



OBSERVATION HAUTE FRÉQUENCE DE LA TURBIDITÉ PRÈS DU FOND

BILAN DE L'ACQUISITION 2017-2021

CPER ROEC

Ce document constitue un enrichissement du document

N° 24 Shom/DOPS/HOM/SEDIM/NP du 6 juillet 2021

ISABELLE GABELOTAUD, EDITH LE BORGNE, ELODIE MARCHES, THIERRY GARLAN, PATRICK GUYOMARD, ANDRÉ LUSVEN, MICHEL OUTRE, MARINE NORMANT, JOËLLE SALAUN, VINCENT PERIER, VALÉRIE CARIOU, MARC LE MENN

1	RAPPELS DES OBJECTIFS DU CPER ROEC.....	5
2	RÉSEAU MIS EN PLACE.....	5
2.1	LOCALISATION DES POINTS D'OBSERVATION.....	5
2.2	RAPPEL SUR LES SYSTÈMES DE MESURE.....	7
2.3	DÉPLOIEMENTS/MOYENS MIS EN ŒUVRE	10
3	BILAN DE L'ACQUISITION 2017-2021.....	10
3.1.	TAUX D'ACQUISITION.....	10
3.2	SÉRIE TEMPORELLE DE SAINT-BRIEUC.....	11
3.3	SÉRIE TEMPORELLE EN BAIE DE MORLAIX	16
3.4	SÉRIE TEMPORELLE DANS L'ANSE DU FRET	20
3.5	SÉRIE TEMPORELLE EN BAIE DE DOUARNENEZ.....	24
3.6	SÉRIE TEMPORELLE EN BAIE DE CONCARNEAU	29
3.7	SÉRIE TEMPORELLE SUR LA GRANDE VASIÈRE	35
3.8	SÉRIE TEMPORELLE DE GINO EN MER CELTIQUE.....	41
4	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	45
4.1	CONCLUSIONS SUR LES MESURES DE TURBIDITÉ ACQUISES SUR LA PÉRIODE 2017-2021	45
4.2	PERSPECTIVES	47
5	CONTRAINTES DE MOYENS/IMPLICATIONS RH.....	51
	Figure 1. Financeurs et partenaires du CPER ROEC.....	5
	Figure 2. Carte de localisation des points d'observation	6
	Figure 3. Photographies des instruments utilisés pour le suivi de la turbidité.....	7
	Figure 4. Schéma du mouillage mis en place dans le cadre de la surveillance de la turbidité de fond pour les points d'observation petits fonds.	8
	Figure 5. Schéma du mouillage mis en place dans le cadre de la surveillance de la turbidité de fond pour les points d'observation grands fonds	9
	Figure 6. Synthèse du taux d'acquisition depuis le lancement du RÉSEAU	11

Figure 7. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique obtenue au tamis sur l'échantillon ROEC prélevé le 13/09/18 en Baie de Saint-Brieuc	11
Figure 8. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Saint-Brieuc en 2017-2018.....	14
Figure 9. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Saint-Brieuc en 2019-2021.....	15
Figure 10. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique présente dans l'échantillon ROEC prélevé le 6/02/19 en Baie de Morlaix.....	16
Figure 11. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Morlaix en 2017-2018	18
Figure 12. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Morlaix en 2019-2021	19
Figure 13. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique présente dans l'échantillon ROEC prélevé le 14/12/18 dans l'Anse du Fret.....	20
Figure 14.Synthèse des paramètres environnementaux pour la station du Fret en 2017-2018.....	22
Figure 15.Synthèse des paramètres environnementaux pour la station du Fret en 2019-2021.....	23
Figure 16. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique présente dans l'échantillon ROEC prélevé le 28/02/19	24
Figure 17. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Douarnenez 2017-2018	26
Figure 18. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Douarnenez en 2019-2021.....	27
Figure 19. Bathymétrie en 3D dans le secteur de Concarneau montrant la présence de pockmarks. <i>NB : Le diamètre de ces structures mesure environ 20 m.</i>	29
Figure 20. Représentation de Haploops nirae : (a) illustration scientifique ; (b) photographie d'un Haploops nirae dans son tube (Reynaud et al., 2014).....	29
Figure 21. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique présente dans l'échantillon ROEC prélevé le 1/03/19	30
Figure 22. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Concarneau en 2017-2018.....	32

Figure 23. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Concarneau en 2019-2021.....	33
Figure 24. Cage relevée sur le point de Concarneau après quatre mois de mouillage .	34
Figure 25. Panache au niveau d'un pockmark créant une anomalie bathymétrique au SMF (campagne DynSedim2016, Shom).....	35
Figure 26. Levé bathymétrique sur la zone de mouillage de la Grande Vasière	36
Figure 27. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique obtenue au tamis sur l'échantillon ROEC prélevé le 11/09/18 au niveau du mouillage de la Grande Vasière.....	36
Figure 28. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de la Grande Vasière en 2017-2018.....	39
Figure 29. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de la Grande Vasière en 2019-2021.....	40
Figure 30. Levé bathymétrique sur la zone de mouillage Gino (épave au centre de l'image).....	41
Figure 31. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique obtenue au tamis sur l'échantillon ROEC prélevé le 12/09/18 au niveau du mouillage de Gino (Mer Celtique).....	41
Figure 32. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Gino en 2017-2018	43
Figure 33. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Gino en 2019-2021	44
Figure 34. Comparatif des niveaux de turbidité mesurés sur les différents points de mouillage.....	46
Figure 35. Mise en ligne des données de turbidité ROEC sur le portail DATA.SHOM.FR	47
Figure 36. Essais de déploiement de cage Antirion avec lest récupérable	49
Figure 37. Essai de déploiement de cage tripode inox récupérable.....	49
Figure 38. Localisation des points d'observation envisagés dans le cadre de l'extension du réseau (DCSMM).....	50

1 RAPPELS DES OBJECTIFS DU CPER ROEC

Le projet ROEC, du CPER Bretagne 2015-2020, constitue une déclinaison régionale d'un réseau d'observation continue à haute fréquence de l'environnement côtier, basée sur une approche intégrée pluridisciplinaire (physique, biologie et chimie). L'Ifremer, le CEREMA, le CNRS, l'IUEM, la Station Biologique de Roscoff et le Shom participent à ce projet, coordonné par le Shom et l'Ifremer. Ce projet est financé par la Région Bretagne, le FEDER¹, Brest Métropole (BM) et le Conseil Départemental du Finistère (CD29) (fig. 1).



Figure 1. Financeurs et partenaires du CPER ROEC

Le projet ROEC a pour objectifs :

- de déployer et maintenir la composante bretonne du réseau national d'observations côtières ;
- de développer et tester de nouveaux outils technologiques pour l'observation côtière ;
- de renforcer les systèmes de mesures existants ;
- de progresser dans la compréhension des conséquences du changement global, des pressions anthropiques, sur les écosystèmes côtiers par le développement de méthodologies et de modèles permettant la compréhension des phénomènes observés.

Dans ce cadre, le Shom a mis en place début 2017 un réseau d'observation de la turbidité près du fond permettant de mesurer la turbidité et les courants à proximité du fond marin en continu, à haute fréquence et sur une période de temps longue (plusieurs années).

En amont de ce projet, des essais de mesure longue durée ont été réalisés par le Shom lors de campagnes océanographiques en 2015 et 2016 (campagnes DynSedim) et ont permis d'affiner le choix des instruments de mesures et notamment de leurs gammes de mesure. Les principales difficultés en matière de mesures haute fréquence de la turbidité de fond ont pu être identifiées lors de ces campagnes (risque de chalutage des cages et pertes de matériel, biofouling, saturation des capteurs). Une bonne connaissance de ces aspects a permis, en particulier, de mieux appréhender les difficultés de mesures en fonction de la période (biofouling plus important au printemps par exemple), les problèmes liés à la saturation selon les sites observés (fonction de l'hydrodynamique et de la nature des fonds), les risques d'endommagement des capteurs optiques par le transport en suspension des sédiments (abrasion). Le projet ROEC a directement bénéficié de ce retour d'expérience et comptabilise au total cinq années d'acquisition de séries temporelles de turbidité.

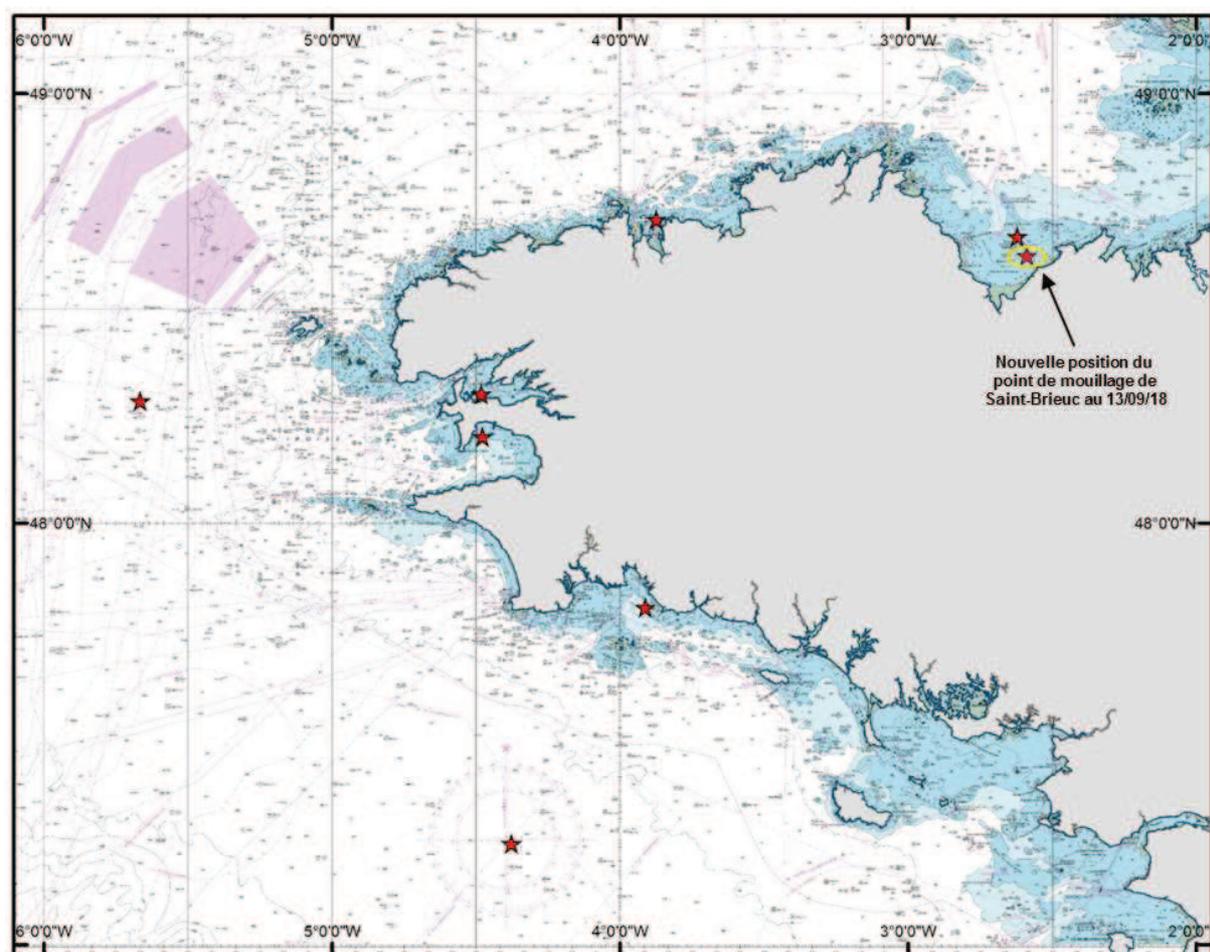
2 RÉSEAU MIS EN PLACE

2.1 LOCALISATION DES POINTS D'OBSERVATION

Le Shom a défini sept points de mouillages (fig. 2) présentant des intérêts écologiques et/ou sédimentologiques et impactés par des activités anthropiques (excepté le point témoin en Mer Celtique).

¹ FEDER : Fonds Européen de Développement Régional

La position du point de mouillage situé en Baie de Saint-Brieuc a été modifiée en septembre 2018 (voir § III.2). Depuis 2019, aucun changement n'est intervenu dans la position des points de mouillage du réseau ROEC de surveillance de la turbidité de fond.



Un rappel des différentes activités anthropiques ou intérêts écologiques identifiés pour chaque point défini est fourni dans le tableau ci-dessous.

Site d'observation	Intérêt
St Brieuc	Pêche à la coquille
Baie de Morlaix	Concession d'extraction
Anse du Fret	Pêche, activité portuaire...
Douarnenez	Nourricerie de poissons
Concarneau	Pockmarks et Haploops
Grande vasière	Chalutage intensif langoustines
Gino	Témoin / Dunes

2.2 RAPPEL SUR LES SYSTÈMES DE MESURE

Les capteurs utilisés pour suivre la turbidité près du fond sont : un turbidimètre optique NTUS (Wetlabs) et un courantomètre ponctuel Aquadopp 200 m (Nortek) (fig. 3).

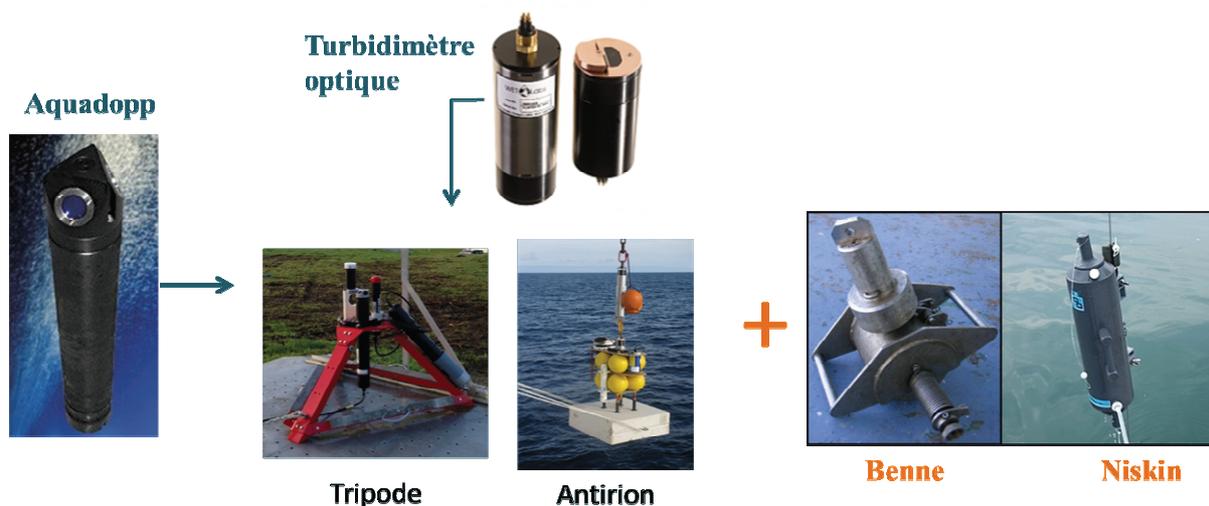


Figure 3. Photographies des instruments utilisés pour le suivi de la turbidité

Le turbidimètre optique donne une information qualitative de la visibilité sous-marine. Il mesure l'absorbance et/ou la diffusion d'un rayon lumineux de longueur d'onde connue par un liquide. La lumière incidente ainsi réfléchiée vers l'instrument est fonction de la quantité de particules en suspension dans l'eau. Les turbidimètres optiques donnent des valeurs en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) permettant d'évaluer la capacité de l'eau à laisser passer la lumière (turbidité). Les turbidimètres ont été choisis pour mesurer à 700 nm c'est à dire dans le rouge. Ce critère est important à considérer car cela signifie que l'instrument sera bien plus sensible aux particules minérales qu'au phytoplancton.

Le courantomètre ponctuel (Aquadopp) donne des informations sur l'intensité et la direction des courants près du fond. Il peut également mesurer la température et la pression. Ce capteur, en

plus de servir d'alimentation au turbidimètre, pourra apporter des éléments sur les conditions hydrodynamiques et affirmer ou infirmer l'impact des courants sur les variations de turbidité, en particulier pour la région de Concarneau, caractérisée par des fonds vaseux susceptibles d'être facilement remis en suspension sous l'influence des courants.

Après étalonnage en laboratoire, ces deux capteurs sont ensuite fixés sur des structures pouvant être de deux types selon la profondeur d'immersion :

- ✓ des cages tripodes prévues pour les petits fonds ;
- ✓ des cages de type Antirion pour les grands fonds.

Sur chaque point de mouillage des cages benthiques, des prélèvements d'eau à l'aide d'une bouteille Niskin et de sédiments à l'aide d'une benne Shipeck (ou parfois manuellement par petits fonds) sont réalisés (fig. 3). Ces prélèvements ont pour but, lorsque le nombre de prélèvements est suffisant, de convertir les mesures du turbidimètre en NTU en concentrations en matière en suspension (MES en mg.l^{-1}). Les gammes étalon qui seront ainsi réalisées en laboratoire ne seront cependant applicables qu'au point de surveillance où les prélèvements ont été effectués. En effet, le signal mesuré par le turbidimètre est étroitement lié au type et à la nature des sédiments rencontrés. Ainsi, une gamme étalon établie avec des sédiments prélevés à Concarneau ne pourra pas être utilisée pour connaître les concentrations en MES sur un autre site d'observation.

Pour les faibles profondeurs (Saint-Brieuc, Morlaix, Fret, Douarnenez et Concarneau), une structure adaptée a été développée. Cette structure benthique comprend une cage tripode en aluminium (légère) accueillant les capteurs, un largueur Sonardyne LRT, des systèmes de lests et d'ancrage ainsi que des flotteurs (fig. 4). Elle est déployée par des embarcations légères (type zodiac).

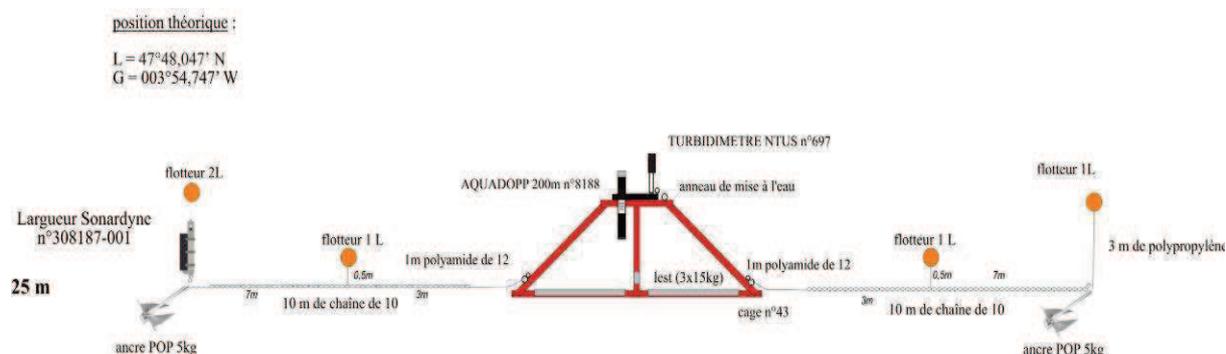


Figure 4. Schéma du mouillage mis en place dans le cadre de la surveillance de la turbidité de fond pour les points d'observation petits fonds.

Pour les plus grands fonds (points Grande Vasière et Gino), les structures mises en place sont plus imposantes et nécessitent un bâtiment de fort tonnage (type BH2) pour leur déploiement. Elles sont constituées d'une cage Antirion fixée sur un lest en béton (fig. 5).

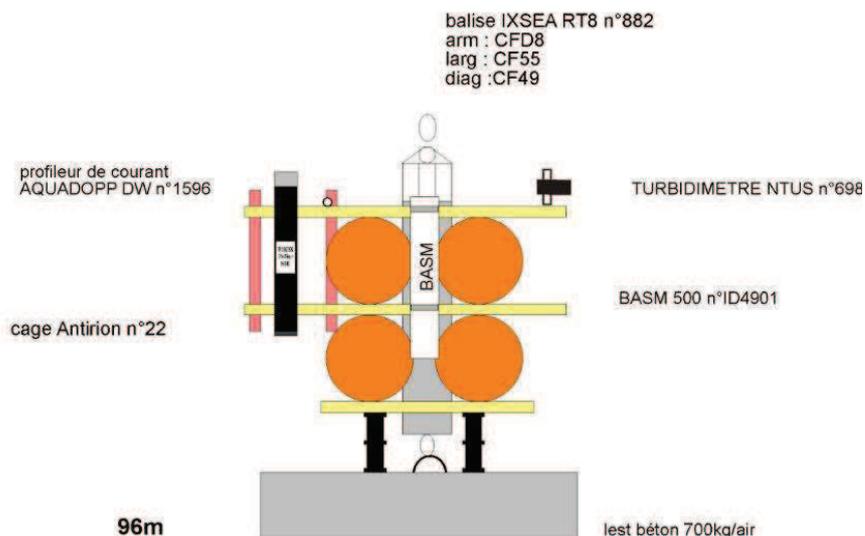


Figure 5. Schéma du mouillage mis en place dans le cadre de la surveillance de la turbidité de fond pour les points d'observation grands fonds

Les capteurs (turbidimètre et courantomètre) sont positionnés pour mesurer à moins d'1 m du fond pour les turbidimètres et 2 m pour les courantomètres. Les instruments acquièrent une mesure toutes les 20 min durant toute la durée de déploiement. Cette fréquence d'acquisition nécessite une rotation des systèmes tous les trois mois environ pour garantir l'autonomie des batteries et ainsi la continuité des mesures.

Nom du mouillage	Type de capteur	Type de mouillage	Latitude	Longitude	Sonde réduite (m)
Rade de Brest	profileur de courant + turbidimètre	cage tripode	48° 18,106' N	004°28.881' W	12
Douarnenez	profileur de courant + turbidimètre	cage tripode	48°12,170' N	004°28,66' W	17
Concarneau	profileur de courant + turbidimètre	cage tripode	47°48,053' N	003°54,747' W	25
Saint-Brieuc	profileur de courant + turbidimètre	cage tripode	48°40,155' N 48°37,220' N	002°37,306' W 002°35,318' W	14 15
GV	profileur de courant + turbidimètre	cage Antirion	47°14,483' N	004°22,611' W	96
Gino	profileur de courant + turbidimètre	cage Antirion	48°17,18' N	005°39,969' W	83
Baie de Morlaix	profileur de courant + turbidimètres	cage tripode + marque spéciale en surface	48°42,512' N	003°52,484' W	10

2.3 DÉPLOIEMENTS/MOYENS MIS EN ŒUVRE

La mise en place et l'entretien de ce réseau d'observation requièrent des moyens à la mer conséquents. Les mouillages « grands fonds » (Gino et Grande Vasière) nécessitent l'intervention de BH2 ou de BSAD (Bâtiment de Soutien, d'Assistance et de Dépollution, en cas de non disponibilité de BH2). Les mouillages « petits fonds » sont quant à eux déployés par les plongeurs du Shom. Le point situé en Baie de Morlaix fait l'objet d'un partenariat avec la Station Biologique de Roscoff (convention), ce qui permet au Shom de profiter des moyens à la mer et des plongeurs de la station biologique et à cette dernière de bénéficier du suivi de paramètres complémentaires par rapport à ceux qu'elle mesure déjà en ce point. Les dates de rotation des mouillages relatifs aux 7 points d'observation pour la période 2017-2021 figurent dans le tableau ci-dessous.

Points d'observation	Baie de Morlaix	Saint - Brieuc	Fret	Douarnenez	Concarneau	Gino	GV
Mouillage initial	24/03/17	07/02/17	08/02/17	13/02/17	14/02/17	20/04/17	14/03/17
Mouillage n° 2	15/06/17	31/05/17	30/05/17	07/06/17	13/06/17	19/06/17	18/07/17
Mouillage n° 3	12/09/17	31/08/17	30/08/17	01/09/17	07/09/17	26/09/17	26/09/17
Mouillage n° 4	19/12/17	29/11/17	21/11/17	05/12/17	23/11/17	-	-
Mouillage n° 5	21/03/18	6/03/18	5/03/18	8/03/18	13/03/18	-	28/02/18
Mouillage n° 6	18/06/18	7/06/18	30/05/18	29/05/18	31/05/18	-	29/05/18
Mouillage n° 7	6/09/18	14/09/18	18/09/18	21/09/18	28/09/18	12/09/18	11/09/18
Mouillage n° 8	11/12/18	11/12/18	14/12/18	12/12/18	1/03/19	20/11/18	20/11/18
Mouillage n° 9	05/03/19	27/02/19	6/03/19	28/02/19	1/03/2019	21/02/19	20/02/19
Mouillage n° 10	03/06/19	18/06/19	13/06/19	5/06/19	6/06/2019	20/05/19	21/05/19
Mouillage n° 11	09/09/19	23/09/19	13/09/19	12/09/19	17/09/19	22/10/19	23/10/19
Mouillage n° 12	04/12/19	20/01/20	29/11/19	21/01/20	22/01/20	-	-
Mouillage n° 13	12/06/20	05/06/20	09/06/20	09/06/20	08/07/20	20/05/20	21/05/20
Mouillage n° 14	23/09/20	07/09/20	10/09/20	09/09/20	21/09/20	18/08/20	23/08/20
Mouillage n°15	07/01/21	23/03/21	01/12/20	02/12/20	17/03/21	08/01/21	07/01/21
Mouillage n°16	08/03/21	23/03/21	-	-	-	16/02/21	14/02/21
Fin des mouillages	07/05/21	10/09/21	19/04/21	20/04/21	28/06/21	01/07/21	11/08/21

3 BILAN DE L'ACQUISITION 2017-2021

3.1. TAUX D'ACQUISITION

Le taux d'acquisition a été estimé en faisant le ratio du nombre de jours de données acquises par rapport au nombre de jours d'immersion des systèmes de mesures (fig. 6). Les résultats obtenus à l'issue de 5 années de mesures montrent un taux d'acquisition qui demeure satisfaisant comparativement aux années antérieures. Les mesures couvrent, en fin de déploiement, en moyenne 75 % du temps de déploiement sur l'ensemble des sites. Les taux d'acquisition de 5 points sur 7 sont en très légère hausse par rapport à l'année précédente, les deux derniers points (Saint Brieuc et Mer Celtique) sont en baisse, les mouillages étant restés immergés plus longtemps, la baisse du taux d'acquisition est donc essentiellement dû à la limite d'autonomie des capteurs.

Station	Acquisition (jours)	Immersion (jours)	% mesures 2017	% mesures 2017-2018	% mesures 2017-2019	% mesures 2017-2020	% mesures 2017-2021
Saint-Brieuc	1049	1676	74%	88%	71%	68%	63%
Morlaix	1291	1464	94%	97%	95%	87%	88%
Fret	1170	1530	87%	93%	85%	75%	76%
Douarnenez	1313	1530	87%	87%	88%	85%	86%
Concarneau	1241	1647	78%	82%	83%	74%	75%
Gino	846	1433	7%	97%	85%	75%	59%
Grande Vasière	1235	1525	85%	95%	87%	82%	81%

Figure 6. Synthèse du taux d'acquisition depuis le lancement du réseau

3.2 SÉRIE TEMPORELLE DE SAINT-BRIEUC

Le point de mouillage situé en Baie de Saint-Brieuc a connu une première implantation de début 2017 à fin septembre 2018, au 48°40,155'N et 2°37,306'W et a été repositionné par la suite au 48°37,306' N et 2°35,318'W

La nature des fonds observée au niveau du premier point d'implantation du mouillage était de type « vase ». Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés au niveau du nouveau point de mouillage de la Baie de Saint-Brieuc fournissent un histogramme tel que celui présenté ci-dessous (fig. 7), caractéristique de fonds de sable grossier au point d'observation.

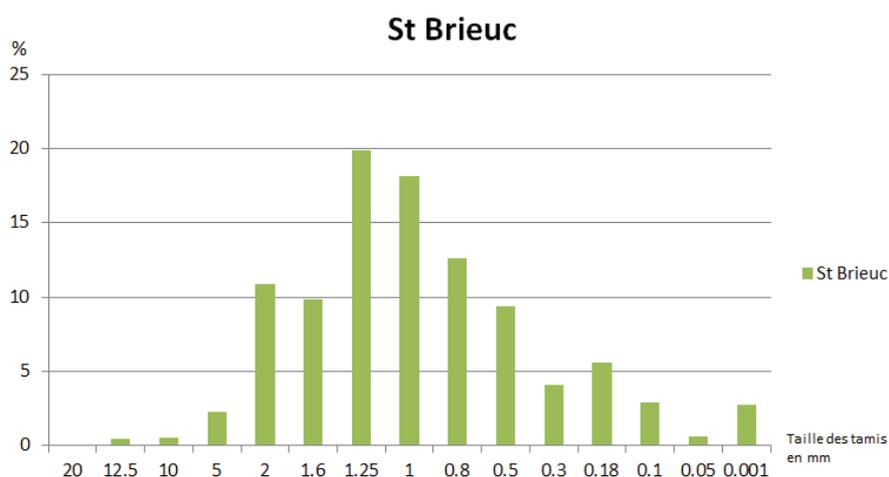


Figure 7. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique obtenue au tamis sur l'échantillon ROEC prélevé le 13/09/18 en Baie de Saint-Brieuc

Les résultats de l'acquisition effectuée de mi-décembre 2017 à début septembre 2018 sur le point situé en Baie de Saint-Brieuc (25 m de fond) mettent en évidence, comme durant l'année 2017,

une variabilité temporelle de la turbidité près du fond (fig. 8). Si les niveaux de turbidité sont globalement demeurés relativement bas (en général inférieur à 4 NTU) durant cette période, on note toutefois des augmentations de niveau, de l'ordre de 20 à 40 NTU, de mi-décembre 2017 à début mars 2018. Si les changements de turbidité étaient généralement assez courts dans le temps, les changements de turbidité ont atteint, en 2018, des valeurs plus importantes qu'en 2017 et sont parfois apparues plus durables (de mi-décembre 2017 à début mars 2018). En décembre 2017 et janvier 2018, le milieu regagnait ainsi beaucoup moins rapidement son état de base turbide à ~2 NTU. D'une manière générale, les augmentations observées ont suivi les augmentations de la vitesse des courants moyens et globalement, sur l'année 2018, cette évolution du niveau de la turbidité avec la vitesse du courant s'est manifestée de manière plus marquée. Comme sur l'année 2017, les courants moyens étaient de l'ordre de 0,5 m/s au maximum, étaient concordants avec la marée et n'ont pas mis en évidence d'évènements exceptionnels. En dehors des augmentations évoquées, quelques pics isolés supérieurs à 10 NTU ont pu être observés, toujours de manière ponctuelle et en particulier sur les mois de juin et juillet.

Afin de tenter d'observer des variations plus manifestes des niveaux de turbidité, le point d'observation a été légèrement déplacé vers le sud-est lors de la rotation intervenue mi-septembre 2018 (mouillage n°7). Ainsi, sur la période allant de mi-septembre à mi-décembre 2018, si le niveau de turbidité continue à suivre les évolutions de la vitesse du courant (de l'ordre de 0,3 m/s au maximum au niveau de ce nouveau point), de très nombreux pics de turbidité de l'ordre de 125 NTU sont observés de manière quasi-continue sur toute la période et viennent saturer le turbidimètre optique de la gamme 0-125 NTU gréé sur la cage benthique.

De fin février à fin mai 2019 (fig. 9), les pics de turbidité sont moins fréquents qu'en fin 2018 et n'excèdent pas 80 NTU. Par contre, à partir de fin mai 2019, on retrouve un schéma similaire à ce qui a pu être observé fin 2018 : les pics de saturation sont multiples même si un retour au niveau de turbidité de base (de 0,5 à 1 NTU) est régulièrement constaté. Suite à un problème d'alimentation du capteur et à une infiltration d'eau, la série temporelle de turbidité sur le point de Saint-Brieuc n'est toutefois pas complète sur 2019. Une indication relative des niveaux de turbidité a néanmoins pu être obtenue au travers d'un enregistrement effectué par le courantomètre gréé sur la cage tripode.

La comparaison des niveaux de turbidité avec les données nationales de mesures de houle in situ du réseau CANDHIS (CEREMA - bouées Bréhat et Pierres Noires) confirme, sur 2018 et 2019, une bonne corrélation entre les augmentations de turbidité et les pics de houle au large (ex : 29/11/18, 9/12/18, 27/04/19, 8/05/19). Ce constat semble traduire qu'un forçage majeur de la turbidité en Baie de Saint-Brieuc est la houle.

Cependant la houle doit atteindre une valeur seuil de 4 m au large pour avoir un effet sur la turbidité en baie de Saint-Brieuc. Bien qu'il existe une bonne concordance entre la houle enregistrée au large, et les pics de turbidité, certaines augmentations de la turbidité ne sont pas corrélées avec des pics de houle au large. Comme en 2017, l'hypothèse de l'influence de la direction de la houle a été envisagée puisque certains de ces pics de turbidité inexplicables sont contemporains de houle du nord (exemple l'augmentation entre le 23/02/2018 et le 10/03/2018, les 13/04/19, 13/05/19, du 7/06 au 15/07/19), bien que leur hauteur soit faible. Mais il n'existe pas d'augmentation de turbidité à chaque fois que la houle est nord (exemple au 28/06/2018).

De juin 2020 à juin 2021, la série temporelle a été interrompue deux fois : du 17 août 2020 au 23 septembre 2020 (37 jours) puis au début de l'année 2021, du 26 janvier au 17 février (22 jours). Les valeurs de turbidités sont comprises entre 0,3 et 9,2 NTU. La concordance, pic de turbidité / houle (supérieure à 4 mètres et orientée Nord / Nord-Est) se confirme (ex le 12/06/2020) ce qui semble traduire qu'un forçage majeur de la turbidité en Baie de Saint-Brieuc est la houle. Certains pics demeurent sans corrélation avec la houle (ex : le 09/08/2021), ce qui renforce l'hypothèse de la possibilité de plusieurs autres forçages.

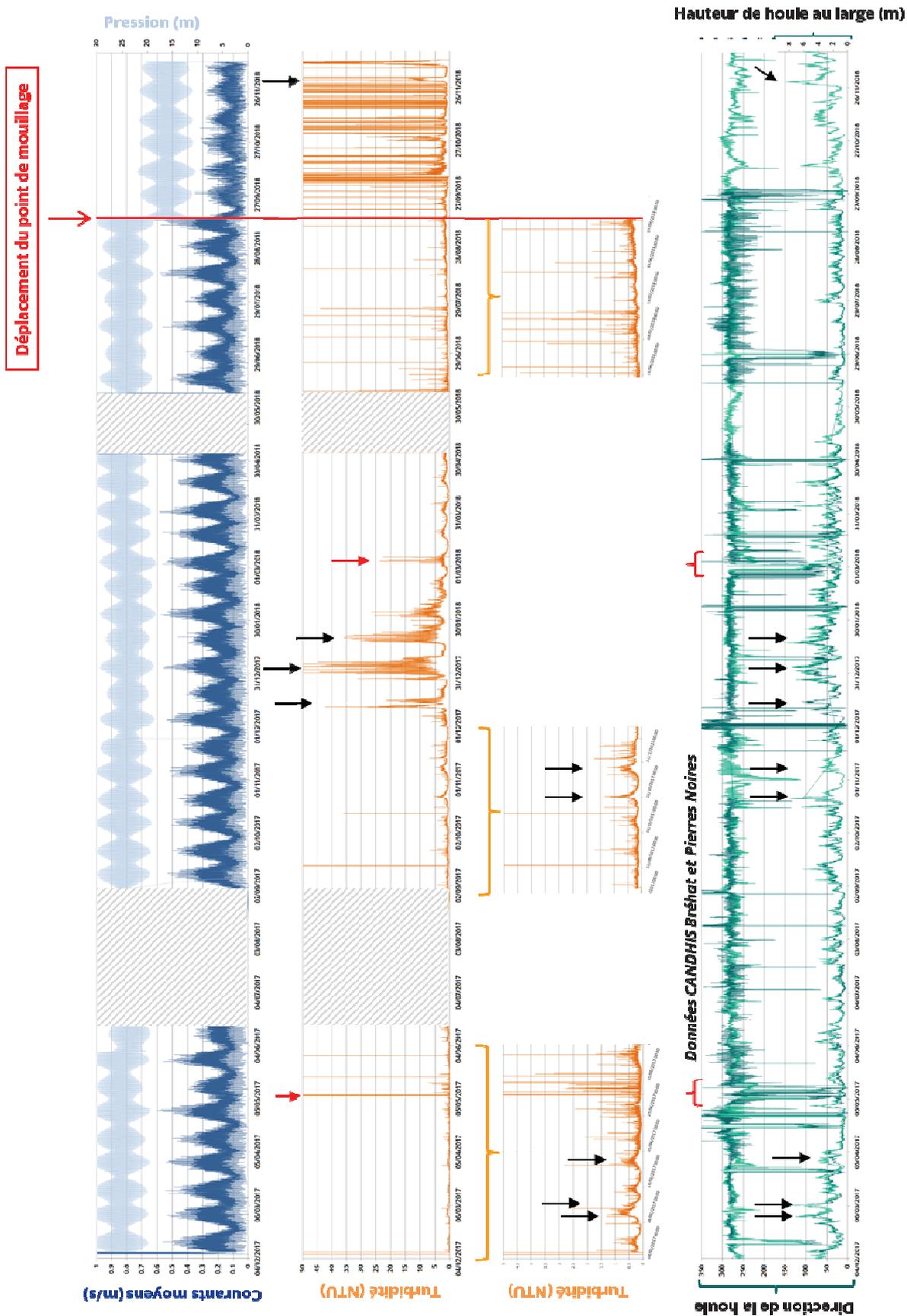


Figure 8. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Saint-Brieuc en 2017-2018

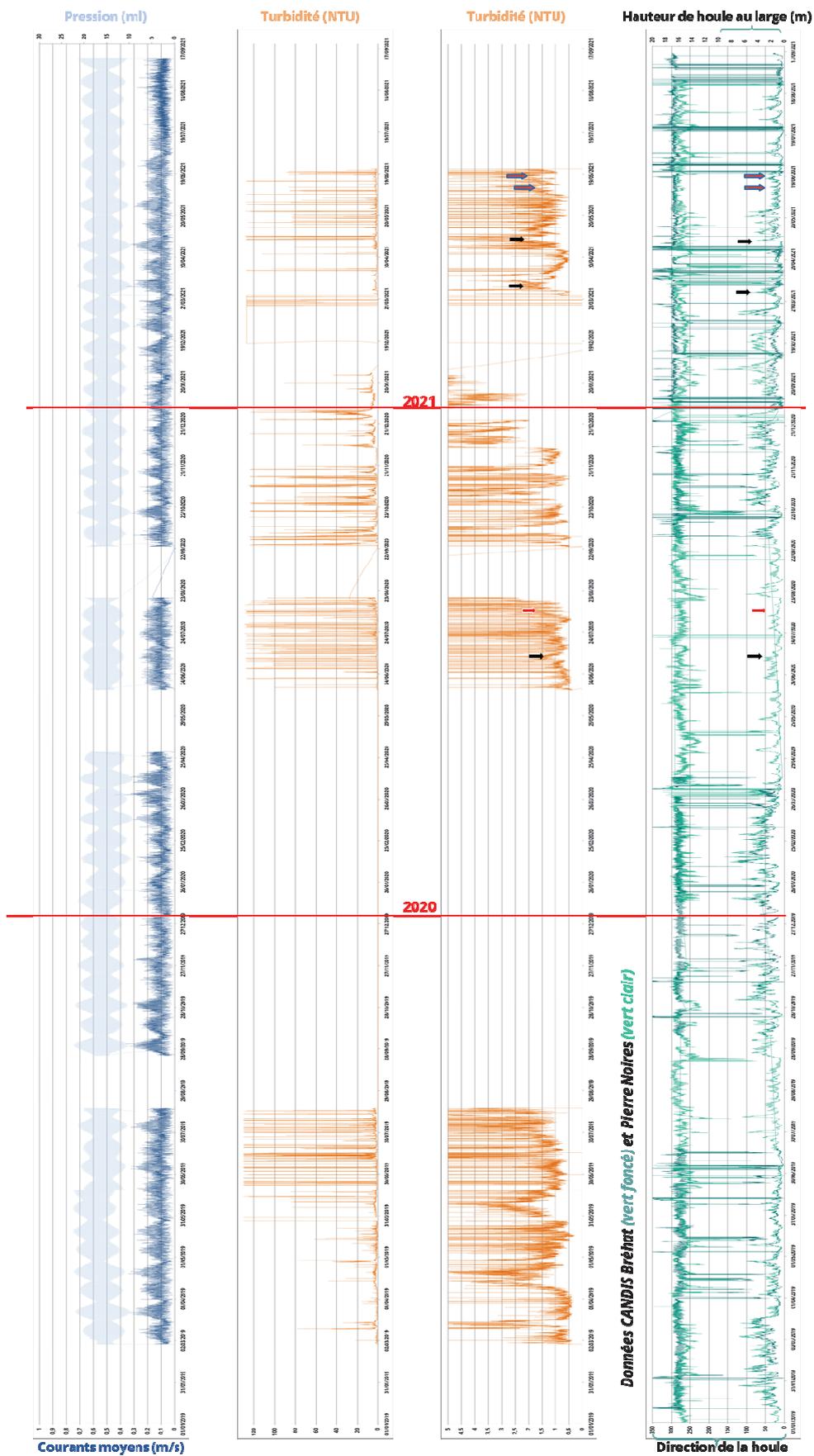


Figure 9. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Saint-Brieuc en 2019-2021

Il semble exister un autre facteur à l'origine de certaines augmentations de turbidité (de début juin à mi-septembre 2018 ainsi qu'en juillet et août 2019) qui ne relève ni des courants, ni de la houle. De plus, si l'augmentation de la turbidité de mi-décembre 2017 à début mai 2018 semble certes corrélée à la houle tout comme en décembre 2019, les niveaux observés sont bien plus élevés que ceux observés sur d'autres périodes pour des hauteurs de houle similaires (début mars 2017 par exemple). Plusieurs autres forçages peuvent ainsi être envisagés :

- L'influence des vents,
- L'influence anthropique de la pêche à la coquille ou d'activités liées au développement des Energies Marines Renouvelables (EMR) dans ce secteur.

En l'absence d'éléments supplémentaires, aucune conclusion ne peut être fournie quant à l'origine ou au niveau de certains pics de turbidité. L'analyse de la série temporelle acquise sur l'ancien point de mouillage montre que la turbidité en baie de Saint-Brieuc est a priori essentiellement d'origine naturelle et contrôlée par la houle en ce point. Par contre, la situation semble différente sur le nouveau point de mouillage où l'activité de pêche à proximité de ce point pourrait s'avérer impactante : un retour rapide à la turbidité de base est en effet constaté en octobre et novembre sur les années 2018 et 2019, fin novembre 2020 puis mars-avril en 2021. L'accès aux données d'activité de pêche serait intéressant afin de compléter ce bilan, tout comme l'étude d'une éventuelle corrélation entre certains pics de turbidité et certaines opérations liées aux études géotechniques menées dans le cadre du développement des EMR.

3.3 SÉRIE TEMPORELLE EN BAIE DE MORLAIX

Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés en Baie de Morlaix fournissent un histogramme tel que celui présenté ci-dessous (fig. 10), caractéristique de fonds sableux au point d'observation.

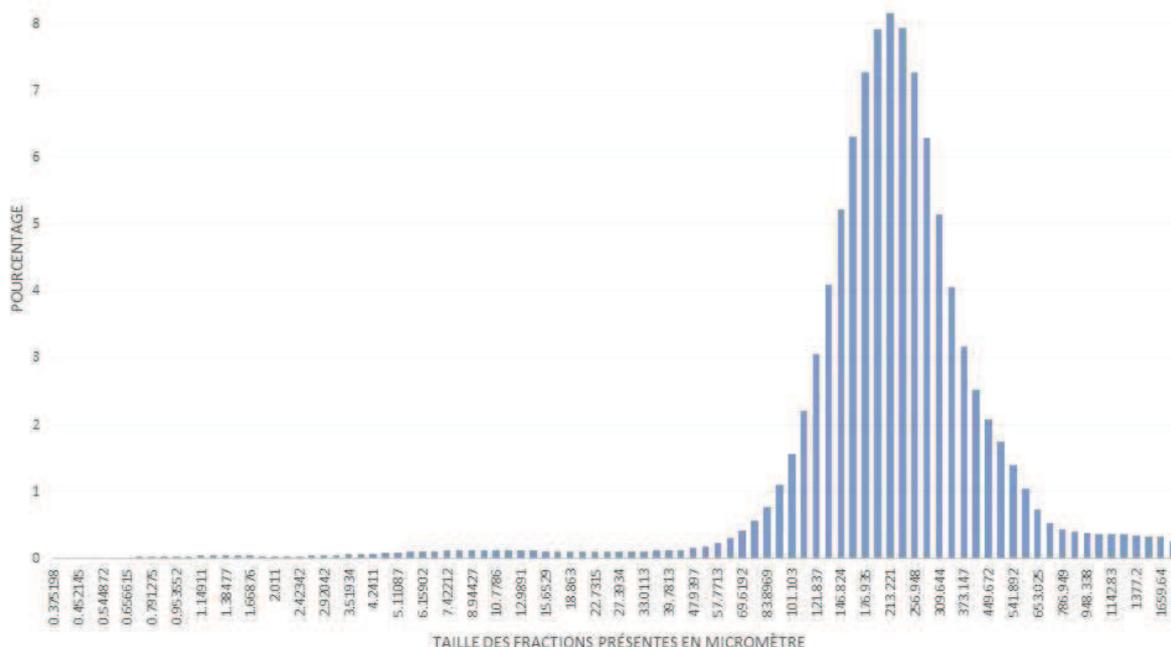


Figure 10. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique présente dans l'échantillon ROEC prélevé le 6/02/19 en Baie de Morlaix

La série temporelle de turbidité près du fond en Baie de Morlaix à proximité d'une concession d'extraction de granulats, montre, sur les années 2019 et 2021 (fig. 12), une importante variabilité temporelle tout comme en 2017 et 2018 (fig. 11). On observe des niveaux globalement plus élevés d'octobre à mars. Au plus bas les valeurs de turbidité sont de l'ordre de 2 NTU. Elles peuvent atteindre plus de 40 NTU et même saturer le capteur (125 NTU) dans les fortes augmentations. Les courants maximums sont de l'ordre de 0,3 à 0,35 m/s.

La comparaison des variations de turbidité avec les facteurs environnementaux montre généralement de bonnes corrélations entre les augmentations de la turbidité près du fond et la hauteur significative de la houle au large sur les deux périodes mentionnées ci-dessus (données de houle issues du réseau CANDHIS du CEREMA – bouées Bréhat et Pierres Noires). Tout comme pour le site de Saint-Brieuc, une valeur seuil d'environ 4 m de hauteur de houle au large doit être atteinte pour impacter la turbidité près du fond.

Les débits des rivières locales de la Penzé et du Queffleuth (source BANQUEHYDRO) apparaissent, en 2018 et 2019, très bien corrélées aux différents pics de turbidité, en particulier sur les périodes identifiées plus haut. Ainsi, les plus fortes valeurs de turbidité observées correspondent aux plus forts débits de la Penzé et du Queffleuth enregistrées.

En 2020 et 2021, il y a deux interruptions de la série temporelle : une du 02/04/2020 au 05/06/2020 (2 mois), l'autre du 08/11/2020 au 07/01/2021 (2 mois). On observe tout de même de fortes variations temporelles de turbidité, avec des valeurs élevées de turbidité en hiver (entre 0,5 et 30 NTU) et beaucoup plus faibles en été (entre 0,2 et 15 NTU).

Il existe une bonne corrélation turbidité / houle (orientation Nord-Est et hauteur supérieure à 4 mètres) et débit des rivières (11/02/2020, 18/02/2020 et 22/08/2020, 01/02/2021) mais certains pics de turbidité ne sont pas associés à des débits et niveaux de houle importants (ex : le 19/06/2020).

Pour la baie de Morlaix, après examen de la série temporelle acquise sur cinq ans, il semble que la turbidité est certes liée à un forçage naturel dominé par la houle mais également de manière non négligeable aux apports des rivières Penzé et Queffleuth. Cependant, on relève en 2019 et en 2020 (de mi-mai à début juin) des pics de turbidité qui ne sont pas associés à des débits fluviaux ou à des niveaux de houle importants. Une vérification des temps d'exploitation de la concession d'extraction de granulats située à proximité serait pertinente en parallèle afin de compléter cette conclusion (NB : le Shom n'a pas eu accès aux données d'extraction liées à cette concession).

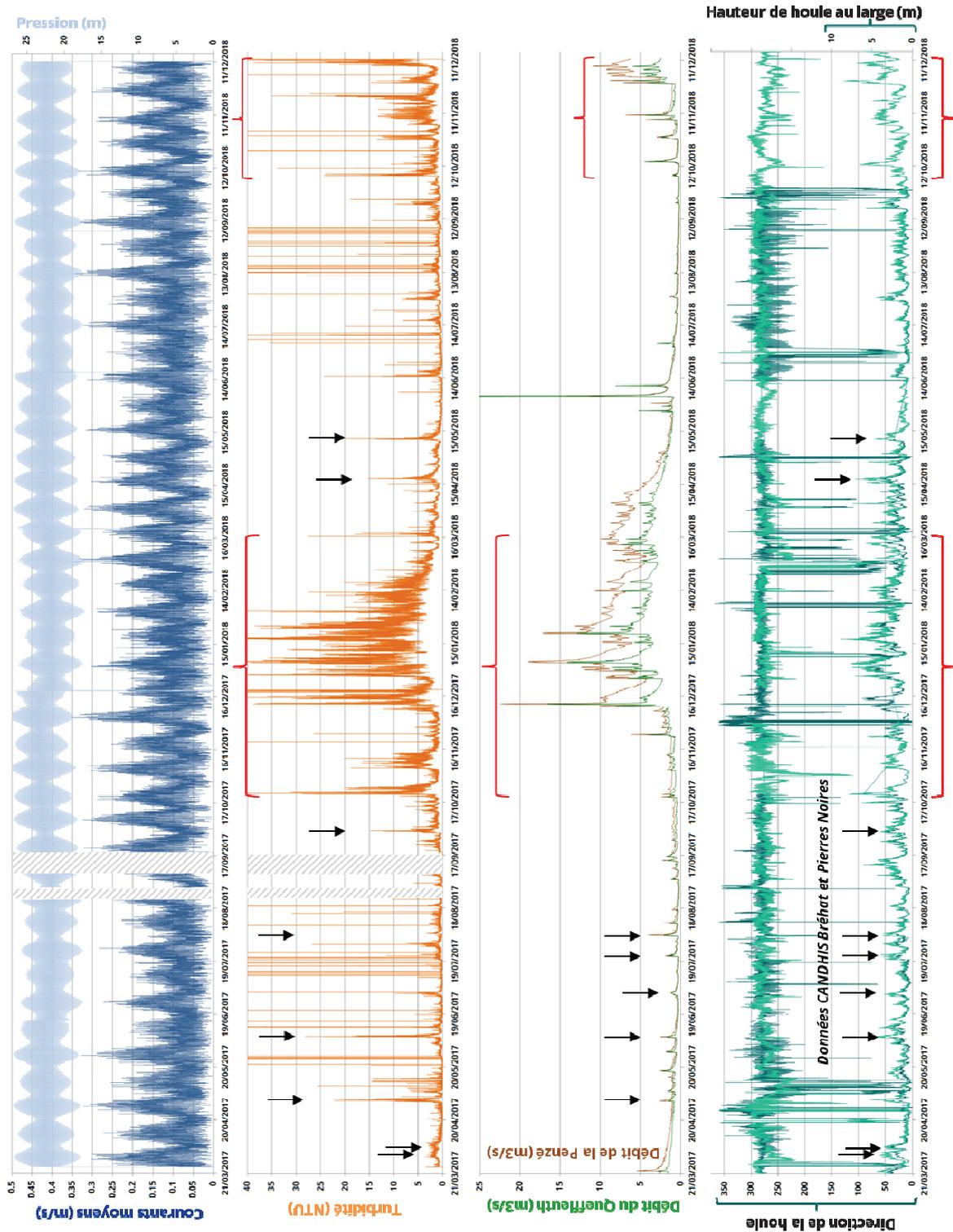


Figure 11. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Morlaix en 2017-2018

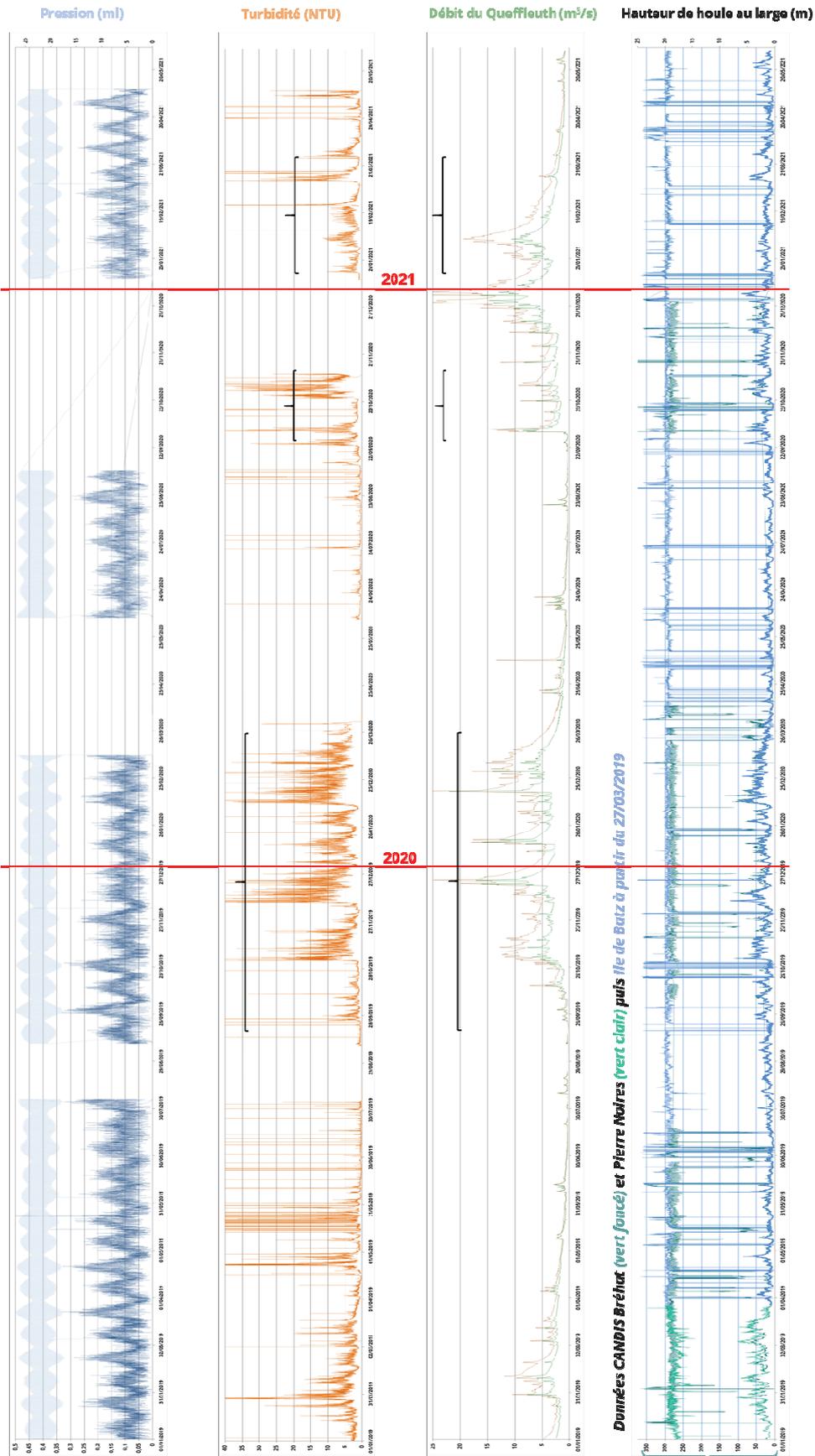


Figure 12. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Morlaix en 2019-2021

3.4 SÉRIE TEMPORELLE DANS L'ANSE DU FRET

Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés dans l'Anse du Fret fournissent un histogramme tel que celui présenté ci-dessous (fig. 13), caractéristique des fonds du type « sablo-vaseux » au point d'observation.

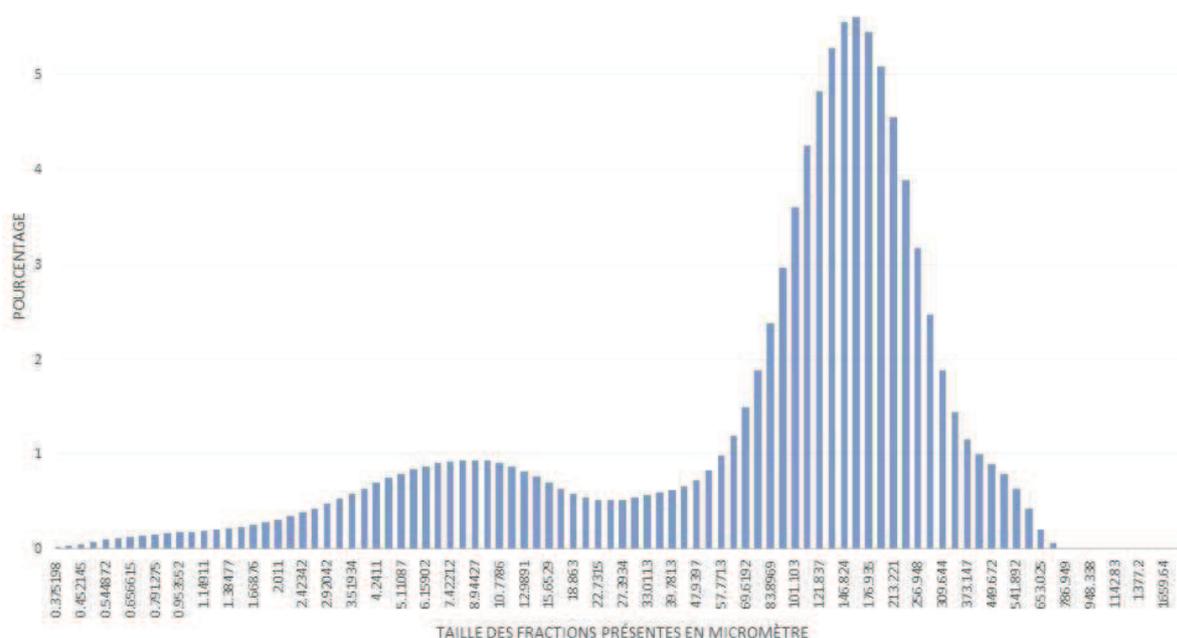


Figure 13. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique présente dans l'échantillon ROEC prélevé le 14/12/18 dans l'Anse du Fret

Les variations temporelles de la turbidité mesurées dans l'Anse du Fret apparaissent complexes. Le signal montre en effet une très haute variabilité de la turbidité près du fond. Ces variations hautes fréquences oscillent autour d'une valeur de base de l'ordre de 1 NTU, ce qui est très faible. La série temporelle acquise sur 2017-2018 (fig. 14) semblait mettre en évidence une évolution homogène de la turbidité sur 3 périodes distinctes de l'année : de janvier à avril (turbidité maximale de l'ordre de 10 NTU, quelques pics de 60 à 80 NTU au maximum, de mi-juin à mi-septembre (pics fréquents de l'ordre de 180 NTU en 2017 et atteignant le niveau de saturation du capteur (125 NTU) en 2018) et de mi-octobre à mi-novembre (nombreux pics d'environ 125 NTU et même de 800 à 1000 NTU avec un turbidimètre de gamme 0-1000). En 2019 (fig. 15), les pics de turbidité supérieurs à 100 NTU deviennent très fréquents sur toute la période et la quasi-absence de pics observés entre les mois de janvier et avril en 2017 et 2018 n'est pas constatée en 2019. Une grosse interruption de la série temporelle (du 29/11/2019 au 09/06/2020, 6 mois) ne nous permet pas de confirmer ou infirmer la période de calme entre janvier et avril en 2020. En revanche, on l'observe à nouveau en 2021 malgré quelques pics épars. Les périodes d'augmentation de la turbidité sont observées, comme en 2018, de mi-août à mi-septembre (en 2020) puis de mi-février à mi-avril 2021 (fin des mesures). Durant ces périodes, les pics de turbidité ne sont corrélés ni à la houle ni aux débits fluviaux. Les plus fortes valeurs de turbidité se situent durant la période estivale, de fin juin à début septembre, période durant laquelle les débits fluviaux sont très faibles. Il peut en revanche se produire quelques épisodes de houle.

Les courants moyens sur la zone varient toujours entre 0 et 0,3 m/s et sont étroitement liés aux cycles de la marée.

Pour le point d'observation situé en rade de Brest, l'influence de la houle mesurée au large est peu pertinente. Ce point d'observation de la turbidité au fond est en effet considéré comme abrité des houles. La houle au large peut cependant fournir une indication sur les conditions d'agitation générale de la colonne d'eau ou sur la présence de vent qui, lui, peut directement agir sur les zones abritées de la houle. Certaines augmentations de turbidité apparaissent ainsi assez bien « phasées » avec des pics de houle au large. Toutefois, ces augmentations ne constituent pas les augmentations de turbidité les plus importantes observées sur ce point. Certaines autres augmentations mineures de la turbidité semblent par ailleurs être bien corrélées au débit fluvial de l'Aulne (période de janvier à avril en 2017 et 2018, novembre et décembre 2018 et novembre 2019, de janvier à février 2021). Cette rivière peut ainsi provoquer des augmentations de turbidité de l'ordre d'une dizaine de NTU.

Les pics les plus importants de turbidité ne sont par contre corrélés ni à la houle, ni au débit fluvial.

Les autres pistes à explorer afin de progresser dans la compréhension des séries temporelles de turbidité enregistrées dans l'Anse du Fret demeurent :

- Le vent : ce qui nécessiterait de récupérer les données haute fréquence de vent en termes d'intensité et de direction pour vérifier le lien possible entre ce paramètre et la turbidité de fond.
- Les phénomènes locaux comme le déversement saisonnier de l'étang du Fret dans la rade qui est potentiellement une source importante de sédiments fins en suspension, très localement.
- La pêche en rade de Brest : pour ce point les données de pêche à haute résolution spatiale et temporelle permettraient de voir si les variations hautes fréquences qui caractérisent le point de l'anse du Fret (de mi-juin à fin août notamment) ne pourraient pas être liées à l'activité de pêche présente dans ce secteur.

Afin de pouvoir définir précisément les facteurs qui influencent la turbidité près du fond en rade de Brest, une étude plus poussée serait à mener pour explorer de nouveaux facteurs de forçage et expliquer les pics de turbidités en ce point.

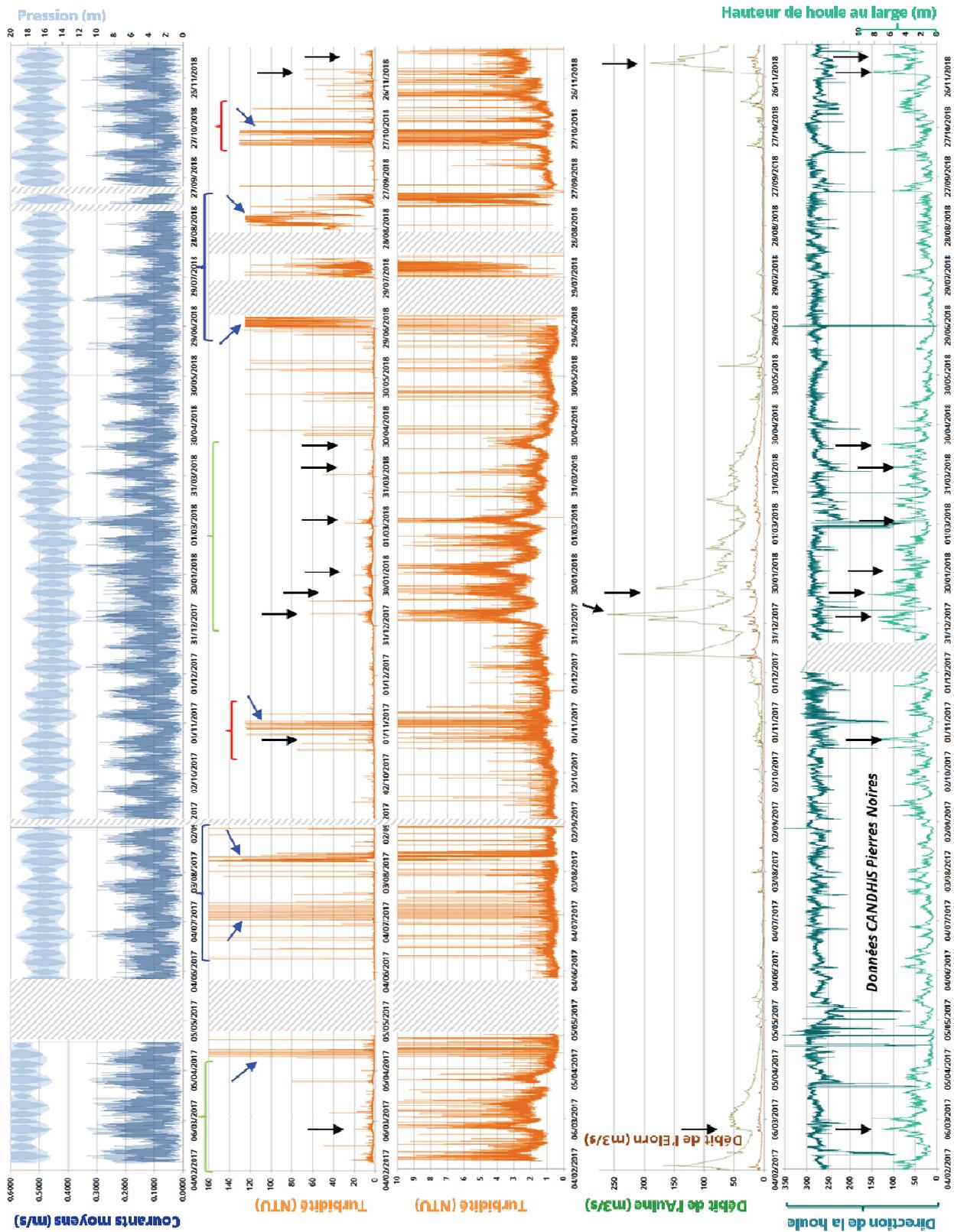


Figure 14. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station du Fret en 2017-2018

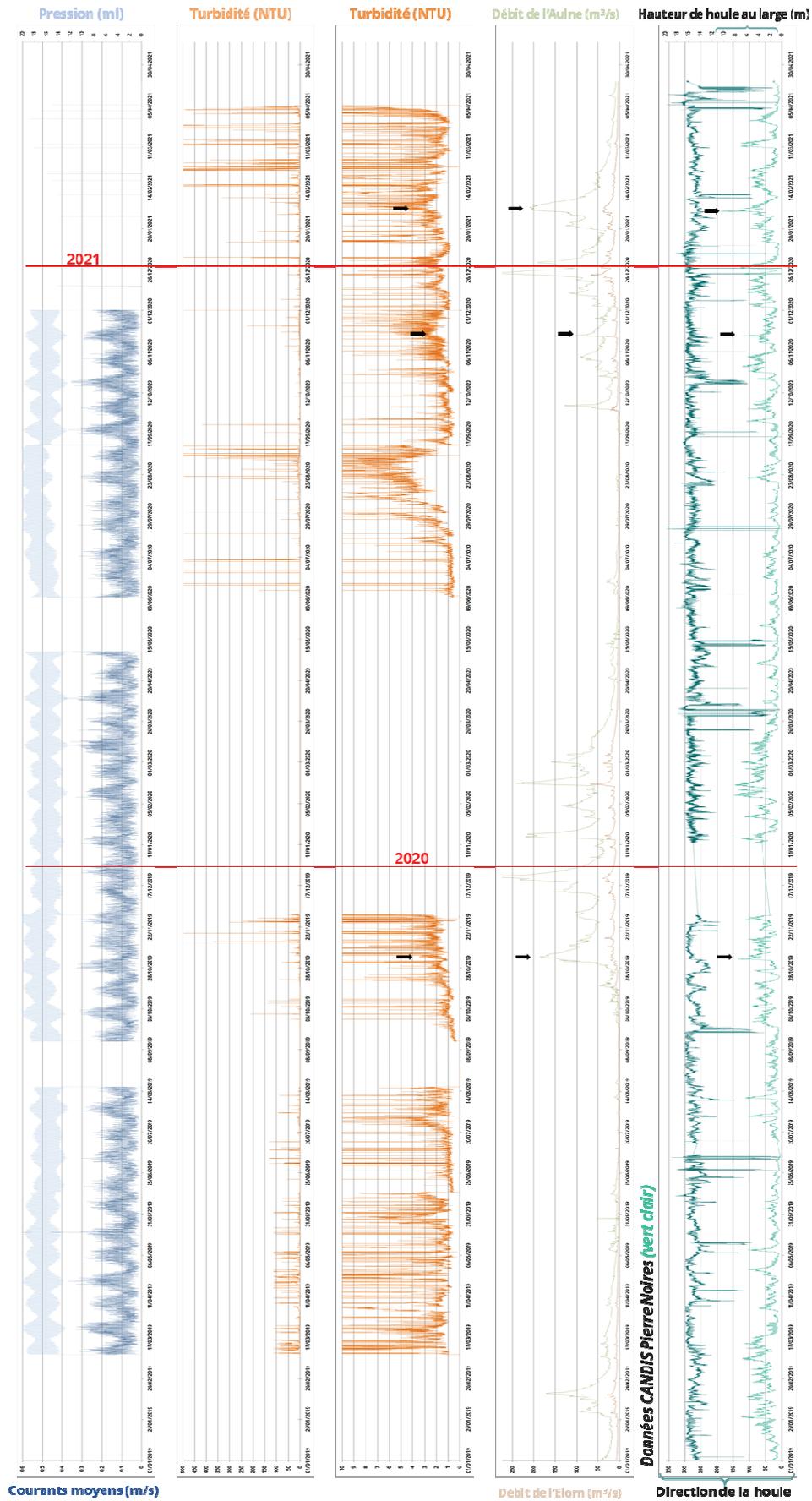


Figure 15. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station du Fret en 2019-2021

3.5 SÉRIE TEMPORELLE EN BAIE DE DOUARNENEZ

La baie de Douarnenez présente un fort intérêt écologique puisqu'elle constitue une zone de nurserie pour les poissons plats et d'autres espèces d'intérêt halieutique. La qualité environnementale de cette baie est donc importante pour le développement de ces espèces.

Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés en Baie de Douarnenez fournissent un histogramme tel que celui présenté ci-dessous (fig. 16), caractéristique de fonds du type « sable fin » au point d'observation.

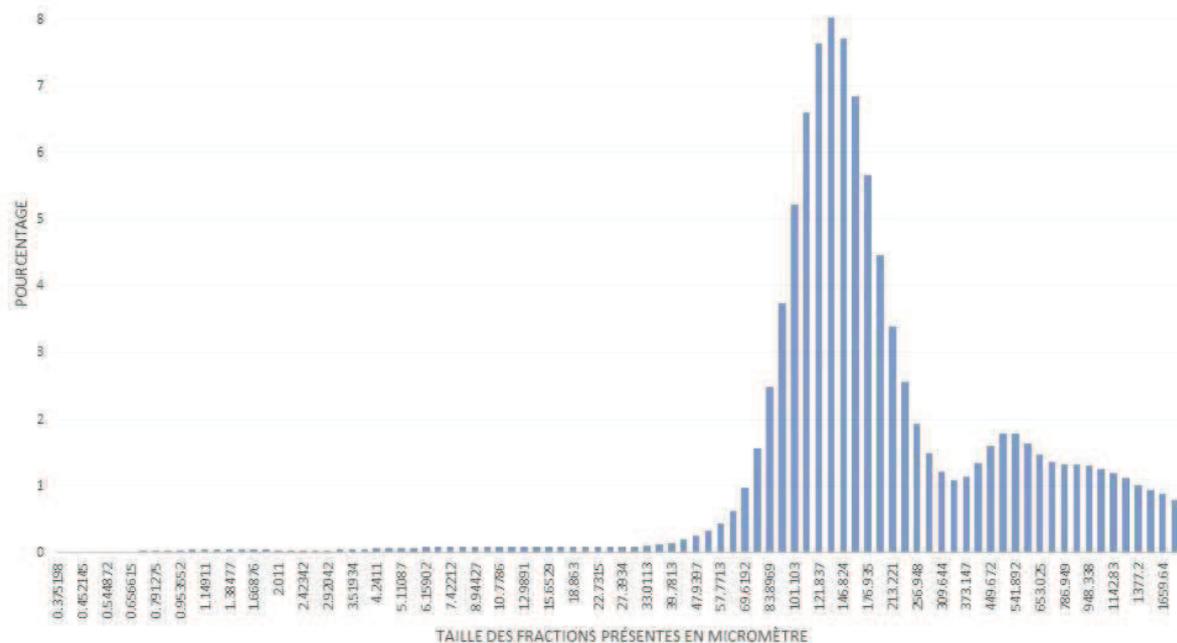


Figure 16. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique présente dans l'échantillon ROEC prélevé le 28/02/19

Le suivi de la turbidité dans ce secteur, par 20 m de fond, pendant les années 2017 à 2021 (fig. 17 et 18) met en évidence une turbidité de base de l'ordre de 1 NTU (turbidité « de fond »). Cependant il existe une forte variabilité de la turbidité avec des pics compris entre 65 et plus de 100 NTU et des augmentations fréquentes entre 20 et 50 NTU, soit 20 à 50 fois plus élevé que la turbidité de fond de la zone.

Les courants moyens varient généralement de 0 à 0,15 m/s et montrent une bonne corrélation avec les cycles de marée même si certains pics isolés pouvant atteindre 0,25 m/s sont observés (28/02/17, 21/07/17, 06/09/17, 9/09/18, 11/10/18, 5/06/19, 23/07/2020).

Comme en 2017, le signal global de la turbidité a semblé montrer une variation saisonnière au cours de l'année 2018. De fortes augmentations de la turbidité ont eu lieu en contexte hivernal et de mi-saison : de fin septembre 2017 à mi-mai 2018. D'avril à mi-mai 2018, on a observé des augmentations régulières jusqu'à 20, 50, 120 et même plus de 180 NTU le 8/05/18. Cette situation n'avait pas été observée au printemps 2017. De mi-mai à fin août 2018, comme en 2017, les valeurs de turbidité sont proches de la valeur de base (1 NTU) et présentent des pics isolés (beaucoup plus nombreux en 2018 qu'en 2017) ainsi que des augmentations jusqu'à 10 NTU. En 2019 (fig. 18), les niveaux de turbidité observés sont généralement plus élevés qu'au cours des

deux années précédentes et cette augmentation peut parfois être plus durable dans le temps (de janvier à mars 2019). De début décembre 2018 à mi-mars 2019, la turbidité varie régulièrement entre 50 et 100 NTU sans toutefois atteindre de valeurs supérieures. A partir de mi-mars 2019, des pics de turbidité sont régulièrement observés, occasionnant une saturation régulière du capteur à 1000 NTU. Un retour rapide à l'état de base turbide est généralement constaté de mi-mai à début décembre mais de début décembre 2019 à fin janvier 2020, le niveau de turbidité redescend rarement en-dessous de 6 NTU.

En 2020, durant la première quinzaine de janvier, la turbidité est très forte (ex : les 7, 9 et 10 janvier, turbidité oscillant entre 160 et 850 NTU), de début février à fin mars, les augmentations régulières de la turbidité sont très bien corrélées à une grande période de forte houle de secteur Ouest. Pendant la période estivale, on observe une forte augmentation des niveaux de turbidité, sans réelle corrélation avec la houle, ce qui avait déjà été noté sur les séries temporelles des années précédentes (ex : du 12 au 14/07/20, 17/07/20, 04/09/20).

Une interruption de la série temporelle, du 22/09/2020 au 02/12/2020 ne nous permet pas de comparer le début de l'hiver 2020/2021 aux précédents, en revanche, de forts pics de turbidité marquent les mois de février et mars et jusqu'à la fin de la période d'acquisition le 06 avril 2021. Durant cette période, les pics sont corrélés avec de fortes houles de secteur ouest.

Au travers du réseau CANDHIS, les données du CEREMA permettent de voir une bonne concordance entre certaines augmentations de la turbidité et les conditions de houle au large. En période hivernale, chaque augmentation de turbidité a pu être rattachée à une houle importante. En période estivale, les pics de turbidité les plus importants sont également en phase avec des pics de houle supérieurs à 4 m (11/06, 28/07, 04/08 et 11/09/17, 8/08 et 18/09/18, 12/10 novembre et décembre 2018 et régulièrement sur l'année 2019) et les niveaux plus élevés de turbidité observés d'avril à mi-mai 2018 correspondent également à un niveau de houle globalement plus élevé qu'en 2017 à la même période (4/04, 17/04, 27/04, 10/05/18). Il existe cependant des périodes de très forte turbidité non expliquées par la houle ou les courants :

- du 8/07 au 11/07/18: jusqu'à 250 NTU atteints pour une houle au large inférieure à 1 m et des courants inférieurs à 0,12 m/s ;
- du 22/07 au 24/07/18 : 250 NTU atteints pour une houle inférieure à 1 m et des courants inférieurs à 0,1 m /s ;
- du 23/09 au 27/09/18 : jusqu'à 1000 NTU atteints pour une houle inférieure à 2 m et des courants inférieurs à 0,12 m/s.

Les pics de turbidité non corrélés à la houle (mai, juin et juillet 2019 par exemple) peuvent être associés à des valeurs de turbidité de 400 à 500 NTU voire supérieures. La direction de la houle ne semble pas impacter les variations de turbidité. Aucune corrélation entre les changements de direction de la houle et une augmentation de la turbidité n'est manifeste.

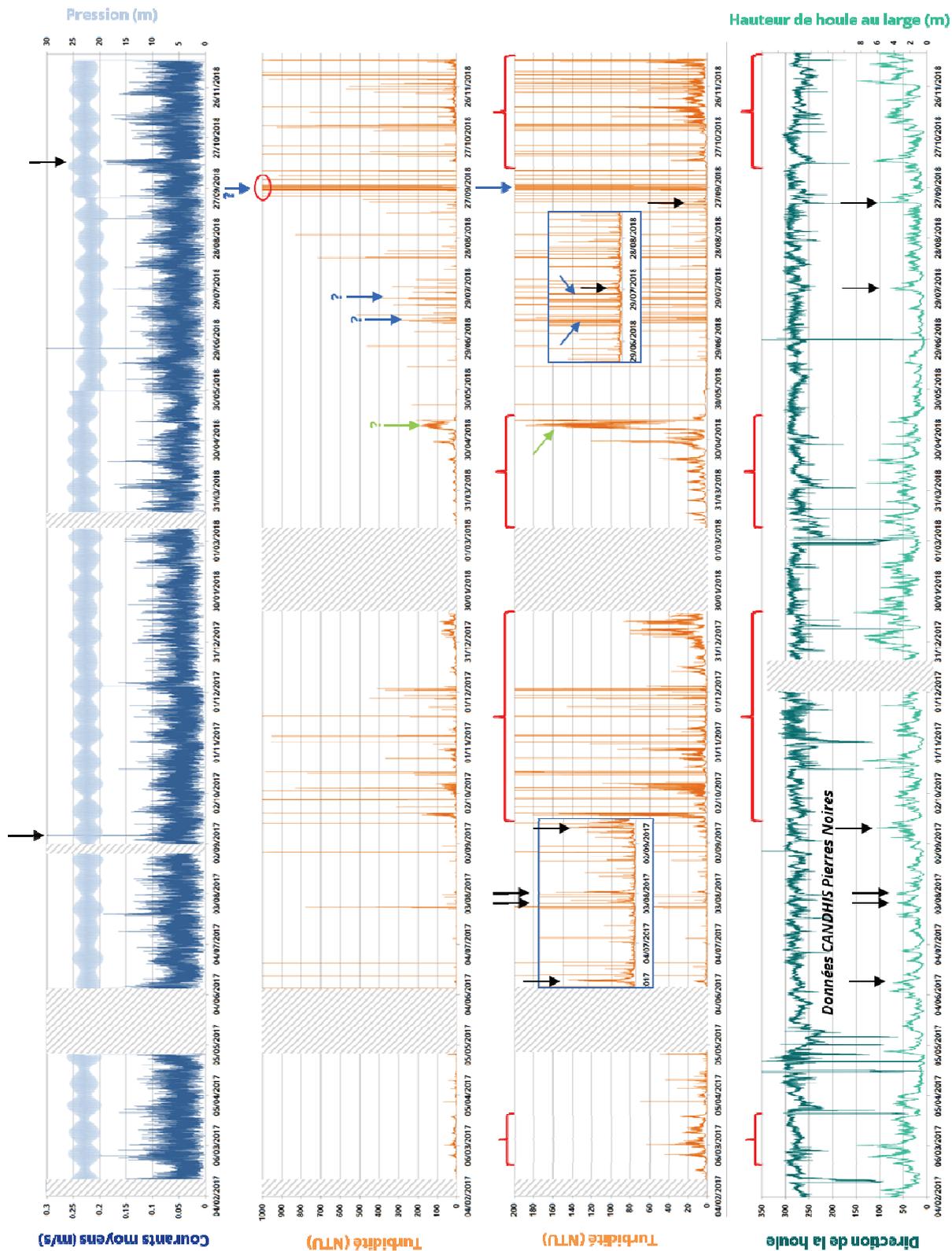


Figure 17. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Douarnenez 2017-2018

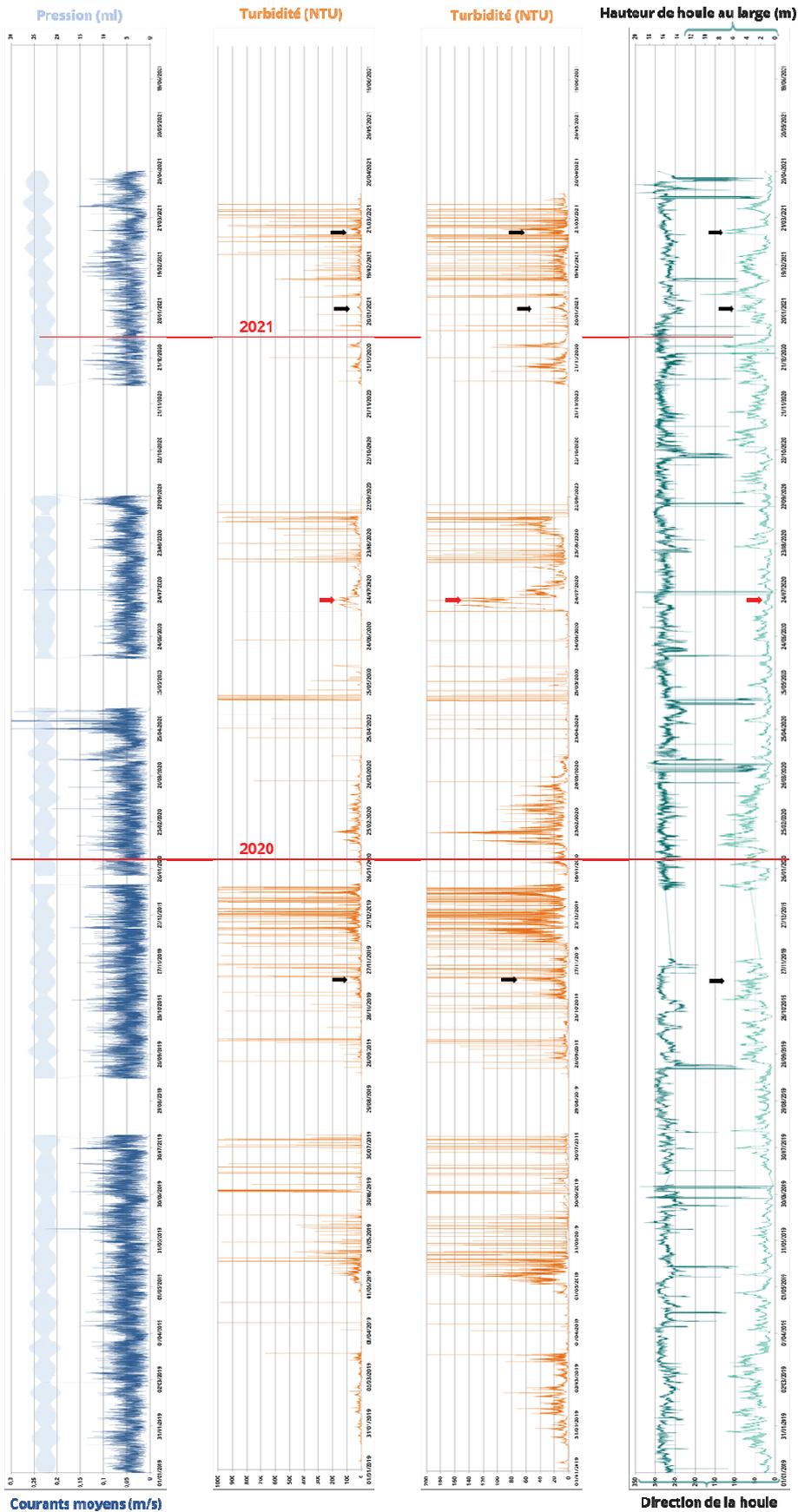


Figure 18. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Douarnenez en 2019-2021

Le pic de courant maximum de la série temporelle 2017 observé à 0,25 m/s le 06/09/2017 ne provoquait aucune remise en suspension, puisque la turbidité y était mesurée à 0,6 NTU. Un constat identique a été fait sur la série 2018 avec un pic de courant à 0,2 m/s le 10/10/2018 et une turbidité de 0,6 NTU mesurée en parallèle. Cela s'inscrit en faveur de l'hypothèse selon laquelle les courants ne sont pas suffisants pour impacter la turbidité en baie de Douarnenez et que le forçage principal semble être la houle. Les pics majeurs et durables tels que celui allant du 7 au 10/05/18 ou ceux observés en mai et juin 2019 ou en août 2020 n'étant toutefois pas complètement expliqués par la houle ou les courants (niveaux de turbidité parfois bien supérieurs au niveau généralement observé dans des conditions de courant et de houle similaires), une étude sur les vents dans ce secteur très exposé et également sur la pêche permettrait de vérifier l'influence de ces deux derniers paramètres.

3.6 SÉRIE TEMPORELLE EN BAIE DE CONCARNEAU

Le site de Concarneau présente un double intérêt : écologique et sédimentologique.

D'un point de vue sédimentologique, cette zone est recouverte de pockmarks (cratères de dégazage ; fig. 19) de formes circulaires et présentant une densité remarquablement rare : 3 500 pockmarks/km². Ces structures témoignent d'une activité de remontée de fluide à travers la colonne sédimentaire, passée ou actuelle.

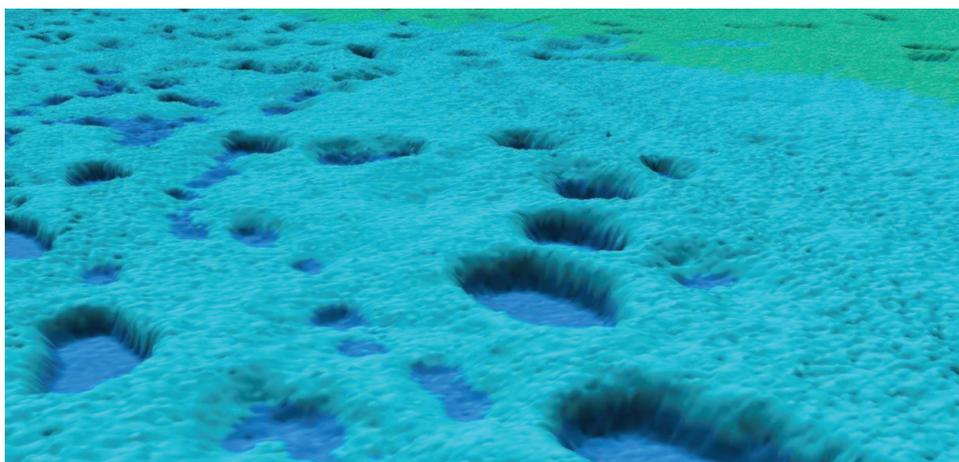


Figure 19. Bathymétrie en 3D dans le secteur de Concarneau montrant la présence de pockmarks. NB :
Le diamètre de ces structures mesure environ 20 m.

Ce secteur, connu pour la présence de nombreux pockmarks, présente également un intérêt écologique non négligeable. En effet, associé au champ de pockmarks, un peuplement de *Haploops nirae* s'est développé. Ce petit crustacé amphipode grégaire tubicole vit sur les fonds à raison de 10 000 individus/m² en moyenne. Ils sont définis comme étant suspensivores stricts, c'est-à-dire filtrant les matières en suspension dans l'eau près du fond grâce leurs cils (fig. 20). Cette espèce est donc étroitement liée à la disponibilité de matière en suspension nécessaire à son développement et donc à la turbidité près du fond.



Figure 20. Représentation de *Haploops nirae* : (a) illustration scientifique ; (b) photographie d'un *Haploops nirae* dans son tube (Reynaud et al., 2014).

Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés en Baie de Concarneau fournissent un histogramme tel que celui présenté ci-dessous (fig. 21), caractéristique de fonds du type « vase » au point d'observation.

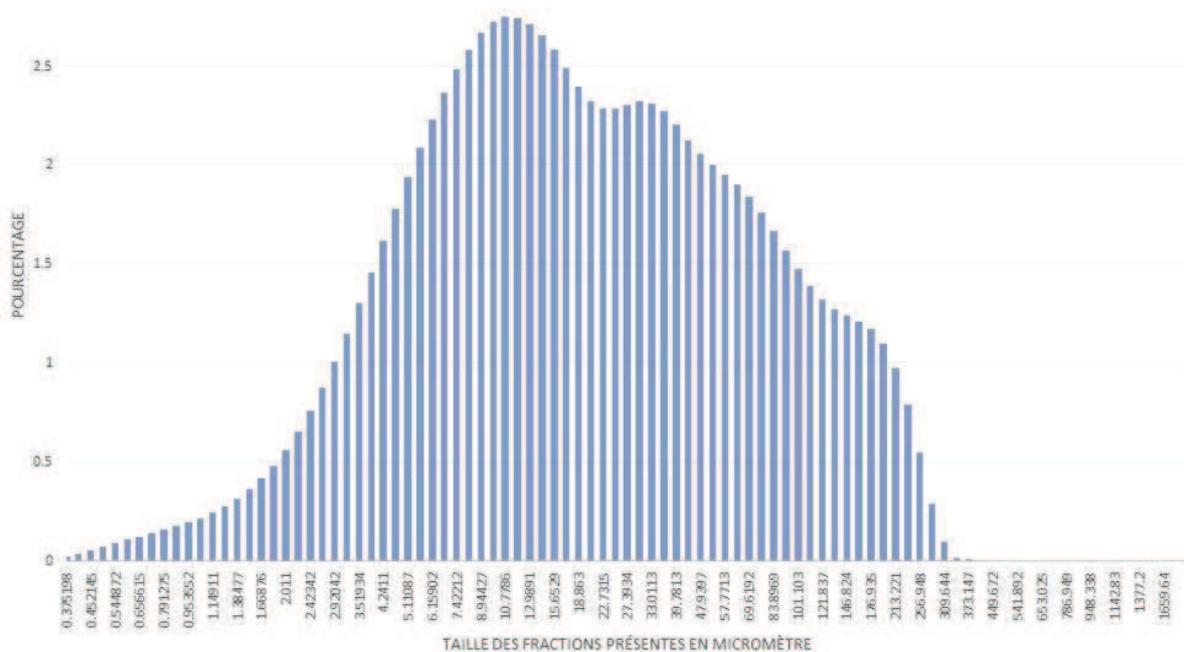


Figure 21. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique présente dans l'échantillon ROEC prélevé le 1/03/19

Comme en 2017 et 2018 (fig. 22), la série temporelle acquise sur l'année 2019 par 27 m de profondeur en baie de Concarneau montre une évolution saisonnière de la turbidité. La turbidité de base est inférieure à 1 NTU mettant en évidence une eau très claire près du fond. Ces faibles valeurs demeurent principalement observées en période estivale. Les maximums de turbidité observés sont globalement de l'ordre de 1000 NTU et correspondent à la saturation du capteur optique de turbidité. Ces valeurs extrêmement fortes en milieu marin ouvert sont observées fréquemment en période hivernale (décembre 2018, novembre 2019) et généralement plus ponctuellement en période estivale. En août 2019 toutefois, des élévations ponctuelles du niveau de turbidité ont été observées de manière plus régulière qu'au cours des années précédentes à la même période.

La dernière portion de la série temporelle (2020-2021) s'interrompt à deux reprises, du 21/12/2019 au 08/07/2020 (6 mois) et du 24/01/2021 au 17/03/2021 (2 mois).

La turbidité de base oscille entre 1 et 2 NTU, ces valeurs restent faibles durant toute la période d'observation avec quelques pics ponctuels (en moyenne entre 5 et 15 NTU). Toutefois, il est possible de confirmer la corrélation entre la turbidité et les débit fluviaux (ex : 20/08/20).

La mise en regard des variations de turbidité avec les données environnementales de houle (Bouée CANDHIS Belle Ile - CEREMA) et les débits fluviaux de l'Odet notamment (BANQUEHYDRO) met en évidence les aspects suivants :

- En situation hivernale (de septembre à avril), les fortes houles (hauteur supérieure à 4 m) et les augmentations de débit de l'Odet semblent bien corrélés avec les pics de turbidité observés. Dans ces cas, la turbidité augmente durant plusieurs jours atteignant les 50 à 100 NTU (fig. 22 et 23). Ce constat est particulièrement bien vérifié entre décembre 2017 et avril 2018, entre novembre 2018 et avril 2019, à partir d'octobre 2019 et entre septembre

2020 et janvier 2021, où les évolutions du débit de l'Odet suivent de manière précise les évolutions du niveau de turbidité. Cette situation n'avait pas été observée de manière si marquée et durable en 2017 ;

- En revanche, d'avril 2021 à juin 2021, on observe de nombreux pics de turbidité qui ne sont corrélés ni à la houle ni aux débits des deux rivières (l'Odet et le Moros)
- En situation estivale, les valeurs de turbidité sont plus faibles et de petites augmentations avec des houles importantes peuvent être observées (ex : 19 NTU le 03/08/2017 pour 3 m de houle au large, 36 NTU le 29/07/18 pour 4,05 m de houle au large, 9/08/19 et 29/07/19 pour 5,8 et 6,8 de houle au large). Toutefois, cette corrélation apparaît moins nettement qu'en hiver ;

La direction de la houle ne semble quant à elle pas avoir d'influence majeure sur les variations de turbidité (houle de sud du 19 au 21/04/17, turbidité inférieure à 1 NTU, même situation du 31/10 au 3/11/17, du 26/02 au 1/03/18, du 23 au 25/09/18).

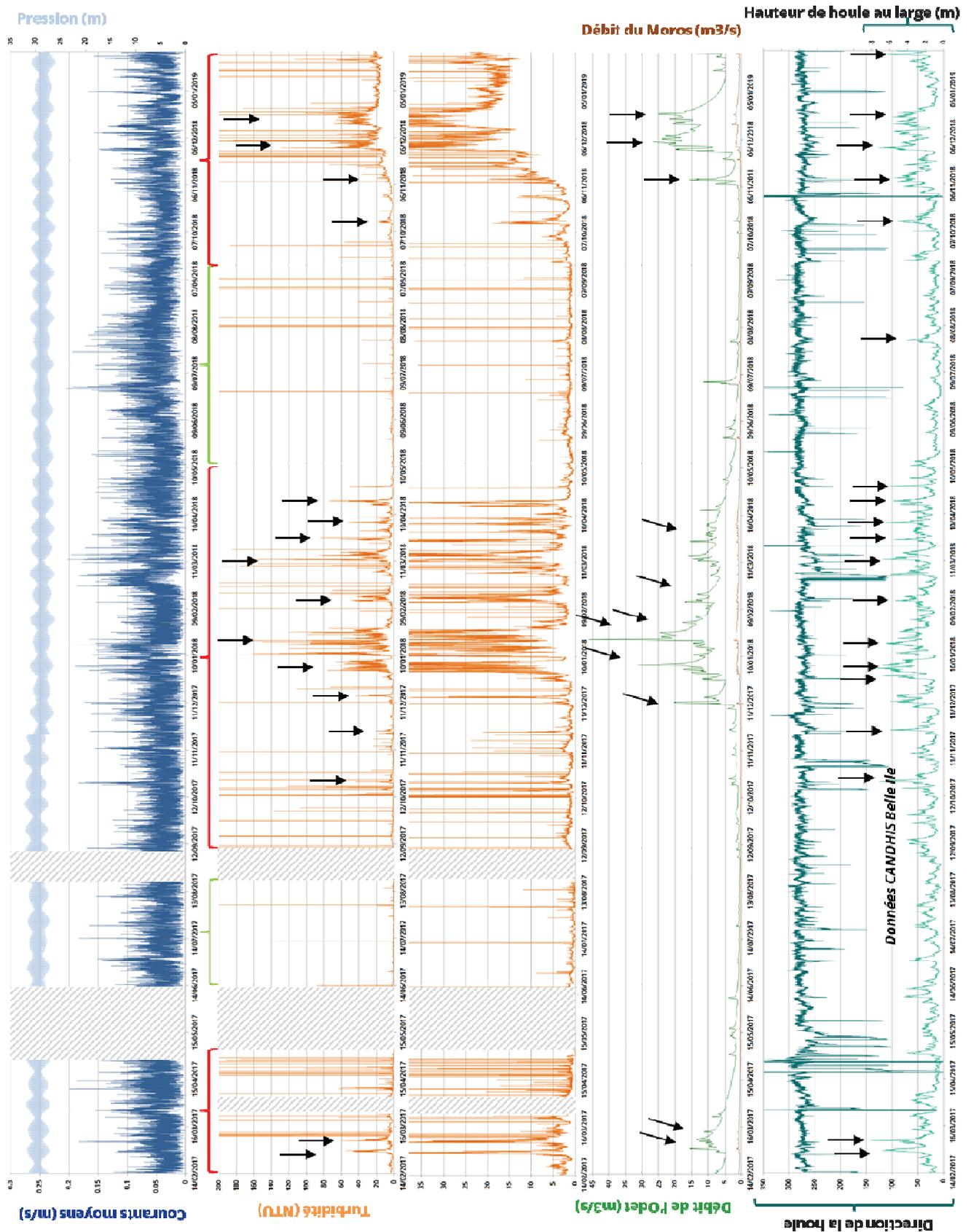


Figure 22. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Concarneau en 2017-2018

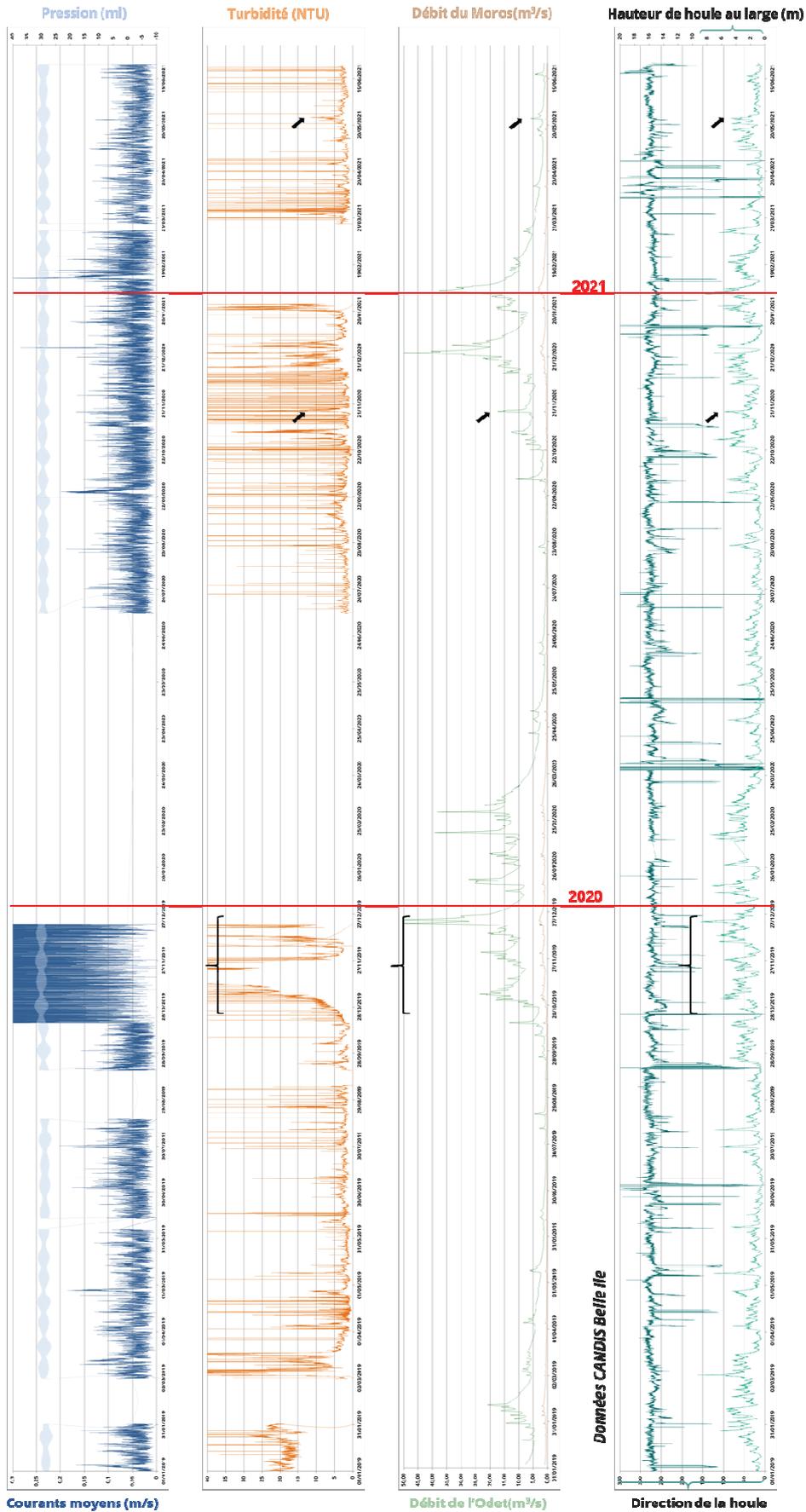


Figure 23. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Concarneau en 2019-2021

Deux faits marquants intervenus en 2019 sont explicités ci-après.

La dernière rotation 2018 du mouillage de Concarneau n'ayant pu avoir lieu mi-décembre 2018 en raison de conditions météorologiques défavorables, le capteur de turbidité a ainsi continué d'acquérir de la donnée jusqu'au 31 janvier 2019. On note, dans ces conditions, qu'à partir de mi-décembre 2018, les niveaux de turbidité mesurés ne descendent plus en dessous d'un niveau de base de l'ordre de 20 NTU même lorsque la hauteur de houle ou le débit de l'Odet diminuent. Cela semble traduire un phénomène de biofouling dû à l'immersion prolongée de la cage benthique en l'absence de relève (fig. 24).



Figure 24. Cage relevée sur le point de Concarneau après quatre mois de mouillage

En 2019, un chalutage de la cage située au point de mouillage de Concarneau est intervenu le 17 octobre. Si l'acquisition au niveau du turbidimètre n'a pas été interrompue, les niveaux de turbidité enregistrés, bien que suivant les évolutions de débit de l'Odet, sont à considérer avec précaution étant donné que les mesures n'ont pas été acquises dans les conditions normales de déploiement des capteurs.

En conclusion concernant les niveaux de turbidité mesurés en Baie de Concarneau, le régime de remise en suspension semble étroitement lié à la houle et au débit de l'Odet en hiver. Ce forçage permet d'atteindre des turbidités élevées (50 à 100 NTU). Cependant, certaines augmentations de turbidité (jusqu'à saturation du capteur – avril 2017, septembre-octobre 2017, septembre 2019) semblent indépendantes des forçages de houle et des débits fluviaux.

Afin de comprendre les augmentations extrêmes de la turbidité qui ont pu être observées, plusieurs pistes sont envisageables :

- ✓ Les régimes de vents ;
- ✓ Les activités de pêche (réglementées sur la zone) ;
- ✓ L'activité actuelle des pockmarks.

En ce qui concerne l'activité des pockmarks, la campagne Shom DYNSEDIM2016 avait déjà permis de mettre en évidence le fait que certains pockmarks étaient effectivement actifs comme l'attestent deux passages au SMF sur le même pockmark montrant une anomalie créée par un panache au-dessus de la structure sédimentaire (fig. 25).

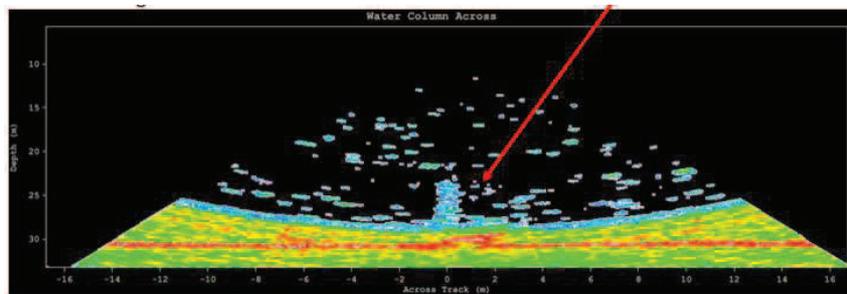


Figure 25. Panache au niveau d'un pockmark créant une anomalie bathymétrique au SMF (campagne DynSedim2016, Shom)

Une convention de collaboration avec l'Université de Nantes, Intechmer et l'Ifremer sur ce secteur particulier a été établie. Une première campagne Ifremer a eu lieu au printemps 2018 sur cette zone avec pour vocation de mesurer l'activité des pockmarks pendant plusieurs semaines, de mieux connaître leur fonctionnement et les fluides d'échappement impliqués. Une nouvelle campagne a eu lieu au printemps 2019 afin de réaliser des mesures complémentaires et en particulier de relever les piézomètres installés lors de la campagne précédente. Les premiers éléments issus de ces campagnes mettent aujourd'hui en évidence un probable impact anthropique sur la répartition des pockmarks au cours du dernier siècle : observation d'alignements de pockmarks suivant des trajets de chalut et de pockmarks érodés postérieurement à leur formation. Même si les conclusions relatives à ces travaux n'ont pas encore été publiées, les premiers éléments collectés traduisent la présence d'activités humaines sur la zone et leur apparente influence sur la morphologie et la formation des pockmarks et donc potentiellement sur le signal de turbidité.

3.7 SÉRIE TEMPORELLE SUR LA GRANDE VASIÈRE

Pour mémoire, une bathymétrie de la zone située autour du point d'observation a été réalisée (fig. 26) avant le déploiement du mouillage de la Grande Vasière. Le mouillage a été volontairement positionné par 120 m de fond à côté d'une épave afin de limiter autant que possible les risques de chalutage, activité très fortement présente dans ce secteur. La présence de structures sédimentaires ressemblant à des placages sableux a pu être mise en évidence. A proximité même du point de mouillage, les morphologies sont plus douces indiquant une hydrodynamique ou une nature des fonds différente.

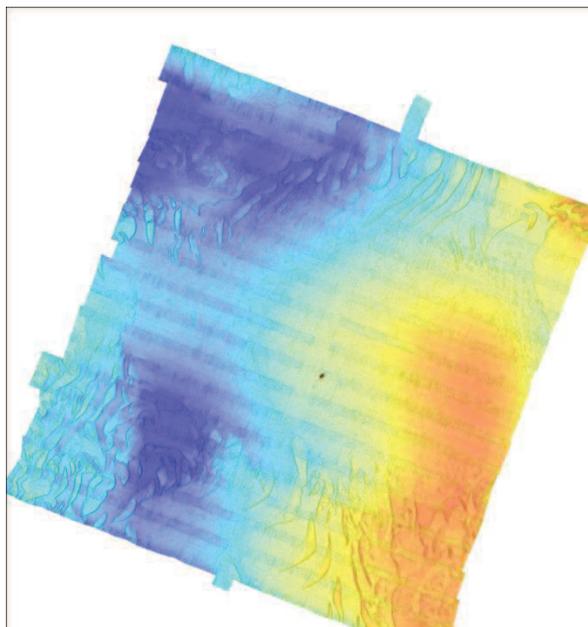


Figure 26. Levé bathymétrique sur la zone de mouillage de la Grande Vasière

Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés au niveau du mouillage de la Grande Vasière fournissent un histogramme tel que celui présenté ci-dessous (fig.27), caractéristique de fonds du type sable à sable grossier au point d'observation.

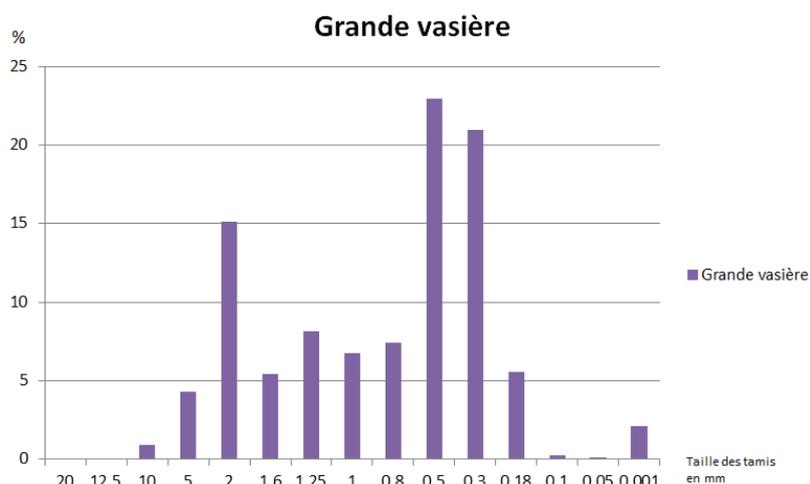


Figure 27. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique obtenue au tamis sur l'échantillon ROEC prélevé le 11/09/18 au niveau du mouillage de la Grande Vasière

La série temporelle de turbidité sur la Grande Vasière (fig. 28) montrait en 2017 une forte variabilité temporelle avec deux principaux régimes de turbidité :

- Un régime de faible turbidité (inférieures à 0,5 NTU) : de début mars à début mai, de début juillet à mi-août et de fin septembre à décembre ;
- Un régime de très forte turbidité (~300 NTU) : de début mai à début juin puis de mi-août à fin septembre.

En 2018, la situation rencontrée paraissait différente puisque le niveau de turbidité est resté globalement bas sur toute l'année. Néanmoins, à l'exception des périodes de très forte turbidité

rencontrées en 2017, des similitudes sont observées entre les séries temporelles 2017 et 2018. Sur la période d'acquisition 2018, on a pu distinguer trois phases successives (à noter qu'une interruption de l'acquisition de données est intervenue entre le 19/12/17 et le 27/02/18 suite au probable chalutage et à l'échouage de la cage) :

- De fin février à fin mai : une période de faible turbidité (environ 0,5 NTU) intégrant régulièrement des pics de l'ordre de 5 à 16 NTU et même une turbidité à 31 NTU le 10/05/18 ;
- De fin mai à fin août : une période de très faible turbidité (de 0 à 0,3 NTU) intégrant quelques pics isolés les 21/05 (379 NTU), 29/06 (15 NTU) et 28/07 (103 NTU) ;
- De fin août à fin novembre : une période présentant un niveau de turbidité plus élevé par rapport aux deux premières phases mais demeurant relativement faible (0,5 à 1,5 NTU) avec des pics plus marqués en novembre allant de 18 à 68 NTU.

De novembre 2018 à mars 2019 (fig. 29) le signal de turbidité enregistré s'élève à nouveau, dépassant régulièrement les 10 NTU de janvier à mars 2019 et les 30 NTU en novembre et décembre 2019 (68 NTU le 18/11/18, 73 NTU le 29/11/18, 79 NTU le 10/12/18 et 112 NTU le 14/12/18). Les très fortes valeurs, de l'ordre de 300 NTU, relevées en 2017, ne sont par contre jamais atteintes en 2019 (L'interruption de la série temporelle du 26/07/2019 au 23/10/2019, 3 mois pendant la période de pêche pourrait expliquer que les fortes valeurs ne soit jamais atteintes). Le signal de turbidité retrouve des valeurs très faibles (< 1 NTU) d'avril à juillet 2019. Les premières augmentations ont lieu fin juillet / début août, ce qui est concordant avec la pleine saison de la pêche à la langoustine (chalutage) et confirme les observations des années précédentes.

En 2020, la série temporelle couvre les périodes s'étendant du 01/01 au 05/02 puis du 21/05 au 13/08 (interruption de la série temporelle pendant 3 mois et demi). Durant le mois de janvier, la turbidité reste faible, entre 0,9 et 10 NTU, puis on observe une forte augmentation début février entre 10 et 80 NTU. La période suivante, de mai à mi-juillet montre une turbidité très faible (inférieure à 1 NTU). On peut tout de même noter quelques petits pics de turbidité (pics à 2 NTU le 23/05 et à 4,5 NTU le 25/05). A partir du 18/07/2020 la forte augmentation constante de la turbidité est difficilement analysable à cause d'un bruit de fond de 0,5 NTU. La fin de l'acquisition au 13/08/2020 est due à une tension de pile insuffisante

2021 est marqué par de nombreux pics de turbidité pouvant dépasser les 200 NTU (du 30/01/2021 au 02/02/2021, le 24/02/2021, le 18/03/2021) avec des niveaux de turbidité redescendant à des valeurs inférieures à 1 NTU entre les pics. La fin de la période (mai et juin) est marquée à nouveau par une forte augmentation de la turbidité. Il pourrait être envisagé une augmentation de la fréquentation ou de l'activité de pêche pour cette zone à partir de fin mai et jusqu'au 19 juin, date de la fin d'acquisition de la série temporelle.

Aux profondeurs considérées, il n'a pas été prouvé que la houle ait un impact sur le fond et donc sur la remise en suspension. Les courants enregistrés sur la zone sont faibles et compris entre 0 et 0,5 m/s (entre 0,2 et 0,3 m/s en 2018 sauf en octobre 2018 où ils se situent entre 0,3 et 0,42 m/s, entre 0,25 et 0,35 m/s en 2019). Ils ne semblent que peu influencer la turbidité près du fond (peut-être une légère corrélation courants/augmentation de la turbidité sur les premières et troisièmes

phases de l'année 2018) bien qu'ils semblent capables de modeler les fonds comme le montrent les figures sédimentaires observées sur le levé bathymétrique.

Les régimes de forte turbidité constatés en 2017 et caractérisés par des épisodes bien marqués dans le temps pourraient être liés aux activités de pêche par chalutage, habituellement très présentes dans ce secteur du plateau continental. Sur l'enregistrement de turbidité en 2017, on peut remarquer que les premières augmentations ont lieu fin avril/début mai, ce qui est concordant avec le début de la pleine saison de la langoustine et que de nouvelles augmentations sont observées de début août à fin septembre. Il pourrait être envisagé une baisse de la fréquentation ou d'activité de pêche pour cette zone en juillet 2017 ainsi que sur l'année 2018 (particulièrement de début juin à mi-septembre) et le premier semestre 2019, peut-être en faveur d'un autre secteur, le mouillage n'enregistrant que localement les variations. L'augmentation de la turbidité en novembre et décembre 2018 pourrait être associée à une augmentation de l'activité de pêche sur la zone à cette période de l'année même si cette dernière se situe en dehors de la pleine saison.

Le constat d'un retour rapide à des turbidités de base inférieures à 1 NTU après les périodes de forte turbidité s'inscrit a priori en faveur d'une activité de pêche (en conformité avec les résultats des travaux de thèse de Baptiste Mengual sur l'influence du chalutage sur les flux sédimentaires) mais seul l'accès aux données haute résolution d'activité en mer permettrait de réellement relier les variations de turbidité sur la Grande Vasière à la pêche au chalut.

Il est cependant à noter que des études récentes menées au Shom dans le cadre de stages universitaires (en particulier « Mesure optico-acoustique des particules en suspension dans l'océan » (2021) par Tatiana Gauche, Shom) montrent qu'il n'y aurait que peu de forçage anthropique sur ce point et que les pics de turbidité pourraient être dus à des courants de tempête (corrélation avec les modèles océaniques issus des travaux d'Ifremer).

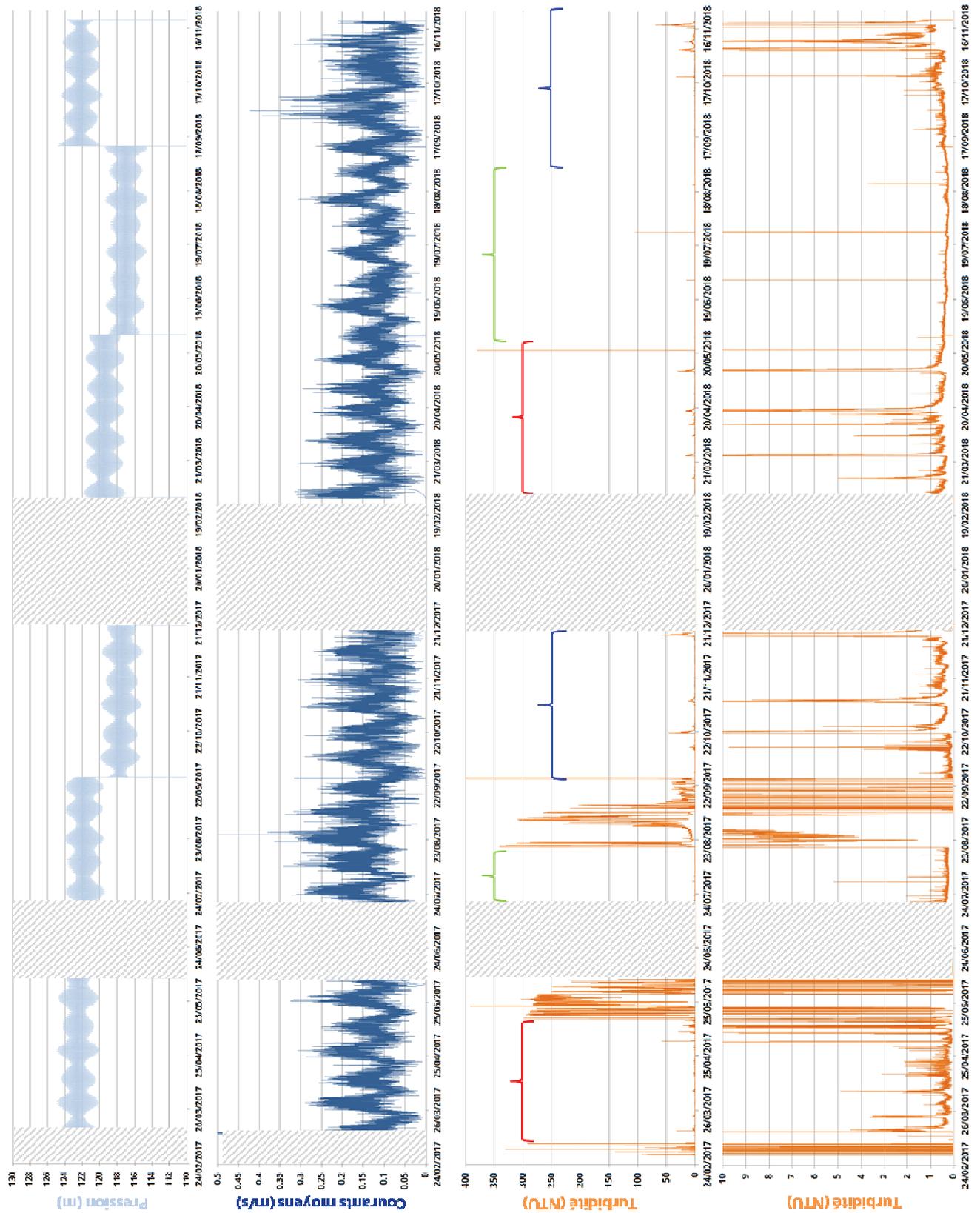


Figure 28. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de la Grande Vasière en 2017-2018

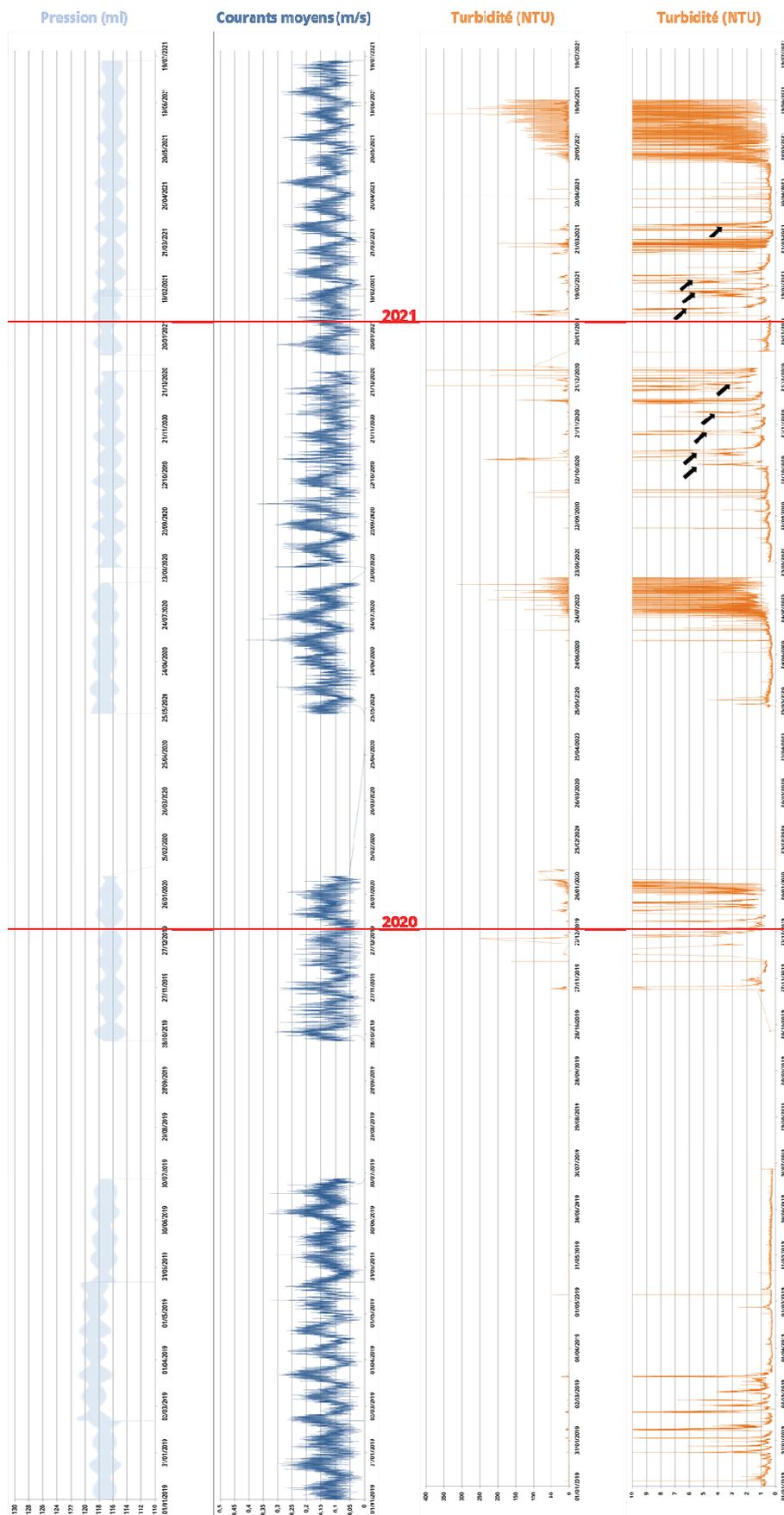


Figure 29. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de la Grande Vasière en 2019-2021

3.8 SÉRIE TEMPORELLE DE GINO EN MER CELTIQUE

Le point d'observation situé en mer Celtique a été positionné à environ 120 m de profondeur à proximité d'une épave (le Gino ; fig. 30). Ce point a la particularité d'être situé au milieu de dunes qui constituent des structures sédimentaires construites sous l'action des courants marins et qui présentent une dynamique spatio-temporelle variable en fonction des secteurs. Ces morphologies témoignent cependant du fait que les conditions hydrodynamiques locales sont favorables à la mise en mouvement des sédiments. Ce lieu semble par ailleurs dépourvu d'activité anthropique ayant un impact direct sur le fond.

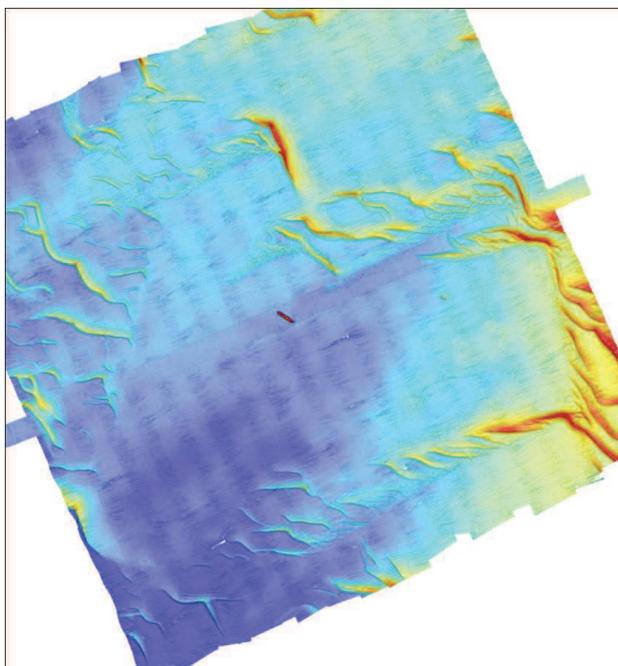


Figure 30. Levé bathymétrique sur la zone de mouillage Gino (épave au centre de l'image).

Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés au niveau du mouillage Gino fournissent un histogramme tel que celui présenté ci-dessous (fig. 31), caractéristique de fonds sableux au point d'observation.

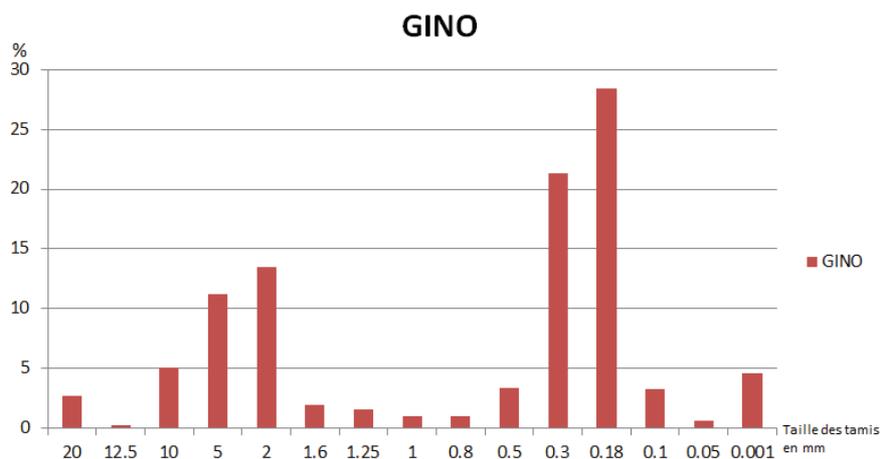


Figure 31. Histogramme représentatif du pourcentage de chaque fraction granulométrique obtenue au tamis sur l'échantillon ROEC prélevé le 12/09/18 au niveau du mouillage de Gino (Mer Celtique)

Les diverses difficultés rencontrées sur ce point pour la mise à l'eau et la récupération des instruments n'avait permis d'obtenir que 7 jours de mesures de turbidité en avril 2017 et un peu moins de 5 mois consécutifs de données à partir de fin septembre 2017 (fig. 32).

Pour mémoire, les données acquises en avril 2017 faisaient état d'un niveau de turbidité compris entre 3 et 4,2 NTU et de courants compris entre 0,02 et 0,72 m/s. Sur la période allant de fin septembre 2017 à fin février 2018, le niveau de turbidité est généralement compris entre 0 et 1,5 NTU mais présente régulièrement des pics isolés de 4 à 125 NTU (saturation du capteur). Les courants moyens vont de 0,02 à 0,74 m/s. Au bout de trois mois d'immersion un phénomène de biofouling semble se manifester avec un niveau de turbidité de base qui est globalement plus élevé que durant les trois premiers mois d'acquisition.

Une série temporelle plus conséquente a pu être acquise sur l'année 2018 avec deux périodes d'observation de trois mois consécutifs, du 30/05 au 20/11/18. Sur 2018 et 2019, la turbidité est, comme durant les trois mois d'acquisition en 2017, globalement comprise entre 0 et 1,5 NTU et présente régulièrement des pics de l'ordre de 2 NTU et plus rarement des pics isolés de 4 à 21 NTU. La vitesse des courants moyens reste comprise entre 0 et 0,8 m/s. Les élévations du niveau de turbidité apparaissent proportionnelles aux augmentations de la vitesse du courant avec les cycles de marée. La corrélation déjà observée en 2017 et 2018 entre la vitesse des courants moyens et les variations de turbidité est confirmée par la série temporelle acquise en 2019. Du 18/12/18 au 13/01/19, on relève toutefois un épisode inhabituel caractérisé par un signal de turbidité bien plus élevé que sur le reste de la série avec des valeurs comprises entre 2 et 6 NTU durant cette période. Les valeurs de courant mesurées en parallèle sont restées quant à elles inférieures à 0,7 m/s.

La série a été réduite à deux mois d'acquisition en début 2020 (du 1^{er} janvier au 24 février), avec ensuite une reprise de l'acquisition fin août 2020. Elle nous permet de confirmer la corrélation déjà observée en 2017, 2018 et 2019 entre augmentation de la turbidité et vitesse du courant dû aux cycles de marée. En revanche, il faut noter que les valeurs de turbidité semblent beaucoup plus élevées (attention à l'échelle de représentation) en 2020 (de 0 à 200 NTU) qu'en 2019 (de 0 à 5 NTU). Une hypothèse pour expliquer cette observation serait l'influence des tempêtes hivernales sur la remise en suspension des sédiments près du fond, mais ceci reste à confirmer. En janvier, les valeurs de turbidité oscillent autour d'une moyenne de 40 NTU, en février ces valeurs diminuent légèrement mais restent tout de même relativement centrées autour d'une moyenne de 20 NTU.

En 2021, la turbidité au mois de janvier est relativement faible (< à 1 NTU), avec toutefois quelques pics entraînant la saturation du capteur à partir du 22/01/2021. La série temporelle s'achève à cette date.

Le site de Gino demeure un secteur où les niveaux de turbidité sont faibles et dont les évolutions semblent dues aux seuls courants moyens. L'obtention d'une série temporelle plus longue permettrait d'évaluer si d'autres facteurs pourraient toutefois s'avérer impactant en matière de turbidité de fond sur la zone.

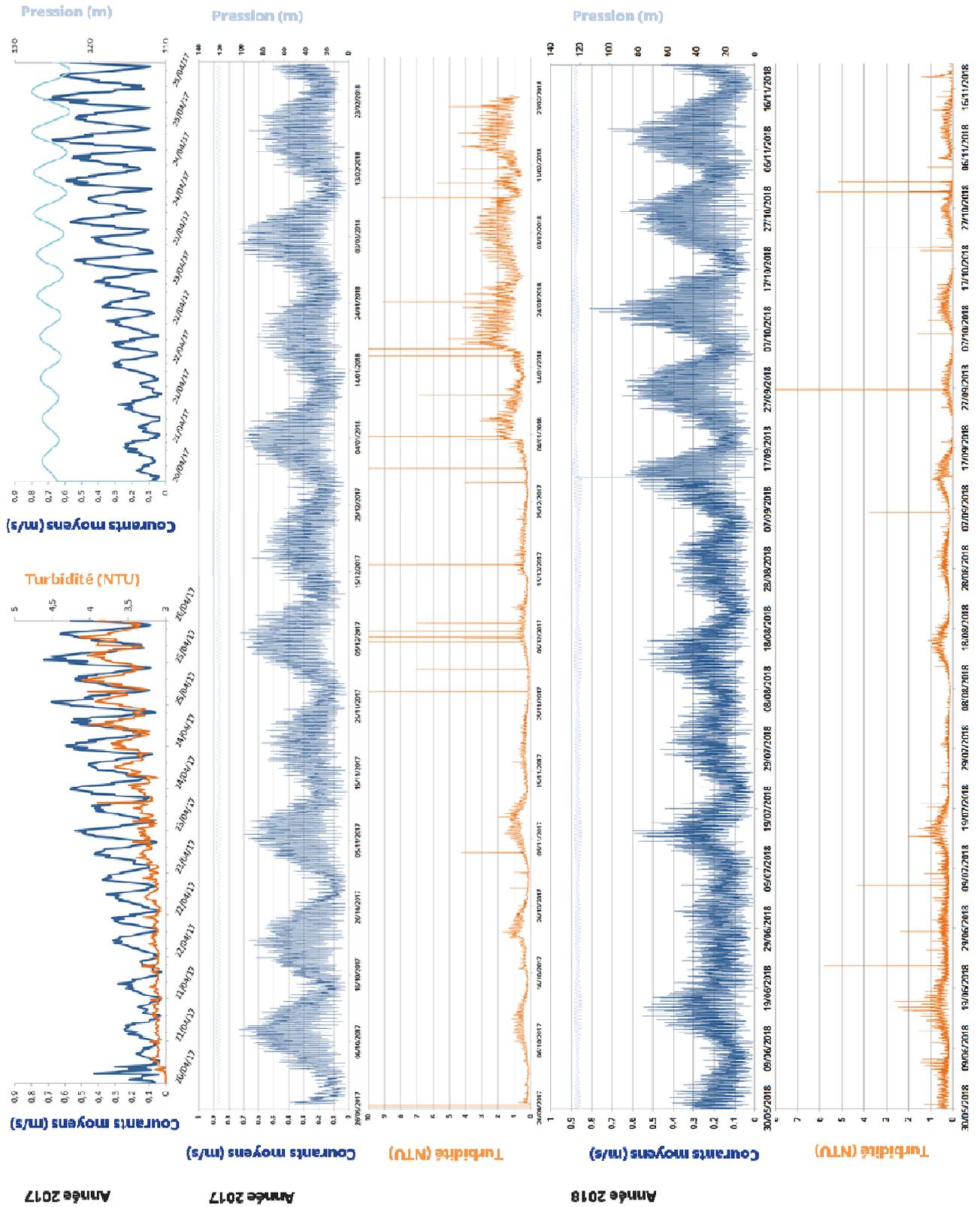


Figure 32. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Gino en 2017-2018

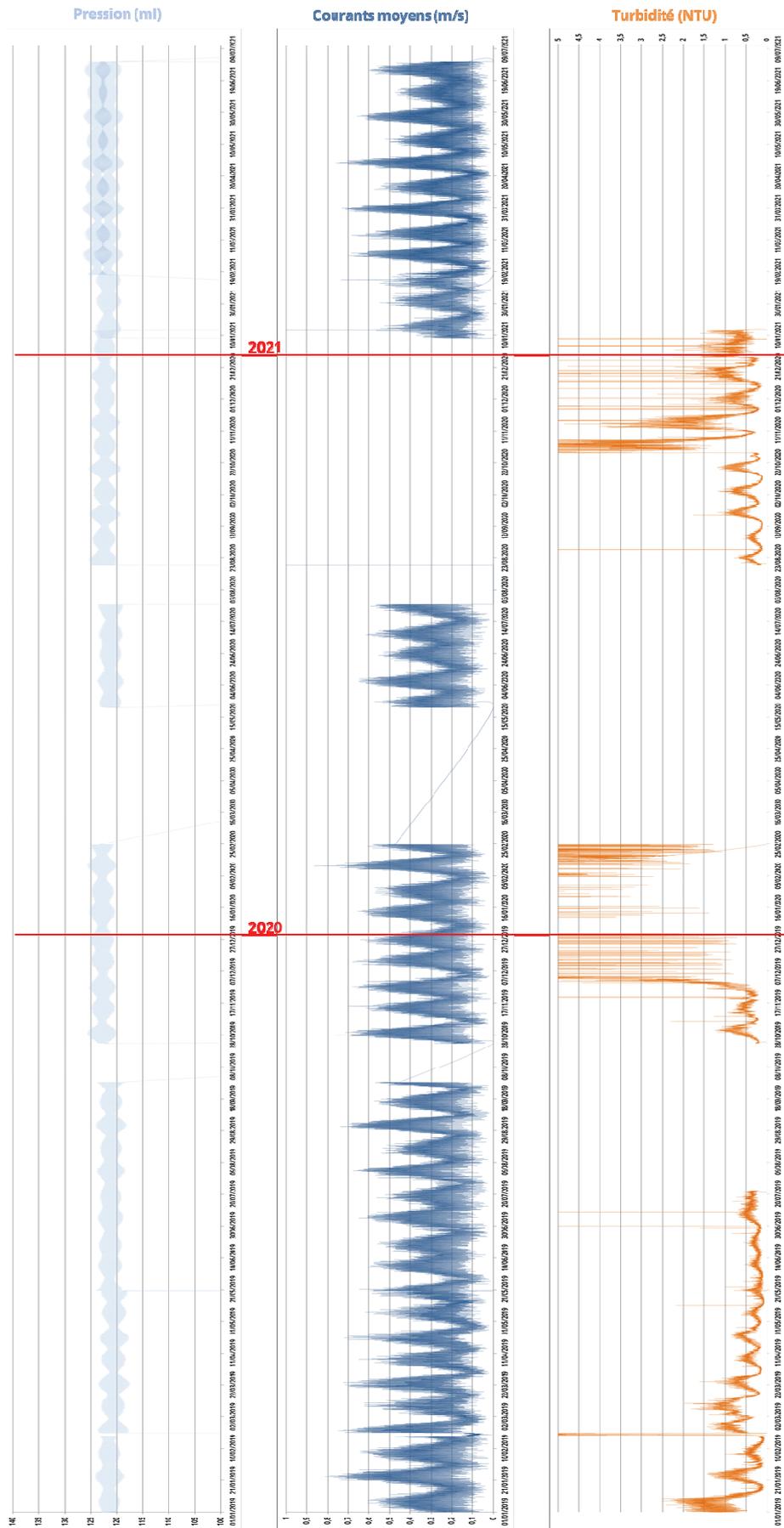


Figure 33. Synthèse des paramètres environnementaux pour la station de Gino en 2019-2021

4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

4.1 CONCLUSIONS SUR LES MESURES DE TURBIDITÉ ACQUISES SUR LA PÉRIODE 2017-2021

Les séries temporelles obtenues sur les points d'observation répartis autour de la Bretagne sont de bonne qualité et une durée d'acquisition de cinq ans permet désormais de mettre en évidence des phénomènes saisonniers sur certains points ou au contraire non reproduits d'une année à l'autre. Certaines interruptions dans l'enregistrement des données s'expliquent par un arrêt des capteurs suite à l'épuisement des batteries, par des avaries au niveau des capteurs, par le report de certaines rotations en raison de conditions météorologiques défavorables aux opérations de plongée ou encore par des chalutages de cages dans certains cas.

Les niveaux de turbidité observés peuvent être très contrastés d'un point de mouillage à l'autre (fig. 34) et le recul obtenu après deux années d'observation des évolutions de la turbidité a permis de proposer le réajustement des gammes de turbidimètres utilisés afin d'optimiser la mesure de turbidité à partir de l'année 2019.

Il existe, pour chacun des sites, des forçages dominants de la variabilité annuelle de la turbidité qui ont pu être mis en évidence par l'analyse des séries dans leur ensemble. Ces forçages (résumés dans le tableau suivant), et pour certains encore hypothétiques, nécessitent une étude plus approfondie. L'influence des blooms planctoniques sur la turbidité mesurée à 700 nm ne doit par ailleurs pas être exclue, même à cette longueur d'onde.

Site	Forçage naturel influençant la turbidité	A prospecter/démontrer
Saint-Brieuc	Houle	Pêche
Morlaix	Houle Apports fluviaux	Concession d'extraction
Fret/Rade de Brest	Apports fluviaux	Etang du fret Vent Pêche
Douarnenez	Houle	Vent Pêche
Concarneau	Houle Apports fluviaux	Pockmarks
Grande vasière	-	Pêche au chalut
Gino/Mer celtique	Courants marins résiduels	-



Figure 34. Comparatif des niveaux de turbidité mesurés sur les différents points de mouillage

A l'issue de cinq années d'acquisition, il ressort que les données d'activités humaines restent primordiales afin de comprendre certaines des variations de turbidité observées. Ces données demeurent cependant extrêmement difficiles à obtenir à la résolution spatio-temporelle qui nous intéresse. En l'absence de ces informations, il n'est pas possible de statuer quant à l'influence de la pêche ou des activités d'extraction sur la turbidité régionale, même si certains constats conduisent à supposer que ce lien étroit existe. Il semble donc important de continuer à explorer cet aspect pour aller au bout de la démarche consistant à surveiller le milieu pour mesurer l'impact (ou non) des activités anthropiques sur l'état environnemental des masses d'eau.

Les données des séries temporelles de turbidité de fond acquises dans le cadre du projet ROEC du CPER Bretagne 2015-2020 sont désormais utilisables par l'ensemble de la communauté scientifique puisqu'elles sont disponibles en libre accès sur le portail DATA.SHOM.FR depuis juillet 2019. Les mesures de courant associées sont également accessibles depuis mai 2021.



Figure 35. Mise en ligne des données de turbidité ROEC sur le portail DATA.SHOM.FR

4.2 PERSPECTIVES

En termes de perspectives, ces cinq années d'acquisition conduisent à 3 grands objectifs pour le futur :

- Objectif scientifique :
- (1) Conversion en concentration de matières en suspension (MES en mg/l) des données enregistrées en NTU par les capteurs. Les turbidimètres optiques utilisés expriment la turbidité en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) qui correspond à une quantité de lumière rétrodiffusée dans une solution de formazine. Cette quantité de lumière est relative à la quantité et à la nature des MES, mais, bien que cela permette de faire des comparaisons qualitatives de la teneur en particules, cela ne permet pas de quantifier cette teneur en matières en suspension. Afin d'arriver à une quantification des MES, une conversion NTU/MES est nécessaire. Les données issues des prélèvements d'eau (filtrations) ont commencé à être exploitées mais un nombre plus important d'échantillons est nécessaire pour améliorer la robustesse des droites de corrélation NTU/MES. En parallèle, un stage « Etalonnage en laboratoire de séries temporelles de turbidité acquises sur les côtes bretonnes » a été mené au sein du Shom en 2019 par Jean-Hervé Orgor. Pour chaque point

d'observation, une gamme étalon a ainsi été élaborée en laboratoire en utilisant les sédiments prélevés sur chacun des sites. Ce travail a été poursuivi en 2020 au travers d'un stage co-encadré par la division « Ingénierie des Equipements Scientifiques » (division IES) et le département « Géologie Marine » du Shom et consacré à l'étalonnage en turbidité de capteurs dédiés acoustique et optique. Le stage « Qualification et étalonnage en concentration de Matière En Suspension de capteurs de turbidité optique et acoustique », a été suivi par Baptiste Meignan Il s'est agi de procéder à l'étalonnage d'un capteur de turbidité acoustique (LISST-ABS) en laboratoire en utilisant les prélèvements de sédiments effectués dans le cadre de ROEC puis de traiter, d'interpréter et d'inter-comparer les données acquises lors du déploiement effectué en Baie de Morlaix au printemps 2020. Un rapport d'étude relatif à la « Mesure optico-acoustique des particules en suspension dans l'océan » a par ailleurs été publié en 2021 par Tatiana Gauche. Enfin une étude à partir des données ROEC, « Mesure en temps réel des flux sédimentaires en zone côtière à l'aide de gliders », par Sabrina Homrani est en cours en 2022.

- (2) Etude haute résolution de la série temporelle. L'exploitation a été initiée sur l'ensemble de la série temporelle afin de dégager des tendances saisonnières et d'avoir, dans un premier temps, une vision d'ensemble de la turbidité et de sa variabilité. Cependant, une étude à haute résolution de ces variations permettrait de mieux comprendre certaines variabilités, les mécanismes de remise en suspension et de décantation. Ce travail, pour les 7 points, constitue un investissement important en termes de temps d'analyse, il a donc été simplement abordé. Dans la perspective d'interprétation « haute résolution » des variations des séries temporelles, les cages sont ponctuellement enrichies d'équipements complémentaires (profileur de courant ADCP, pièges à MES, enregistreur de houle, sonde multi-paramètres). L'étude à l'échelle d'un cycle de marée, d'une tempête ou d'une crue présente des perspectives scientifiques très intéressantes qui mériteraient d'être exploitées. Un post-doctorat, dont le sujet est la « Variabilité interannuelle des flux sédimentaires dans le Golfe de Gascogne », a débuté en septembre 2020 en collaboration entre le Shom et l'IFREMER. L'un des objectifs est d'analyser et de valoriser les séries temporelles acquises dans le cadre de ROEC.
- (3) Analyse de l'influence des activités anthropiques sur les niveaux de turbidité observés. Le Shom poursuit depuis 2019, son travail d'analyse statistique des activités humaines menées sur la zone d'implantation du réseau de surveillance. Les résultats de cette analyse seront par la suite confrontés aux différentes séries temporelles acquises afin de progresser dans la démarche visant à évaluer l'impact des activités anthropiques sur la turbidité. Faute de moyens humains suffisants, ce travail devrait s'inscrire dans la durée.

- Objectif de développement technologique :

- (1) Etude d'une cage ne laissant aucun résidu après déploiement. Les cages déployées par grands fonds (Antirion) laissent un lest en béton sur les fonds marins après chaque récupération de mouillage. Afin de trouver des solutions à cette problématique, une étude technologique a été menée en 2018 afin de proposer un système qui permet une récupération complète des structures que le Shom déploie. Cette étude a été complétée, dès janvier 2019, par des essais en milieu contrôlé dans le bassin de l'IFREMER sur le site de Plouzané. Des tests sur le terrain, en petits fonds, ont ensuite été menés en février 2019 en Baie de Morlaix en s'appuyant sur le concours des moyens de la Station Biologique de Roscoff (porteurs et plongeurs) : mouillage et récupération d'une cage Antirion complète (Fig. 36) et d'une cage tripode inox. Une cage tripode a

parallèlement fait l'objet d'un déploiement « longue durée » sur le site de la Pierre Noire jusqu'en juillet 2019 (Fig. 37). En février 2019, des essais de largage et récupération d'une cage Antirion ont également été menés en « grands fonds » au large de l'île de Groix grâce au concours du porteur BSAD Argonaute. Un essai de déploiement « longue durée » a eu lieu en 2020 sur la station de Brest avec un turbidimètre optique RBR Virtuoso. Les résultats ont montré une bonne autonomie du capteur avec des données de qualité. Une panne du balai autonome a entraîné une perturbation de la qualité des données au bout de 5 mois de mesure. On peut en conclure qu'avec une programmation adaptée, les rotations de cages pourraient être moins fréquentes lorsque celles-ci sont équipées d'un aquadopp Nortek et d'un turbidimètre RBR Virtuoso. La consommation énergétique et le fouling sont les facteurs limitant la durée du déploiement. De plus, comme on l'a observé durant l'essai d'endurance, les déploiements trop longs ne permettent pas d'effectuer une veille technologique sur les équipements et augmente le risque de données de mauvaise qualité.



Figure 36. Essais de déploiement de cage Antirion avec lest récupérable
© Station Biologique de Roscoff, Wilfried Thomas

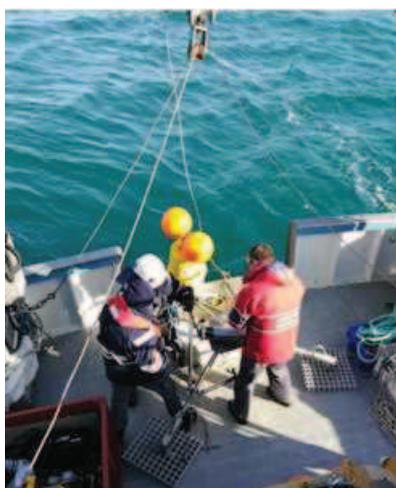


Figure 37. Essai de déploiement de cage tripode inox récupérable
© Station Biologique de Roscoff, Wilfried Thomas

- (2) Amélioration de l'exploitation des capteurs de turbidité. Un turbidimètre acoustique de type LISST-ABS a été déployé durant une période de mouillage en Baie de Morlaix en 2017 et différents tests de déploiements combinés de turbidimètres optique et acoustique ont été menés à partir de 2020 afin de comparer leurs réponses et d'exploiter le retour d'expérience lié à leur utilisation. En parallèle, la participation en 2019 du Shom à l'Atelier « Turbidité et réseaux d'observation » organisé par l'IFREMER et l'IUEM au profit de la communauté COAST-HF a permis de progresser en matière de mise en œuvre des capteurs et de techniques de calibration. Ces enseignements ont été mis à profit durant le projet ROEC.
 - Objectif de partenariat :
- Extension du réseau aux façades métropolitaines dans le cadre de la DCSMM. Le programme de surveillance « Changements hydrographiques » de la DCSMM pour le suivi de la turbidité de fond a bénéficié du financement par le projet ROEC du CPER Bretagne 2015-2020. La DCSMM concernant toute la façade métropolitaine, ce réseau devrait à terme être étendu à toutes les sous-régions marines. Pour ce faire, des contacts avec les universitaires ou les stations biologiques ont été établis en 2017 et 2018 afin de mutualiser les ressources et les moyens à la mer. Dans ce cadre, un projet de partenariat avec l'Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer a été défini en 2019. La mise en œuvre de ce partenariat est effective depuis 2020 (fig. 38).

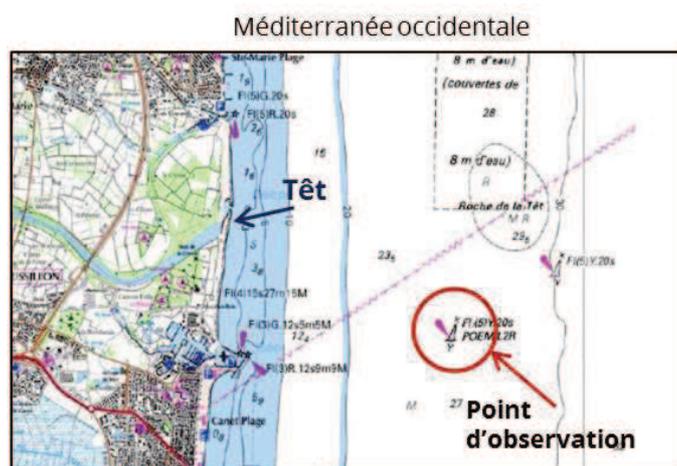


Figure 38. Localisation des points d'observation envisagés dans le cadre de l'extension du réseau (DCSMM)

Le point de mouillage qui fait l'objet de la convention de partenariat Shom-Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer est situé en Méditerranée, au débouché du fleuve Têt (fig. 38), au niveau de la bouée instrumentée (POEM) qui réalise déjà des mesures de surface (turbidité, température, salinité...) et occasionnellement des mesures au fond.

Dans le cadre de la collaboration, la préparation des capteurs (dont l'étalonnage en laboratoire), le mouillage, l'analyse des prélèvements de sédiments, les mesures de salinité ainsi que le traitement des données pour ce nouveau point de suivi restent à la charge du Shom.

Dans le futur, en fonction de la disponibilité du matériel, d'autres points de mesure pourraient être définis en concertation avec les différents descripteurs. La mise en place d'un mouillage au niveau du bassin d'Arcachon (OSQUAR) pourrait ainsi être envisagée par la suite en collaboration avec l'Université de Bordeaux.

Parallèlement, des échanges ont eu lieu en 2019 entre le Shom et RTE afin de considérer la possibilité de mettre en œuvre des plateformes multi-instrumentées au niveau des postes en mer pressentis dans le cadre de l'implantation de parcs éoliens en mer (activité Energies Marines Renouvelables). L'objectif était de mettre en place un suivi de la turbidité de fond au niveau de ces structures et également d'acquies un certain nombre d'autres paramètres afin d'assurer un monitoring des conditions environnementales au niveau des plateformes RTE. En 2021, des échanges avec la DGEC et Météo France ont notamment été initiés afin de procéder à un suivi de la turbidité de surface sur les futures zones d'implantation d'EMR.

5 CONTRAINTES DE MOYENS/IMPLICATIONS RH

A l'issue de cinq années de déploiement dans le cadre de la mise en place d'un réseau d'observation haute fréquence de l'environnement marin, les résultats obtenus sont encourageants et sont une connaissance permettant d'établir un état initial pertinent pour les études sur les impacts du changement climatique.

Parmi les difficultés rencontrées au cours de la dernière phase d'acquisition (2020 et 2021), on peut retenir les points suivants :

- Quelques infiltrations d'eau au niveau du turbidimètre sont apparues, sans doute dû au vieillissement du matériel (Gino 2020 Leg1 et Morlaix 2020 Leg3) ;
- Un chalutage de cage au niveau du point situé en Baie de de Saint-Brieuc (2020 Leg1) ;
- La fin anticipée des acquisitions en raison de problème de batterie au niveau des capteurs déployés à Douarnenez lors du Leg2 2020 (99 jours en mer pour 62 jours d'acquisition) et à Concarneau lors du Leg2 2020 (177 jours en mer pour 125 jours d'acquisition) ;
- Une erreur humaine, le système de protection du capteur n'ayant pas été retiré lors de la mise à l'eau du mouillage (Gino 2020 Leg3).

Pour rappel, les points de contraintes majeures dans ce type de projet restent donc les moyens à la mer et l'aspect RH.

En effet, un tel réseau nécessite :

- ❖ Une intervention régulière (tous les trois mois) sur les points de mouillage afin d'assurer la rotation des systèmes et en particulier le remplacement des batteries dont l'autonomie est d'environ trois mois ainsi que celui des capteurs de turbidité avant saturation de leur mémoire. Pour le réseau de surveillance de la turbidité de fond ROEC, cela représente 106 interventions reposant sur le concours de plongeurs et de bateaux. La collaboration avec la station biologique de Roscoff a permis de déléguer 4 rotations par an à un organisme extérieur qui a mis à la disposition du Shom ses moyens à la mer (navire côtier) et ses plongeurs. Les 24 autres interventions à la mer annuelles ayant été réalisées par le Shom.
- ❖ De s'adapter aux contraintes météo (manque de visibilité pour les plongeurs) ou matérielles (problème de treuil, avarie) qui peuvent empêcher les déploiements aux dates prévues et entraîner des interruptions dans la série de mesure. Dans ce cas, les interventions ont dû être reprogrammées le plus rapidement possible, ce qui dans le

contexte de planification des travaux à la mer à parfois entraîné des difficultés d'organisation ;

- ❖ Une bonne réactivité au niveau des services de soutien (moyens à la mer, instrumentation scientifique) en cas de remontée intempestive de mouillage (par exemple après une tempête) ou de décrochage de bouée. Des moyens à la mer supplémentaires ont plusieurs fois été sollicités (BSAD) afin de récupérer les mouillages dérivants ou échoués ;
- ❖ Une personne à temps plein (1 ETP) a été nécessaire pour la préparation des mouillages, la veille technologique, la calibration des capteurs, l'étalonnage et la programmation des instruments, l'extraction des données acquises par les capteurs ainsi que le pilotage des rotations des mouillages (interaction avec les groupes, les scientifiques et le chef de projet) ;
- ❖ Un ½ ETP pour le traitement et l'analyse des données, les mesures en laboratoire (granulométrie, filtrations), la rédaction des synthèses et rapports, le développement des collaborations en vue de l'extension du réseau à toutes les façades métropolitaines dans le cadre de la DCSMM.

La bonne réussite de ces cinq années d'acquisition, et la qualité des résultats obtenus, est la traduction de ce travail d'équipe réalisé en synergie entre les différents services du Shom impliqués dans la création, la mise en place et la gestion de ce réseau de surveillance ainsi que la grande capacité d'adaptation des différentes équipes face aux contraintes énoncées ci-dessus.