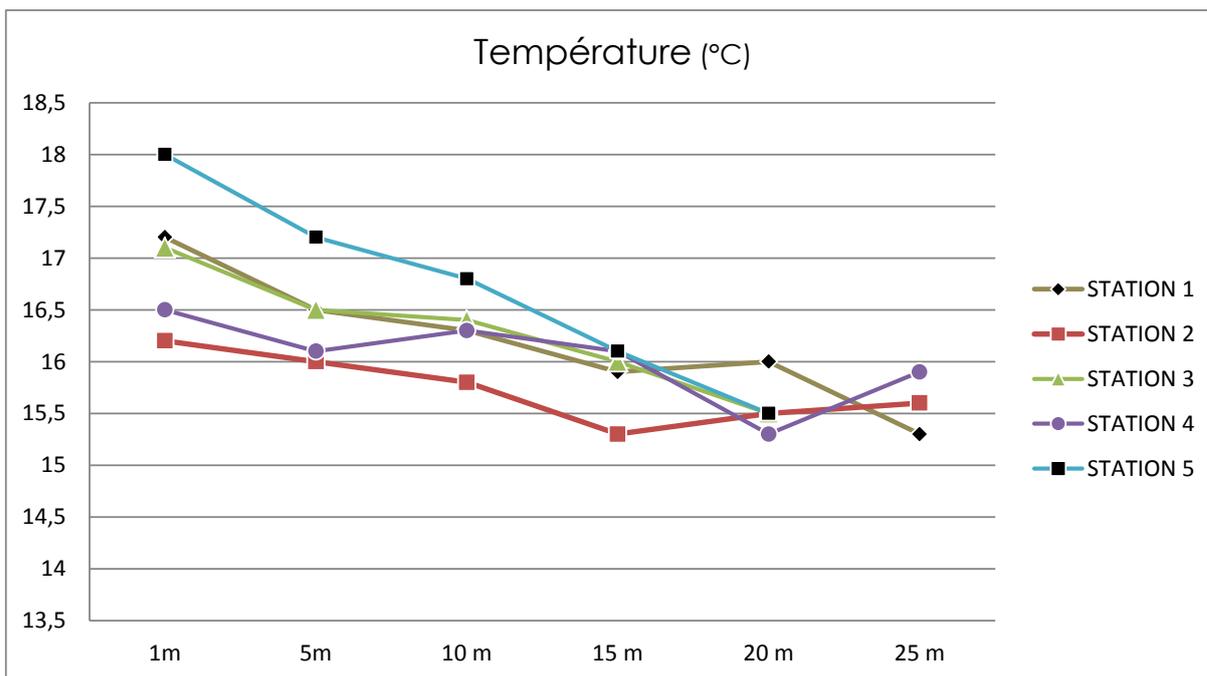


Figure 7 : Profil de température par station

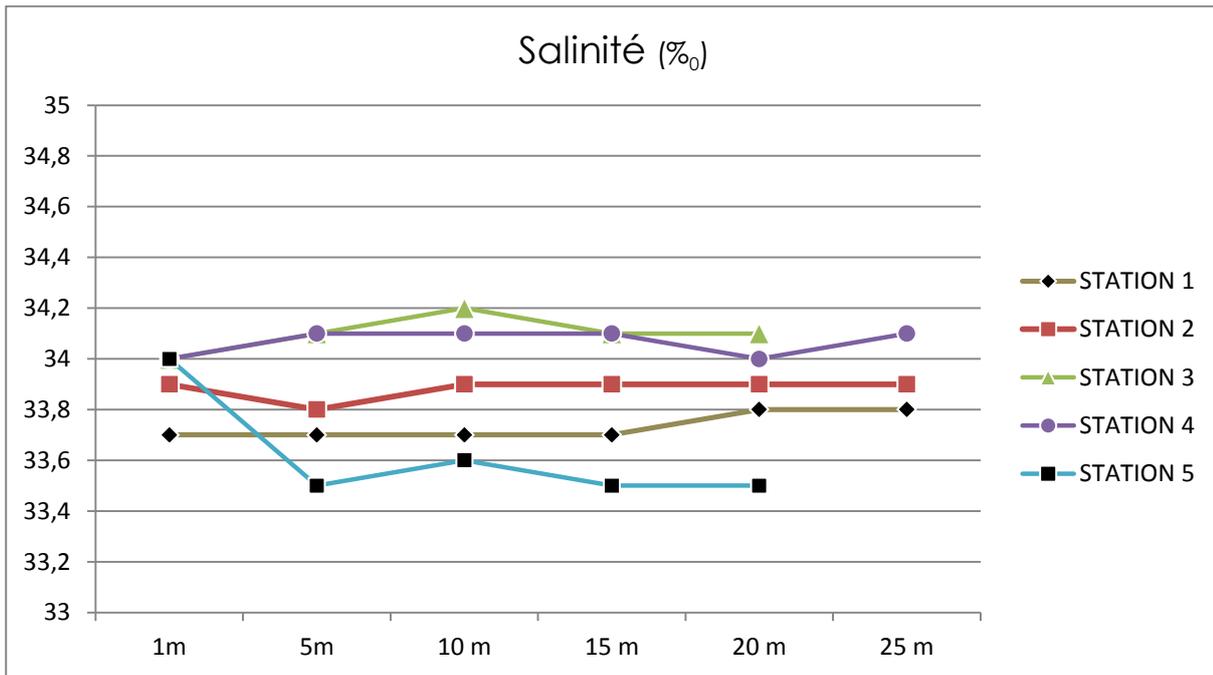


Figure 8 : Profil de salinité par station

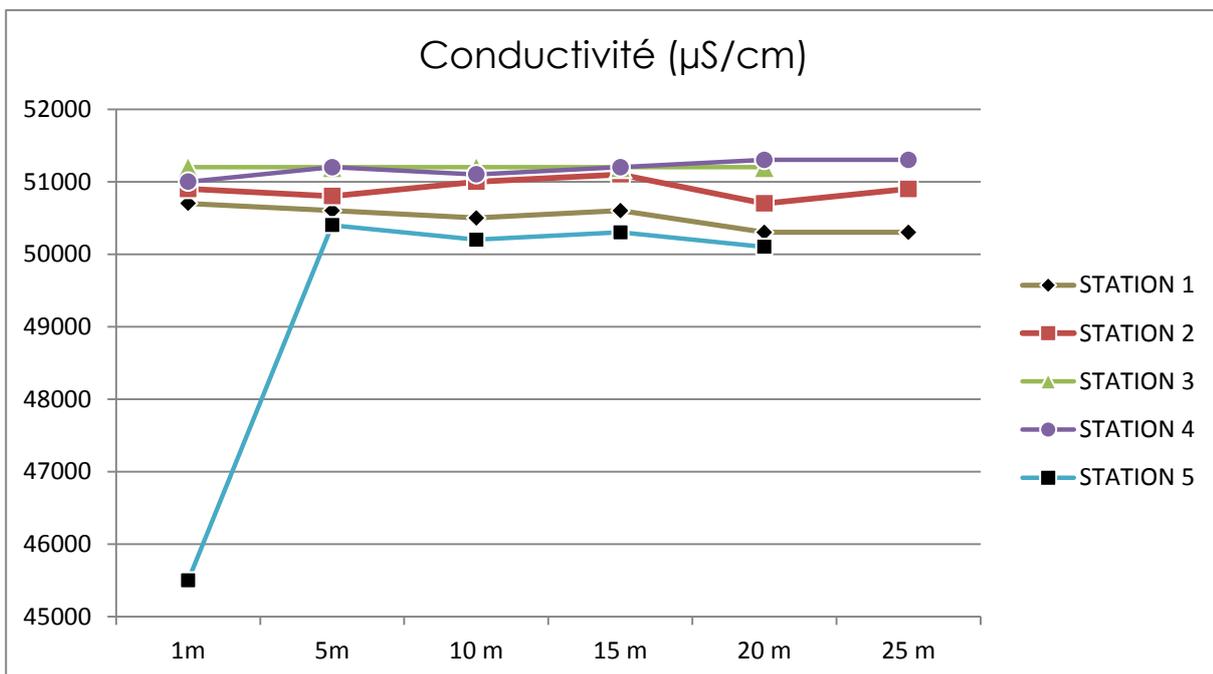


Figure 9 : Profil de conductivité par station

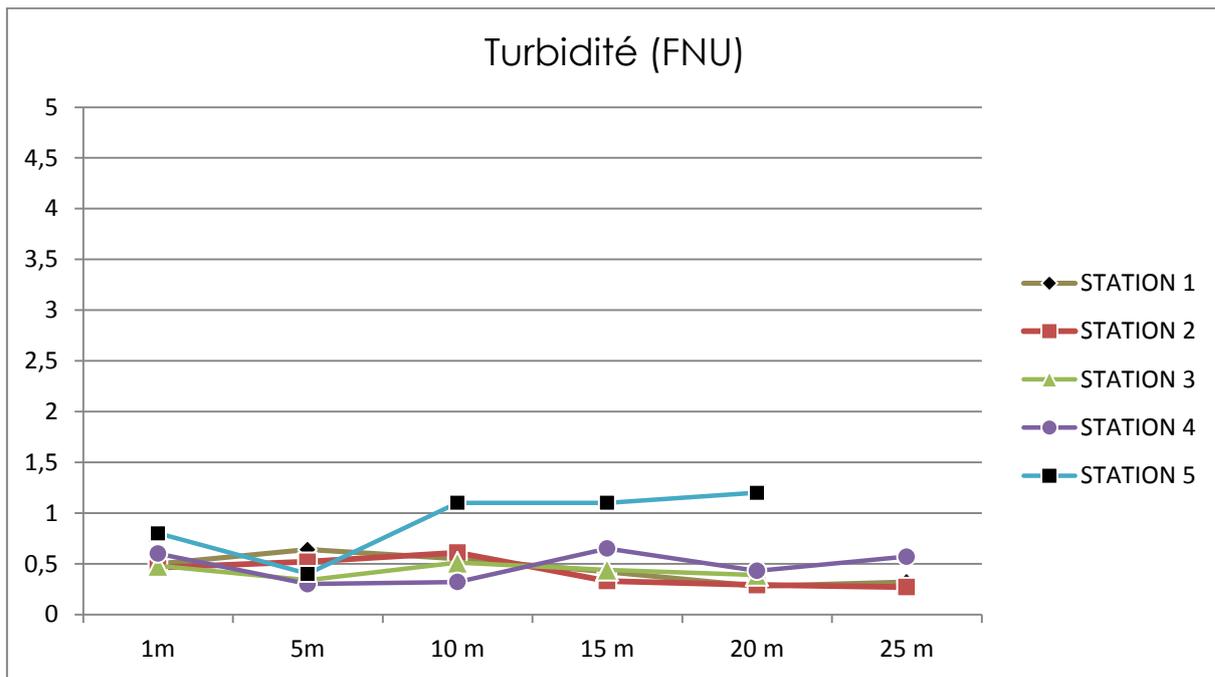


Figure 10 : Profil de turbidité par station

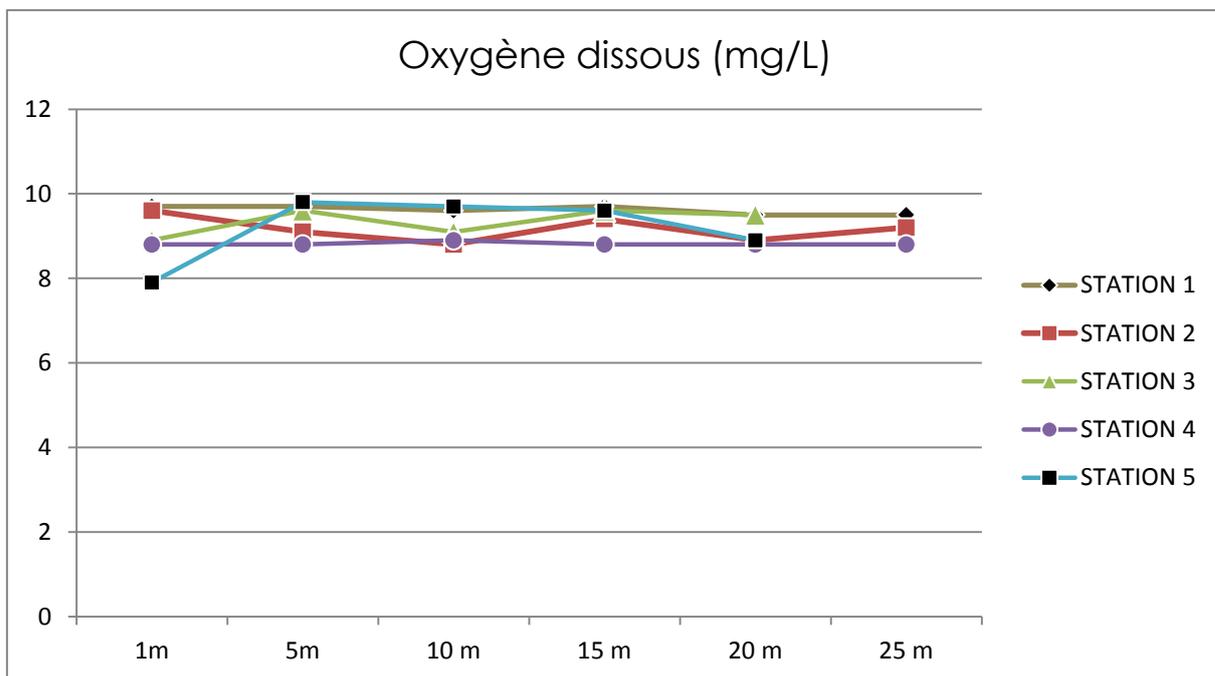


Figure 11 : Profil d'oxygène dissous par station

Globalement, on constate peu de fluctuation dans les paramètres mesurés sur la colonne d'eau.

- Pour le paramètre **température**, la stratification de la colonne d'eau est peu marquée, avec une décroissance assez progressive de la température vers le bas de la colonne, sans toutefois descendre en deçà de 15°C.

- Pour le paramètre **salinité**, les mesures sont relativement homogènes, s'étendant de 33,5 à 34,2 PSU.
- Pour le paramètre **conductivité**, les valeurs fluctuent entre 45000 et 51000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec une chute sur la valeur à 1m pour la station 5. Cette mesure apparait paradoxale puisque la conductivité augmente en principe avec la température (le paramètre pression est considéré ici comme stable compte tenu de la durée de la campagne), or, la température mesurée entre le niveau 1m et 5 m décroît ; cette mesure est vraisemblablement due à un artefact de la sonde.
- Pour le paramètre **turbidité**, les valeurs mesurées sont très faibles, indiquant une bonne transparence de l'eau. La charge en MES (12 mg/L) mesurée sur l'échantillon moyen confirme par ailleurs ce constat. Cette charge en Matières en Suspension n'est cependant pas négligeable pour la période estivale et est peut-être à rapprocher de la charge en phytoplancton (non mesurée ici).
- Enfin, pour le paramètre **oxygène dissous**, les mesures indiquent des profils très proches les uns des autres, avec des valeurs oscillant entre 8 et 10 mg/L, donc un milieu bien oxygéné, et une absence de stratification indiquant une homogénéité de la masse d'eau, à l'instar des températures mesurées.

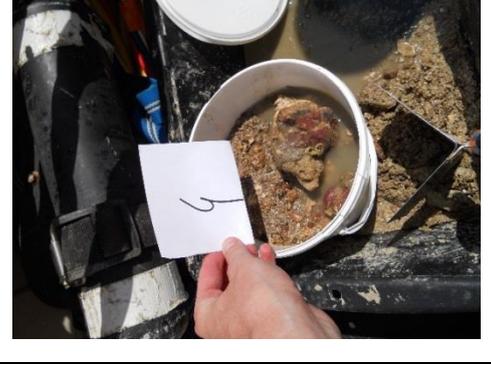
# ANNEXES



## Annexe 1.

# Photographies des échantillons premiers



	Photo 1	Photo 2	Faciès rencontrés
Station 1			Gros cailloux + coquillages + sable grossier avec fraction fine
Station 2			Sable grossier + Gros cailloux
Station 3			Sable grossier + Gros cailloux
Station 4			Sable grossier + Gros cailloux

Station 5



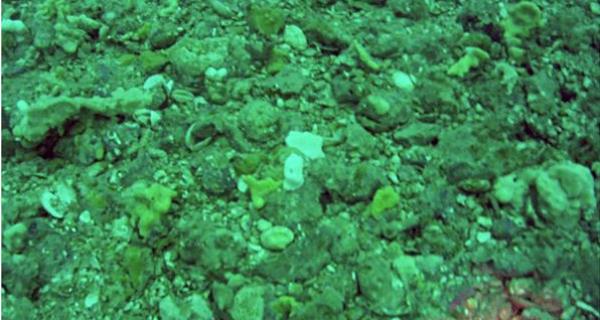
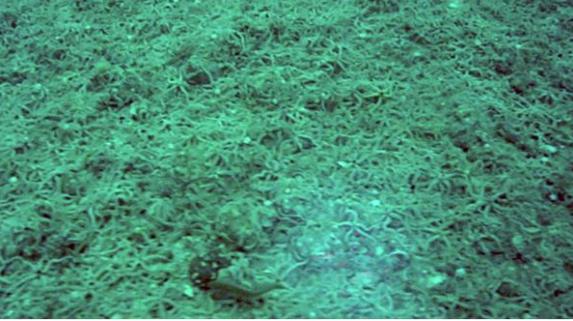
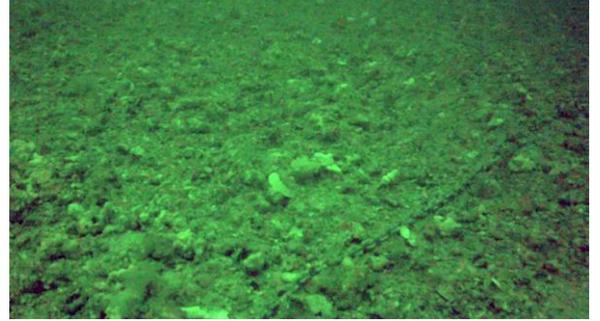
Sable grossier  
+  
Gros cailloux

## Annexe 2.

# Bulletins d'analyses du laboratoire

## Annexe 3.

# Captures vidéo des facies sédimentaires

Station 1	Station 2
	
Station 3	Station 4
	
Station 5	
	

## Annexe 4.

# Notices techniques des appareils de mesure