

RAPPORT

## Rapport d'analyse final – RA4

Dragages d'entretien et immersions à La Lambarde - Campagne de mesures en mer – Analyse des données – Rapport final

Novembre 2019

NANTES  
SAINT-NAZAIRE  
**PORT**

 i-Sea

  
creocean  
Environnement & océanographie



## CLIENT

RAISON SOCIALE	<b>GRAND PORT MARITIME DE NANTES SAINT-NAZAIRE</b>
COORDONNÉES	18 Quai Ernest Renaud - BP 18609 44186 NANTES Tél. : 02 40 44 20 20
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Monsieur Didier LEHAY Tél. : 02 40 44 20 75 d.lehay@nantes.port.fr

## CRÉOCÉAN

COORDONNÉES	Zone Technocéan – Chef de Baie – Rue Charles Tellier 17000 LA ROCHELLE Tél. : 05 46 41 13 13 – 05 46 50 51 02 E-mail : creoccean@creoccean.fr
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Monsieur Jéhane OURIQUA Tél. : 05 46 41 13 13 E-mail : ouriqua@creoccean.fr

## RAPPORT

TITRE	<b>Dragages d'entretien et immersions à La Lambarde - Campagne de mesures en mer – Analyse des données - Rapport final</b>
NOMBRE DE PAGES	121
NOMBRE D'ANNEXES	3

## SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
170958	19/11/18	Édition 1		JOU/SKE	CDE



## Sommaire

<b>1. Contexte et objectifs du projet .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Rappel des caractéristiques de la campagne de mesure .....</b>	<b>14</b>
2.1. Matériel mis en place.....	14
2.2. Rappel du paramétrage des équipements .....	15
<b>2.2.1. ADCP .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2. Sondes SAMBAT .....</b>	<b>16</b>
2.3. Déroulement des opérations .....	17
2.4. Localisation des points de mouillages et de prélèvements .....	17
<b>3. Contrôle qualité des données mesurées.....</b>	<b>19</b>
3.1. Données mesurées par les sondes CTD Sambat (NKE) .....	19
<b>3.1.1. Méthodologie de validation des données .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.2. Synthèse QAQC.....</b>	<b>19</b>
3.2. Données mesurées par ADCP .....	20
<b>3.2.1. Méthodologie de validation des données .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2. Synthèse QAQC.....</b>	<b>21</b>
<b>4. Étalonnage NTU/MES des sondes multi-paramètres.....</b>	<b>22</b>
4.1. Principe.....	22
4.2. Analyses MES des échantillons et valeurs de turbidité associées .....	23
4.3. Détermination des relations MES/NTU pour chacune des sondes .....	25
4.4. Détermination des quantités de MES par ADCP .....	28
<b>4.4.1. Station La Lambarde.....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.2. Station Le Châtelier.....</b>	<b>30</b>
<b>5. Présentation et analyse des données.....</b>	<b>31</b>
5.1. Préambule .....	31
5.2. Contexte hydrologique et météo-océanique .....	31
<b>5.2.1. Séries temporelles.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.2. Analyse des données.....</b>	<b>33</b>
5.3. Paramètres physico-chimiques .....	34
<b>5.3.1. Séries temporelles et statistiques sur l'ensemble de la campagne.....</b>	<b>34</b>
<b>5.3.2. Analyse des résultats .....</b>	<b>39</b>
5.4. Conditions hydrodynamiques .....	41
<b>5.4.1. Station La Lambarde.....</b>	<b>41</b>
<b>5.4.2. Station Le Châtelier.....</b>	<b>49</b>

5.5. Analyse des concentrations en MES vis-à-vis des conditions hydrodynamiques et des clapages sur la zone .....	57
<b>5.5.1. Station de La Lambarde.....</b>	<b>57</b>
<b>5.5.2. Station Le Châtelier.....</b>	<b>65</b>
<b>5.5.3. Tableau de synthèse des valeurs de concentrations en MES pour chaque période.....</b>	<b>73</b>
<b>6. Conclusion sur l'impact des clapages sur les MES .....</b>	<b>74</b>

## Liste des figures

<i>Figure 2.1 : Principe du mouillage mis en place pour la campagne de mesures.</i> .....	15
<i>Figure 2.2 : Localisation des points de mouillage des bouées instrumentées.</i> .....	18
<i>Figure 4.1 : Corrélation des valeurs NTU et MES pour La Lambarde.</i> .....	25
<i>Figure 4.2 : Corrélation des valeurs NTU et MES pour Le Châtelier.</i> .....	26
<i>Figure 4.3 : Corrélation des valeurs NTU et MES pour La Lambarde et Le Châtelier.</i> .....	26
<i>Figure 4.4 : Relation entre le log10 des concentrations en MES déterminées à partir du turbidimètre optique et de l'intensité du signal acoustique (I) de l'ADCP de La Lambarde.</i> .....	29
<i>Figure 4.5 : Relation entre le log10 des concentrations en MES déterminées à partir du turbidimètre optique et de l'intensité du signal acoustique (I) de l'ADCP du Châtelier.</i> .....	30
<i>Figure 5.1 : Séries temporelles des données issues du contexte météo-océanographique (débits, précipitations, vent, température de l'air, marée).</i> .....	32
<i>Figure 5.2 : Rose des vents à la station de Saint-Nazaire Montoir.</i> .....	33
<i>Figure 5.3 : Séries temporelles des paramètres physico-chimiques mesurés pendant la campagne à La Lambarde. En bleu, les valeurs au fond et en rouge en surface.</i> .....	35
<i>Figure 5.4 : Séries temporelles des paramètres physico-chimiques mesurés pendant la campagne. En vert, les valeurs à la station Châtelier Fond et en jaune à la station Châtelier Surface.</i> .....	37
<i>Figure 5.5 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station de La Lambarde pour la période d'Octobre 2018 à Janvier 2019.</i> .....	42
<i>Figure 5.6 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station de La Lambarde.</i> .....	42
<i>Figure 5.7 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station de La Lambarde pour la période de janvier 2019 à avril 2019.</i> .....	44
<i>Figure 5.8 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station de La Lambarde.</i> .....	44
<i>Figure 5.9 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station de La Lambarde pour la période d'avril 2019 à juin 2019.</i> .....	46

<b>Figure 5.10 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station de La Lambarde.....</b>	<b>46</b>
<b>Figure 5.11 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station de La Lambarde pour la période de juin 2019 à août 2019.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 5.12 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station de La Lambarde.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 5.13 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station du Châtelier pour la période d'Octobre 2018 à Janvier 2019.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 5.14 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station du Châtelier. ....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 5.15 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station du Châtelier pour la période de janvier 2019 à avril 2019.....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 5.16 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station du Châtelier. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 5.17 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station du Châtelier pour la période d'avril 2019 à juin 2019.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 5.18 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station du Châtelier. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 5.19 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station du Châtelier pour la période de juin 2019 à août 2019.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 5.20 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station du Châtelier. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 5.21 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station de La Lambarde pour la période d'octobre 2018 à janvier 2019.....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 5.22 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station de La Lambarde pour la période de janvier 2019 à avril 2019.....</b>	<b>60</b>

**Figure 5.23 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station de La Lambarde pour la période d'avril 2019 à juin 2019. .... 62**

**Figure 5.24 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station de La Lambarde pour la période de juin 2019 à août 2019... 64**

**Figure 5.25 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station du Châtelier pour la période d'octobre 2018 à janvier 2019. 66**

**Figure 5.26 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station du Châtelier pour la période de janvier 2019 à avril 2019..... 68**

**Figure 5.27 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station du Châtelier pour la période d'avril 2019 à juin 2019. .... 70**

**Figure 5.28 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station du Châtelier pour la période de juin 2019 à août 2019. .... 72**

**Figure 6.1 : Localisation des clapages de l'été 2019 (cercles blancs et rouges). .... 74**

**Figure 6.2 : Période du 21 juin au 01 juillet 2019 pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages). .... 75**

**Figure 6.3 : Période du 01 juillet 2019 au 11 juillet pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages). .... 75**

**Figure 6.4 : Période du 11 juillet au 22 juillet 2019 pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages). .... 76**

**Figure 6.5 : Période du 22 juillet au 01 août 2019 pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages). .... 76**

**Figure 6.6 : Période du 01 août 2019 au 11 août pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages). .... 77**

## Liste des tableaux

<b>Tableau 2.1 : Résumé des interventions sur la campagne de mesure.....</b>	<b>17</b>
<b>Tableau 2.2 : Coordonnées géographiques des bouées instrumentées et des ADCP.....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau 3.1 : Contrôles effectués sur l'ensemble des sondes lors de la procédure de contrôle qualité.....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 3.2 : Dates des données éliminées des séries temporelles.....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 4.1 : Valeurs NTU et MES mesurées au laboratoire d'analyse.....</b>	<b>24</b>
<b>Tableau 4.2 : Modèle d'équation NTU/MES pour chacun des sites et indicateurs de qualité des équations obtenues.....</b>	<b>27</b>
<b>Tableau 5.1 : Statistiques sur les paramètres physico-chimiques sur toute la période de mesure pour la station Lambarde surface.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 5.2 : Statistiques sur les paramètres physico-chimiques sur toute la période de mesure pour la station Lambarde fond.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 5.3 : Statistiques sur les paramètres physico-chimiques sur toute la période de mesure pour la station Châtelier surface.....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 5.4 : Statistiques sur les paramètres physico-chimiques sur toute la période de mesure pour la station Châtelier fond.....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 5.5 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la première période.....</b>	<b>41</b>
<b>Tableau 5.6 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la deuxième période.....</b>	<b>43</b>
<b>Tableau 5.7 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la troisième période.....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau 5.8 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la quatrième période.....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau 5.9 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la première période.....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 5.10 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la deuxième période.....</b>	<b>51</b>

**Tableau 5.11 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la troisième période.**  
..... 53

**Tableau 5.12 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la quatrième période.**  
..... 55

**Tableau 5.13 : Statistiques sur les concentrations en matières en suspension déterminées par ADCP dans la colonne d'eau pour le site de La Lambarde et du Châtelier, entre le mois d'octobre 2018 et le mois d'août 2019.** ..... 73

## Liste des Photos

***Photo 2.1 : Bouée de surface instrumentée avec zoom sur la sonde Sambat à l'intérieur..... 14***

***Photo 2.2 : Cage ADCP équipée d'un ADCP RDI Sentinel et d'une sonde Sambat..... 15***

## 1. Contexte et objectifs du projet

Dans le but de garantir son accès, le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN) réalise régulièrement des dragages d'entretien de son chenal, de ses zones d'évitage et des souilles des terminaux portuaires.

Une partie des matériaux dragués sont transportés puis clapés au niveau de la zone d'immersion de La Lambarde. Cette zone d'immersion est située dans l'estuaire de la Loire, à 22km du port de Saint-Nazaire.

La présente campagne de mesure vise à répondre à deux besoins principaux :

- ▶ Améliorer la connaissance générale du bruit de fond turbide dans l'estuaire externe ;
- ▶ Comparer les mesures avec les résultats issus d'un modèle numérique hydro-sédimentaire sur la zone.

Cette campagne aura duré 10 mois d'octobre 2018 à août 2019.

Elle consiste en des mesures en 2 points sur les zones du Châtelier et de La Lambarde.

Pour chaque station, les mesures suivantes ont été réalisées :

- ▶ Au fond :
  - Conditions hydrodynamiques : courant sur la colonne d'eau ;
  - Les MES ;
  - La température, la salinité, l'oxygène dissous.
- ▶ En surface :
  - Conditions hydrodynamiques : courant, niveau et agitation ;
  - Les MES ;
  - La Chlorophylle A ;
  - La température, la salinité, l'oxygène dissous.

Ce rapport final RA4 présente les données récoltées sur l'ensemble de la période de mesure ainsi qu'une analyse de ces données dans l'objectif de répondre aux besoins de l'étude. Il est accompagné de fichiers Excel contenant l'ensemble des données mesurées (brutes et moyennées).

## 2. Rappel des caractéristiques de la campagne de mesure

### 2.1. Matériel mis en place

Sur chacun des deux points de suivi, le même équipement a été mis en place, seule la longueur des mouillages diffère en raison de la différence de hauteur d'eau liée à la bathymétrie locale.

Sur chaque point, les équipements sont les suivants :

- ▶ Une bouée équipée d'une sonde Sambat mesurant la salinité, la température, la profondeur, la turbidité, l'oxygène Dissous et la chlorophylle ;
- ▶ Un ADCP de type RDI Sentinel pour les mesures de courant et de houle ;
- ▶ Une sonde Sambat au fond, sur cage ADCP, mesurant la salinité, la température, la profondeur, la turbidité, l'oxygène Dissous.



*Photo 2.1 : Bouée de surface instrumentée avec zoom sur la sonde Sambat à l'intérieur.*

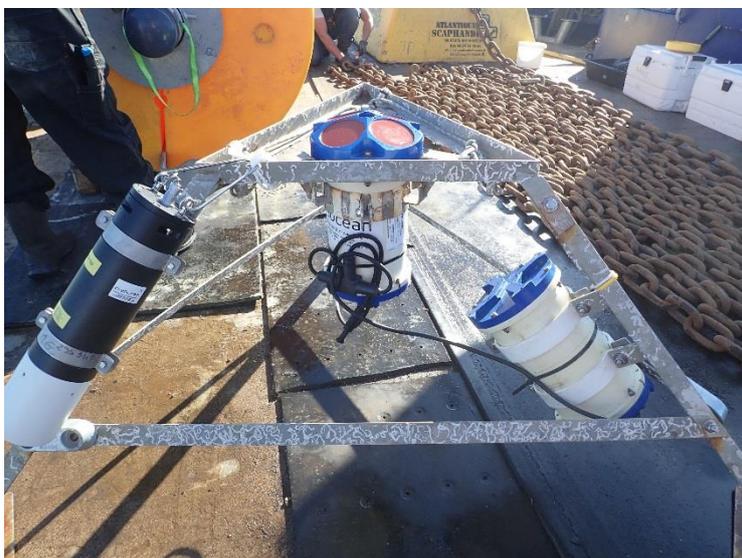


Photo 2.2 : Cage ADCP équipée d'un ADCP RDI Sentinel et d'une sonde Sambat.

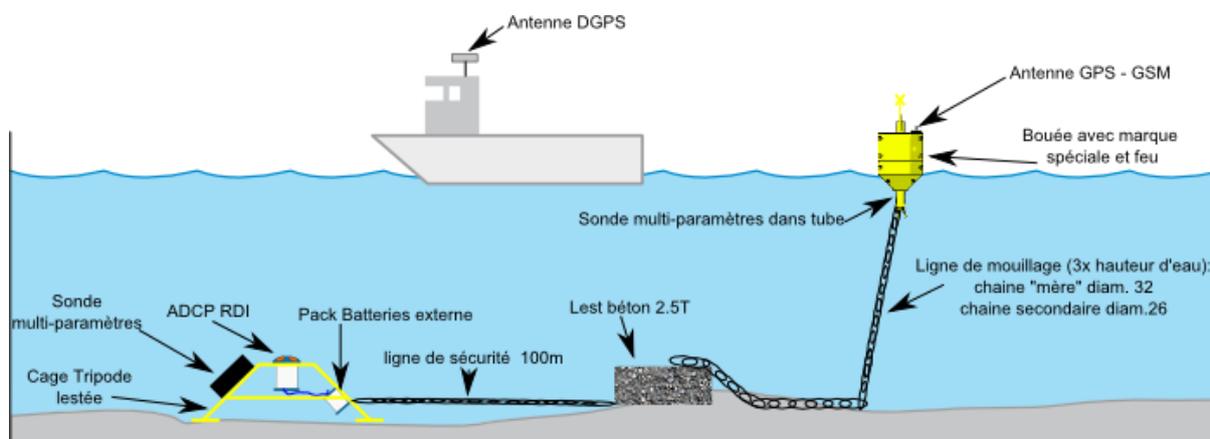


Figure 2.1 : Principe du mouillage mis en place pour la campagne de mesures.

## 2.2. Rappel du paramétrage des équipements

### 2.2.1. ADCP

Les deux courantomètres mis en place pour la mesure de courant et de houle sont des ADCPs de type RDI Sentinel Workhorse (Teledyne Instruments).

#### Paramétrage de l'ADCP sur Le Châtelier :

- ▶ Appareil : RDI Sentinel Workhorse 1200 KHz
- ▶ Cadence de mesure pour la houle : Burst de 20 minutes toutes les 60 minutes
- ▶ Cadence de mesure pour le courant : toutes les 10 minutes
- ▶ Profondeur programmée : 12 m

- ▶ Nombre de cellules : 33
- ▶ Taille de cellule : 0.5 m

Paramétrage de l'ADCP sur La Lambarde :

- ▶ Appareil : RDI Sentinel Workhorse 600 KHz
- ▶ Cadence de mesure pour la houle : Burst de 20 minutes toutes les 60 minutes
- ▶ Cadence de mesure pour le courant : toutes les 10 minutes
- ▶ Profondeur programmée : 35 m
- ▶ Nombre de cellules : 39
- ▶ Taille de cellule : 1 m

## 2.2.2. Sondes SAMBAT

Les deux sondes Sambat installées dans les bouées de surface pour le suivi sont identiques. Elles sont équipées d'un modem GPRS internet permettant d'envoyer quotidiennement les données sur une adresse mail.

Les deux sondes Sambat de fond installées sur les cages tripodes sont identiques et fonctionnent en mode data logger avec un enregistrement interne dans les sondes.

Paramétrage des sondes de surface :

- ▶ **Cadence d'acquisition** : 30 secondes
- ▶ **Cadence de balayage des capteurs** : 2 heures
- ▶ **Cadence d'acquisition de la position GPS** : 4 heures
- ▶ **Transfert des données** : 2 envois par jour
- ▶ **Adresse mail de destination** : [techniciens.creoccean2@gmail.com](mailto:techniciens.creoccean2@gmail.com)
- ▶ **Sonde SAMBAT 50110** : sonde installée sur la bouée du Châtelier
- ▶ **Sonde SAMBAT 50109** : sonde installée sur la bouée de La Lambarde

Paramétrage des sondes de fond :

- ▶ **Cadence d'acquisition** : 30 secondes
- ▶ **Cadence de balayage des capteurs** : 2 heures
- ▶ **Sonde SAMBAT 50108** : sonde installée sur la cage tripode du Châtelier
- ▶ **Sonde SAMBAT 50107** : sonde installée sur la cage tripode de La Lambarde

## 2.3. Déroulement des opérations

Le tableau ci-dessous rappelle les principales opérations et incidents durant cette campagne jusqu'à la dernière intervention de relève finale le 29/08/2019.

*Tableau 2.1 : Résumé des interventions sur la campagne de mesure.*

Date	Opération ou incidents
17/10/2018	Mise à l'eau des équipements sur les deux sites : La Lambarde et Le Châtelier
02/11/2018	Information sur le dysfonctionnement des serveurs de l'opérateur Orange ayant entraîné une perte des données
06/11/2018	Intervention CREOCEAN pour passer les sondes de surface en mode Data logger
22/11/2018	Intervention CREOCEAN pour repasser les sondes de surface en transmission temps réel
13/12/2018	Tentative de relève complète – remplacement sonde surface sur Le Châtelier
15/12/2018	Défaillance batterie sur sonde de surface La Lambarde
10/01/2019	Relève 1 et découverte du chalutage de la bouée sur La Lambarde
16/01/2019	Remise en place de la totalité du matériel sur La Lambarde
12/04/2019	Relève 2 sur La Lambarde et Le Châtelier
21/06/2019	Relève 3 sur La Lambarde et Le Châtelier
29/08/2019	Relève définitive de tout le matériel sur La Lambarde et Le Châtelier

L'ensemble des opérations est détaillé dans les rapports, RC1 à RC5 - Rapports de campagne (Créocéan) explicitant les différentes interventions et problèmes rencontrés lors de cette campagne de mesure.

## 2.4. Localisation des points de mouillages et de prélèvements

Le tableau et la carte ci-après indiquent les positions théoriques des bouées sur le site du Châtelier et de La Lambarde, ainsi que celles des ADCP.

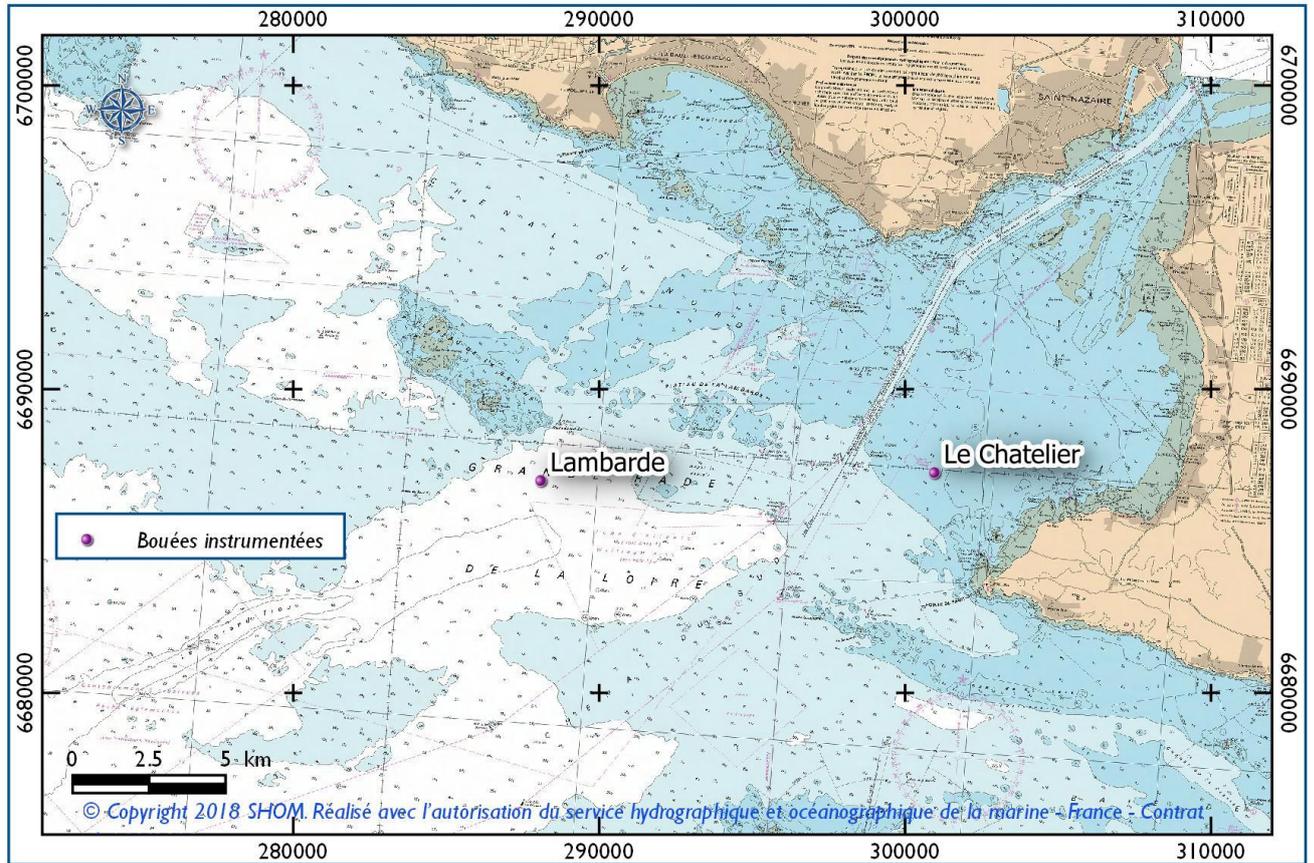


Figure 2.2 : Localisation des points de mouillage des bouées instrumentées.

Tableau 2.2 : Coordonnées géographiques des bouées instrumentées et des ADCP.

Station	LAMBARDE (25mCM de profondeur)	CHATELIER (5mCM de profondeur)
Coordonnées de la bouée instrumentée	2°26.420' W 47°09.307' N	2°16.27705' W 47°09.92346' N
Coordonnées de l'ADCP	2°26.4741' W 47°09.2846' N	2°16.2815' W 47°09.9114' N

## 3. Contrôle qualité des données mesurées

### 3.1. Données mesurées par les sondes CTD Sambat (NKE)

#### 3.1.1. Méthodologie de validation des données

La première étape du post-traitement des données consiste en un contrôle qualité dont l'objectif principal est de valider les mesures acquises et de s'assurer de leur cohérence. Pour les données issues des sondes CTD (turbidité, température, salinité, turbidité, oxygène, fluorescence), l'homogénéité des données est vérifiée et les valeurs aberrantes sont identifiées et supprimées de la série de données en calculant les déviations en valeur d'un pas de temps à l'autre. Toutes les séries temporelles sont vérifiées visuellement pour contrôler les résultats.

Un travail sur les données est également réalisé pour identifier les périodes où le fouling impacte les données. Ces périodes, parfois difficile à repérer formellement, ont été identifiées à partir des photos issues des relèves, des périodes de saturation des sondes, ainsi qu'à partir de la cohérence globale de la série de données. Il est toutefois possible que certaines périodes où les valeurs sont susceptibles d'être influencées par du fouling ait été conservées car il n'est pas toujours aisé de différencier des variations pouvant être dues à des phénomènes naturels (par exemple période de bloom ou autre) et des variations dues au fouling.

#### 3.1.2. Synthèse QAQC

Les tableaux suivants récapitulent les contrôles effectués sur les données et les principaux problèmes rencontrés ainsi que les données éliminées de la série de données.

**Tableau 3.1 : Contrôles effectués sur l'ensemble des sondes lors de la procédure de contrôle qualité.**

Contrôles effectués	Lambarde SURFACE	Chatelier SURFACE	Lambarde FOND	Chatelier FOND
Elimination des données acquises pendant les interventions	Toutes les variables	Toutes les variables	Toutes les variables	Toutes les variables
Elimination des données acquises pendant des avaries matérielles ou techniques	Panne des serveurs Orange, panne de batterie, chalutage	Panne des serveurs Orange	Chalutage	Pas d'avarie
Détection et élimination des données aberrantes à l'aide d'un filtre (moyenne glissante avec seuils)	Pression, température, salinité, oxygène dissous	Pression, température, salinité, oxygène dissous	Pression, température, salinité, oxygène dissous	Pression, température, salinité, oxygène dissous
Identification et élimination des données acquise en interférence avec du fouling	Chlorophylle a, Turbidité	Chlorophylle a, Turbidité	Turbidité	Turbidité

**Tableau 3.2 : Dates des données éliminées des séries temporelles.**

Avaries entraînant une perte de données	Lambarde SURFACE	Lambarde FOND	Chatelier SURFACE	Chatelier FOND
Dysfonctionnement des serveurs de l'opérateur Orange	du 29/10/18 au 06/11/2018		du 29/10/18 au 06/11/2018	
Défaillance de batterie	du 16/12/18 au 16/01/19			
Défaillance de la sonde chlorophylle a			du 11/12/18 au 16/01/19	
Chalutage probable des sondes	du 10/01/19 au 16/01/19	du 10/01/19 au 16/01/19		
Fouling sur le capteur de chlorophylle a	du 18/11/18 au 22/11/18 du 27/04/19 au 21/06/19		du 17/11/18 au 22/11/18 du 31/03/19 au 12/04/19 du 07/05/19 au 21/06/19 du 10/07/19 au 08/08/19	
Fouling sur le capteur de turbidité	du 18/11/18 au 22/11/18 du 27/04/19 au 21/06/19		du 17/11/18 au 22/11/18 du 07/05/19 au 21/06/19 du 10/07/19 au 08/08/19	

Dans l'ensemble, les données sont de bonne qualité et considérées comme valides malgré certains problèmes inhérents aux capteurs utilisés ou à des problèmes techniques. Après élimination des données aberrantes, les données sont moyennées sur 5min.

Les fichiers Excel fournis avec ce rapport contiennent l'ensemble des données brutes et traitées pour chaque station (Lambarde Surface, Lambarde Fond, Châtelier Surface, Châtelier Fond) ainsi que les statistiques calculées (minimum, maximum, moyenne, écart-type). Un onglet « metadata » récapitule l'ensemble des informations des différentes stations.

## 3.2. Données mesurées par ADCP

### 3.2.1. Méthodologie de validation des données

Pour la totalité des enregistrements ADCP, les données ont été extraites, validées et analysées à l'aide de scripts Matlab spécifiques développés par I-SEA.

La vérification de la qualité des données a été réalisée tout au long de l'étude :

- Lors des maintenances des courantomètres, en vérifiant qu'aucun élément extérieur (biofouling, cordage, dégradation, etc.) n'entravait le bon fonctionnement des appareils ;
- De retour au laboratoire, en analysant la qualité des données.

Les indicateurs utilisés pour estimer la qualité des données acquises par l'ADCP sont :

- La qualité des données acquises : utilisation du paramètre « Error Velocity » ;
- Les informations contenues dans le signal : utilisation du paramètre « Correlation » ;
- La puissance du signal renvoyé : utilisation du paramètre « Echo Intensity » (typiquement non valide si la valeur est inférieure à 40) ;
- La gamme des vitesses des courants (si au-delà d'un certain seuil, alors elles sont considérées comme fausses) ;
- Les paramètres d'inclinaison : Tangage, roulis et cap ;
- Les spikes correspondant à des valeurs hors normes par rapport aux mesures de la série étudiée.

### 3.2.2. Synthèse QAQC

L'ensemble des données enregistrées par les deux ADCP est globalement de très bonne qualité malgré un certain nombre de problèmes ayant pu être identifiés :

- Variations régulières de l'inclinaison et de l'orientation des ADCP, liées à des phénomènes d'affouillements ;
- Chalutage de la station de La Lambarde en janvier 2019, mais sans que la structure ne se renverse ;
- Probable présence d'araignées de mer sur les structures et sur les ADCP en hiver et au printemps, provoquant une atténuation des signaux acoustiques ;
- Défaillance du capteur de pression de l'ADCP du Châtelier entre fin juin et fin août 2019.

L'analyse de la qualité de chaque enregistrement est disponible en Annexe 1.

## 4. Étalonnage NTU/MES des sondes multi-paramètres

### 4.1. Principe

I-SEA a proposé pour cette étude un protocole de calibration MES/NTU qui lui est propre. Ce type de calibration a pleinement montré satisfaction dans le cas de calibration de multiples sondes de turbidité.

Lors de l'intervention finale de la campagne de mesures, un grand volume d'eau (40L) représentatif de la masse d'eau de la zone de mesure a été prélevé. De retour au laboratoire, les échantillons ont décanté puis la concentration en MES de ces échantillons a été augmentée artificiellement en enlevant l'eau surnageante (eau claire).

Deux échantillons d'eau étaient alors disponibles :

- Un volume d'eau claire très faiblement chargée en MES ;
- Un volume d'une eau fortement chargée en MES.

Ces échantillons conservent leurs propriétés physico-chimiques, notamment la salinité qui joue un rôle important dans la floculation des particules fines minérales et donc sur la réponse des capteurs optiques des sondes vis-à-vis des MES.

La relation MES/NTU est alors obtenue en diluant progressivement la charge en MES de la solution d'eau claire et en réalisant des mesures de NTU lors de chaque ajout d'eau limpide.

Ce type de calibration a pour principaux avantages :

- D'alléger les campagnes en mer ;
- De disposer d'un spectre large de concentrations représentatif du milieu ;
- De ne pas perdre les caractéristiques physico-chimiques de l'eau du milieu ;
- De pouvoir réaliser des calibrations MES/NTU pertinentes avec un très grand nombre d'échantillons couvrant un large spectre de MES, à partir de l'eau du milieu, de manière contrôlée en laboratoire.

## **4.2. Analyses MES des échantillons et valeurs de turbidité associées**

Au total, 156 analyses de MES ont été réalisées à la suite de 4 périodes de maintenances des stations de mesure.

Dans le détail :

- Station Lambarde, 75 échantillons avec les caractéristiques suivantes :
  - Gamme de turbidité comprise entre 0,27 et 157 NTU
  - Gamme de concentration comprise entre 1,5 et 254 mg/L
- Station Châtelier, 81 échantillons avec les caractéristiques suivantes :
  - Gamme de turbidité comprise entre 0 et 61.2 NTU
  - Gamme de concentration comprise entre 0 et 101 mg/L

Les valeurs NTU et MES correspondantes sont présentées dans le Tableau 4.1 suivant :

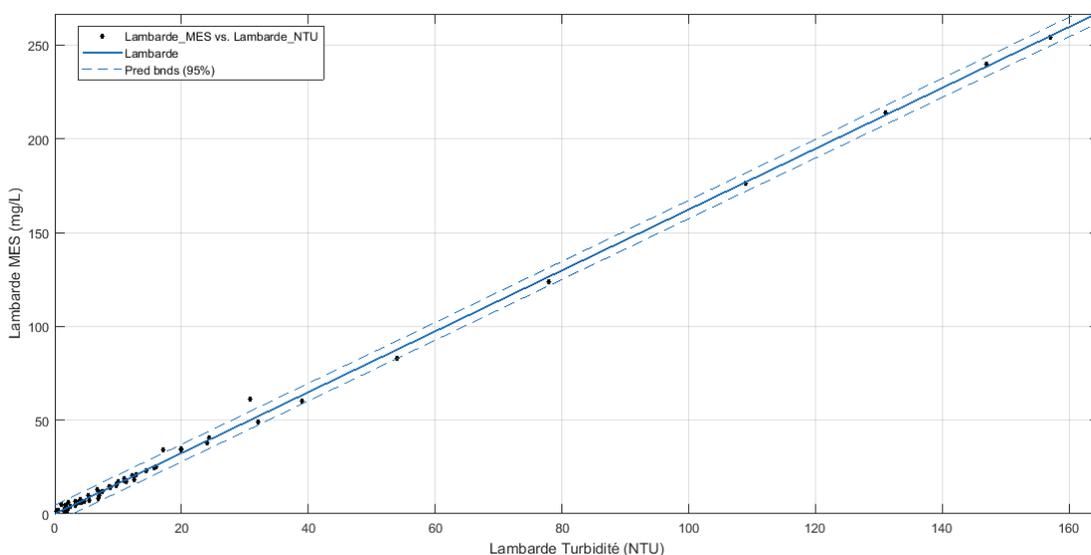
Tableau 4.1 : Valeurs NTU et MES mesurées au laboratoire d'analyse.

Date analyse	Lambarde				Chatelier			
	Echantillon	NTU	ET (NTU)	MES (mg/L)	Echantillon	NTU	ET (NTU)	MES (mg/L)
24/10/2018	MES1	30.75	0.94	61.30	MES1	0.00	0.00	0.00
	MES2	24.29	1.40	40.70	MES2	0.10	0.04	0.40
	MES3	19.90	0.90	34.70	MES3	2.70	0.21	4.20
	MES4	17.09	1.11	34.30	MES4	4.80	0.31	7.90
	MES5	12.79	0.75	21.10	MES5	6.10	0.34	8.10
	MES6	12.25	0.63	20.60	MES6	8.50	0.40	10.10
	MES7	11.27	0.93	17.40	MES7	15.00	0.53	12.20
	MES8	9.63	1.02	15.80	MES8	24.00	0.77	15.90
	MES9	8.74	0.53	14.20	MES9	14.60	0.62	21.20
	MES10	6.97	0.34	11.60	MES10	16.90	0.59	25.40
	MES11	4.64	0.24	6.80	MES11	19.10	0.54	27.90
	MES12	3.64	0.16	6.30	MES12	21.20	0.70	31.50
	MES13	3.17	0.14	4.70	MES13	23.10	0.78	33.40
	MES14	2.45	0.25	3.80	MES14	25.30	0.33	37.30
	MES15	1.89	0.09	3.10	MES15	26.36	0.80	39.20
	MES16	1.55	0.11	2.50	MES16	31.45	0.90	46.30
	MES17	1.92	0.10	2.30	MES17	33.22	1.00	51.10
	MES18	1.88	0.09	2.30	MES18	36.25	1.00	52.00
	MES19	0.59	0.09	1.60	MES19	39.65	1.00	57.80
	MES20	0.39	0.12	1.70	MES20	61.20	1.20	92.00
		MES21	0.27	0.06	1.50			
14/01/2019	1	15.70	0.41	24.60	1	0.50	0.04	0.60
	2	14.40	0.30	23.30	2	33.80	0.63	50.30
	3	12.90	0.22	21.20	3	31.50	0.79	49.80
	4	12.60	0.40	18.20	4	29.60	0.37	44.50
	5	11.00	0.67	17.80	5	27.70	0.45	42.10
	6	9.70	0.16	14.90	6	25.60	0.54	39.30
	7	8.60	0.17	14.60	7	25.70	0.46	37.90
	8	7.50	0.22	12.00	8	23.70	0.44	36.10
	9	7.00	0.20	9.90	9	21.40	0.39	31.80
	10	6.90	0.20	8.40	10	18.90	0.30	25.80
	11	5.50	0.17	7.30	11	16.90	0.35	22.70
	12	4.20	0.14	6.10	12	14.90	0.26	19.50
	13	3.70	0.10	5.90	13	13.70	0.24	18.30
	14	3.30	0.09	5.00	14	11.70	0.27	12.50
	15	1.50	0.19	1.50	15	10.40	0.23	16.50
	16	2.00	0.04	2.10	16	10.30	0.24	13.90
				17	8.30	0.25	11.90	
				18	8.30	0.15	10.70	
				19	6.50	0.10	8.40	
				20	4.80	0.16	5.10	
15/04/2019	1	157.00	2.25	254.00	1	60.00	1.38	101.00
	2	147.00	1.36	240.00	2	53.00	1.03	83.00
	3	131.00	1.56	214.00	3	46.00	0.54	75.00
	4	109.00	1.73	176.00	4	40.00	0.59	67.00
	5	78.00	0.80	124.00	5	35.00	0.30	56.00
	6	54.00	0.62	83.00	6	30.00	0.46	49.00
	7	39.00	0.56	60.00	7	27.00	0.46	43.00
	8	32.00	0.48	49.00	8	23.00	0.36	38.00
	9	24.00	0.39	38.00	9	18.00	0.32	30.00
	10	20.00	0.34	34.00	10	14.00	0.22	25.00
	11	16.00	0.33	25.00	11	10.30	0.27	17.00
	12	11.00	0.24	19.00	12	7.40	0.17	14.00
	13	10.00	0.21	17.00	13	5.60	0.12	10.60
	14	6.70	0.20	13.00	14	4.40	0.10	8.40
	15	5.30	0.10	9.70	15	3.40	0.08	6.10
	16	4.00	0.07	7.60	16	2.60	0.08	6.20
	17	3.20	0.08	6.70	17	2.00	0.10	5.60
	18	2.20	0.07	6.30	18	1.70	0.10	4.30
	19	1.60	0.16	4.60	19	1.30	0.06	1.40
	20	1.00	0.09	5.10	20	0.80	0.04	1.50
25/07/2019	1	29.00		56.00	1	21.00	1.07	39.00
	2	29.00	1.65	57.00	2	20.00	0.90	39.00
	3	26.00	1.00	50.00	3	21.00	0.74	38.00
	4	24.00	1.52	46.00	4	15.00	0.35	31.00
	5	20.00	0.93	36.00	5	13.00	0.56	26.00
	6	18.00	0.77	34.00	6	11.00	0.59	23.00
	7	15.00	0.47	30.00	7	11.00	0.34	27.00
	8	13.00	0.39	29.00	8	10.00	0.27	13.00
	9	10.00	0.45	24.00	9	9.00	0.32	17.00
	10	8.00	0.40	20.00	10	9.00	0.26	17.00
	11	8.00	0.80	19.00	11	8.30	0.35	21.00
	12	5.40	0.52	16.00	12	7.70	0.23	8.00
	13	4.60	0.30	15.00	13	7.30	0.29	7.30
	14	3.90	0.27	13.00	14	6.30	0.25	6.30
	15	3.30	0.49	13.00	15	5.60	0.27	6.20
	16	2.50	0.31	11.00	16	4.80	0.23	5.90
	17	2.00	0.25	8.50	17	4.60	0.20	3.10
	18	1.80	0.15	7.80	18	3.80	0.23	4.00
					19	2.60	0.11	2.20
					20	2.10	0.08	2.00
					21	1.30	0.12	1.80

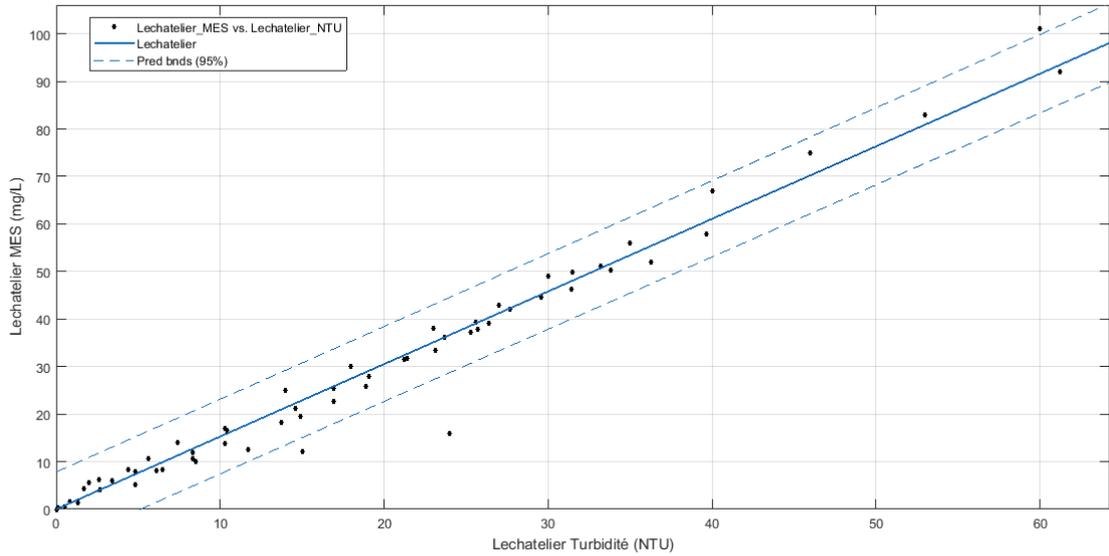
### 4.3. Détermination des relations MES/NTU pour chacune des sondes

Les Figure 4.1 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** à Figure 4.3 présentent les courbes d'étalonnages MES/NTU pour La Lambarde, Le Châtelier et La Lambarde + Le Châtelier.

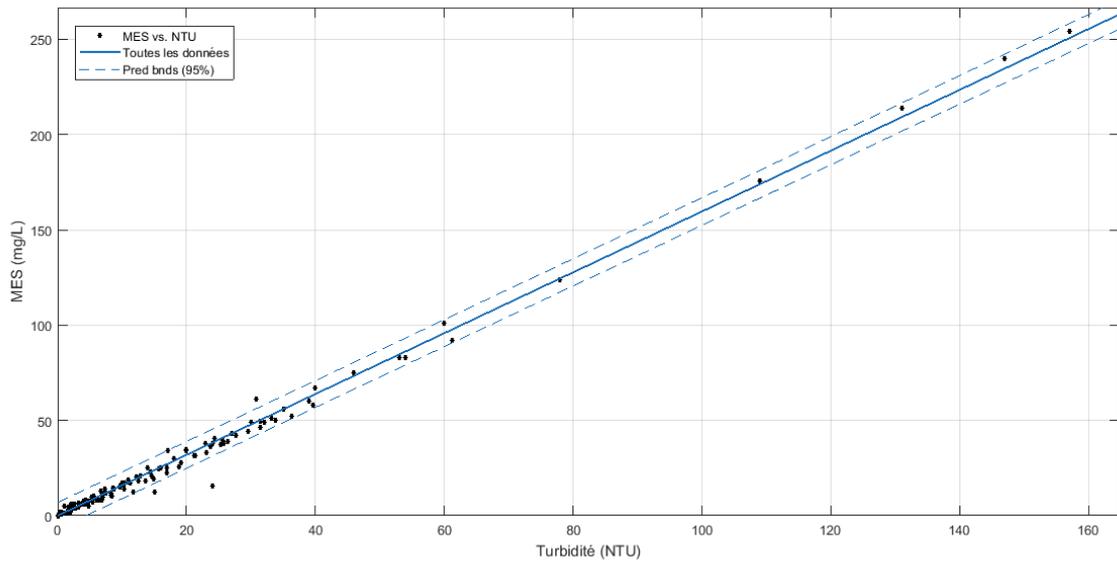
Le Tableau 4.2 indique les équations des relations MES/NTU pour La Lambarde, Le Châtelier et La Lambarde + Le Châtelier.



**Figure 4.1 : Corrélation des valeurs NTU et MES pour La Lambarde.**



**Figure 4.2 : Corrélation des valeurs NTU et MES pour Le Châtelier.**



**Figure 4.3 : Corrélation des valeurs NTU et MES pour La Lambarde et Le Châtelier.**

**Tableau 4.2 : Modèle d'équation NTU/MES pour chacun des sites et indicateurs de qualité des équations obtenues.**

Site	Lambarde	Chatelier	Lambarde + Chatelier
<b>Type d'équation</b>	$f(x) = a \cdot x$	$f(x) = a \cdot x$	$f(x) = a \cdot x$
<b>Coefficients</b> (intervalle de confiance à 95%)	a = 1.623 (1.608, 1.638)	a = 1.527 (1.485, 1.569)	a = 1.597 (1.577, 1.616)
<b>Indicateurs de qualité des équations</b>	SSE: 301.2	SSE: 907	SSE: 1442
	R-square: 0.9983	R-square: 0.9726	R-square: 0.9933
	Adjusted R-square: 0.9983	Adjusted R-square: 0.9726	Adjusted R-square: 0.9933
	RMSE: 2.319	RMSE: 3.921	RMSE: 3.526

À la vue des résultats pour chacun des sites, il apparaît qu'il est possible de combiner l'ensemble des mesures MES/NTU de chaque site pour obtenir une relation générale.

Le modèle d'équation retenu est alors très bon (de type  $y = ax$ ) :

$$C_{mes} = 1.597 \times NTU$$

La dispersion des points autour de ce modèle est très faible ( $R^2 = 0.9933$ ).

Ce modèle mathématique a été appliqué sur toutes les mesures de turbidité enregistrées (surface et fond) lors de la campagne de mesures par chacune des sondes, afin de déterminer les concentrations en matières en suspension.

## **4.4. Détermination des quantités de MES par ADCP**

La méthode d'inversion nécessite une calibration des données afin d'être adaptée au milieu étudié. En effet, la première phase de la boucle d'inversion nécessite, pour recalibrer les calculs par rapport au milieu étudié, de donner les paramètres de la droite d'interpolation reliant l'indice de rétrodiffusion IV à la concentration M.

Pour réaliser cela, il faut tracer les concentrations obtenues grâce à l'ensemble des mesures indépendantes (prélèvements d'eau ou mesures optiques) en fonction de l'indice de rétrodiffusion calculé par inversion simple (en négligeant le coefficient d'amortissement lié à la présence de particules) et correspondant au moment de prise de la mesure indépendante.

L'ensemble des mesures optiques récoltées par les sondes multi-paramètres du fond (hors période de saturation des capteurs ou de mesures aberrantes) a été utilisé pour constituer la base de données.

L'algorithme de calibration construit pour la chaîne de traitements effectue cette mise en relation des mesures de référence avec les profils ADCP. Il trace le nuage de points obtenus ainsi que la droite d'interpolation correspondante.

#### 4.4.1. Station La Lambarde

La relation unissant les quantités de MES avec les mesures de rétrodiffusion de l'ADCP de La Lambarde est la suivante :

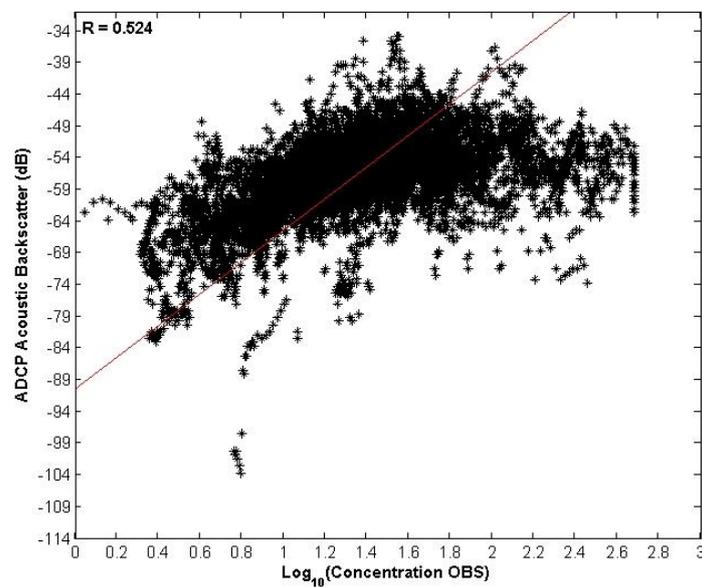
$$\text{Log}_{10}(C_{\text{MES}}) = 3.615 + 0.04 \times I \quad (R^2 = 0,524)$$

Avec :

$C_{\text{MES}}$ , la concentration de MES en mg/L

$I$ , en dB

La dispersion des points autour de la droite de régression linéaire est correcte, avec un  $R^2=0,524$ .



**Figure 4.4 : Relation entre le log10 des concentrations en MES déterminées à partir du turbidimètre optique et de l'intensité du signal acoustique (I) de l'ADCP de La Lambarde.**

#### 4.4.2. Station Le Châtelier

La relation unissant les quantités de MES avec les mesures de rétrodiffusion de l'ADCP du Châtelier est la suivante :

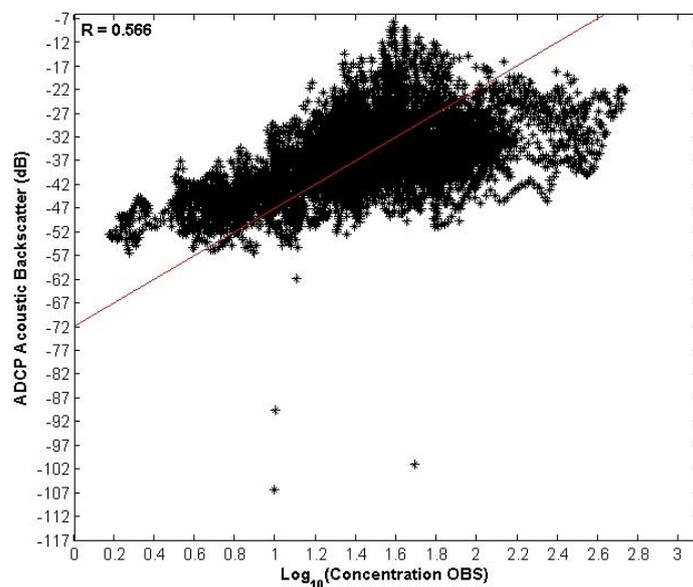
$$\text{Log}_{10}(C_{\text{MES}}) = 2.871 + 0.04 \times I \quad (R^2 = 0,566)$$

Avec :

$C_{\text{MES}}$ , la concentration de MES en mg/L

$I$ , en dB

La dispersion des points autour de la droite de régression linéaire est correcte, avec un  $R^2=0,566$ .



**Figure 4.5 : Relation entre le log10 des concentrations en MES déterminées à partir du turbidimètre optique et de l'intensité du signal acoustique (I) de l'ADCP du Châtelier.**

## 5. Présentation et analyse des données

### 5.1. Préambule

Les données présentées dans les paragraphes suivants et analysées sont :

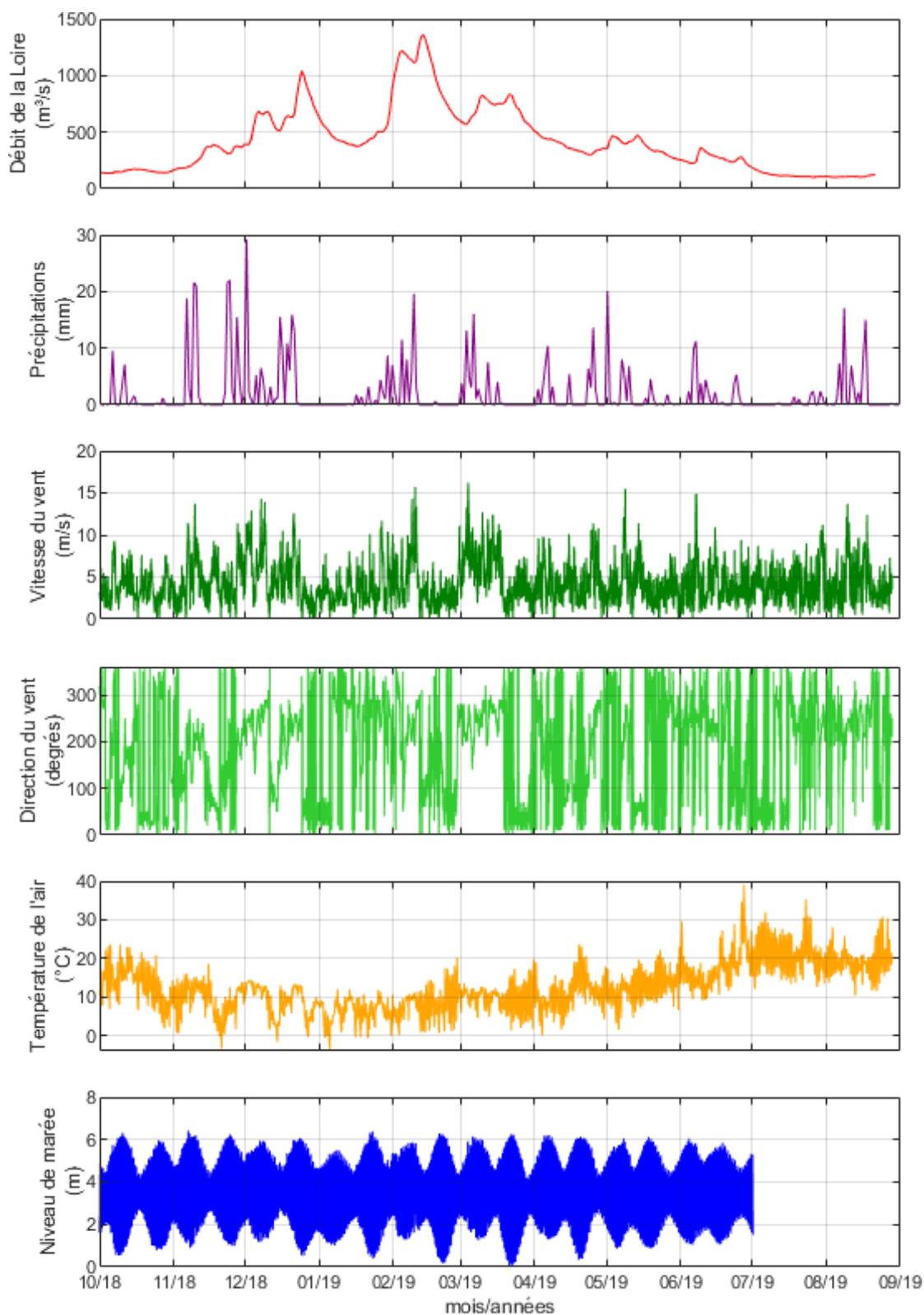
- Des données issues du contexte hydrologique et météo-océanographique de la zone d'étude permettant d'améliorer l'analyse des données mesurées (vent, débit, pluviométrie, température de l'air, ...)
- Des données physico-chimique mesurées par les sondes multiparamètres Sambat (NKE) sur les stations Lambarde et Châtelier : température, salinité, oxygène dissous, fluorescence et turbidité présentées sous formes de séries temporelles et accompagnées de statistiques sur l'ensemble de la période et de statistiques mensuelles (minimum, maximum, moyenne, écart-type) ;
- Des données sur les conditions hydrodynamiques et les conditions d'agitation mesurées par les ADCP sur les stations Lambarde et Châtelier : vagues, courants, niveaux présentés sous forme de graphiques des séries temporelles et sous formes de roses et accompagnées de statistiques pour chaque période (minimum, maximum, moyenne, écart-type) ;
- De données en MES estimées à partir des mesures ADCP et de l'étalonnage NTU/MES des sondes multi-paramètres.

### 5.2. Contexte hydrologique et météo-océanique

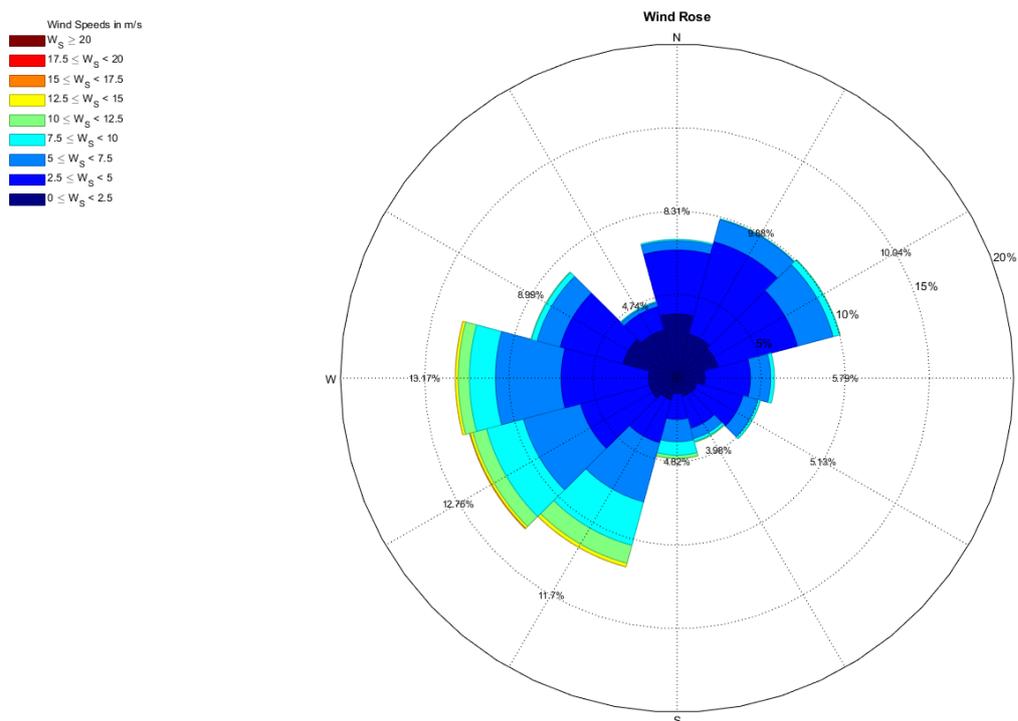
#### 5.2.1. Séries temporelles

Les graphiques ci-dessous présentent les données issues du contexte hydrologique et météo-océanique. Il s'agit :

- Des données météorologiques (Température de l'air, Intensité et direction du vent) fournies par Météo-France ;
- Des données de pluviométrie (Issues du site Météociel, pluviométrie sur 24h) ;
- Des données de marées téléchargées sur le site du SHOM (REFMAR) ;
- Des données de débits de la Loire issues du site de la banque hydro à la station Montjean-sur-Loire.



**Figure 5.1 : Séries temporelles des données issues du contexte météo-océanographique (débits, précipitations, vent, température de l'air, marée).**



**Figure 5.2 : Rose des vents à la station de Saint-Nazaire Montoir.**

## 5.2.2. Analyse des données

### Marée

Dans le Golfe de Gascogne, la marée est de type semi-diurne, avec deux pleines mers et deux basses mers d'importances sensiblement égales par jour. La propagation de la marée est conditionnée par la morphologie des fonds, la bathymétrie et la configuration du linéaire côtier.

Les niveaux de marée (mCM) au niveau de Saint-Nazaire sont synthétisés dans le tableau suivant (SHOM, 2016) :

	Plus Hautes Mers Astronomiques (PHMA)	Pleines Mers de Vives-Eaux (PMVE)	Pleines Mers de Mortes-Eaux (PMME)	Niveau Moyen (NM)	Basses Mers de Mortes-eaux (BMME)	Basses Mers de Vives-Eaux (BMVE)	Plus Basses Mers Astronomiques (PBMA)
<b>Saint-Nazaire (mCM)</b>	6.59	5.85	4.65	3.57	2.2	0.85	-0.02

On note pendant la période de mesure des coefficients de marée allant jusqu'à 115 (21/02 et le 22/03/19).

### **Pluviométrie**

Les précipitations montrent les mois de novembre et décembre 2018 comme les mois les plus pluvieux avec un épisode particulièrement important le 01 décembre 2018 (29.2mm/24h). Les données montrent également quelques épisodes avec des précipitations autour de 20mm/24h le 09/11/18, le 23/11/18, le 09/02/19, le 01/05/19 et le 08/08/19. La période entre fin juin et début août 2019 est particulièrement sèche.

### **Débits de la Loire à Montjean-sur-Loire**

Les débits de la Loire sont inférieurs à 200 m<sup>3</sup>/s d'octobre 2018 à novembre 2018 ainsi que de juillet 2019 à fin août 2019. Les débits maximaux sont observés du 02 au 13 février 2019 (jusqu'à 1360 m<sup>3</sup>/s) mais restent dans les moyennes classiques hivernales. Les débits maximaux peuvent en effet atteindre jusqu'à 6300m<sup>3</sup>/s.

### **Température de l'air**

Les températures de l'air montrent des variations saisonnières avec des températures plus fraîches en hiver (jusqu'à -4°C le 21/11/18 et le 05/01/19) et des températures particulièrement chaudes fin juin (39.1°C sous abri). Des variations journalières avec alternance jour/nuit sont également visibles et plus particulièrement en été.

### **Vents**

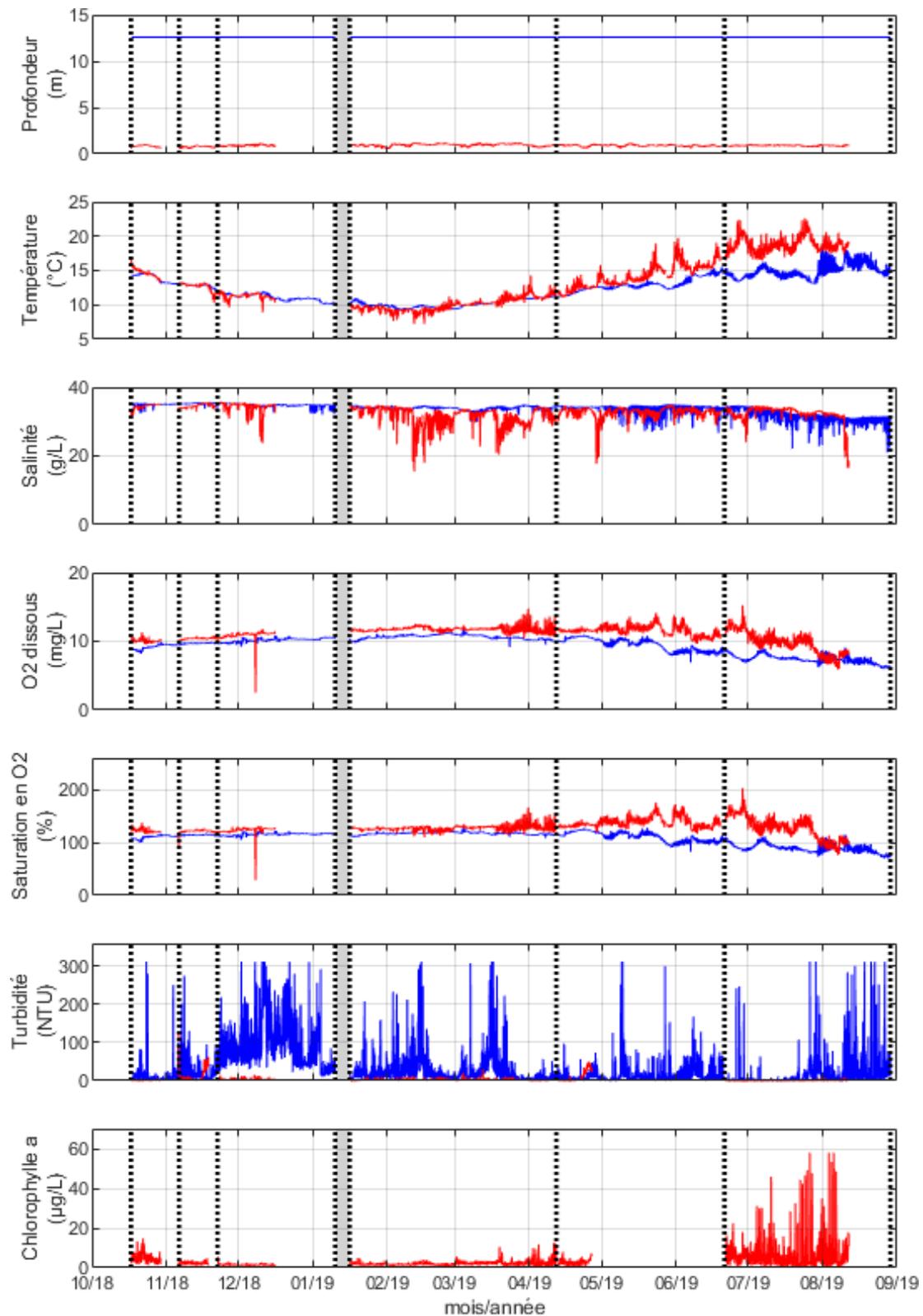
Les vents mesurés à la station Météo-France de Saint-Nazaire Montoir sont majoritairement des vents d'Ouest et de Sud-Ouest qui présentent les intensités les plus élevées (jusqu'à 16m/s). Les vents de Nord à Nord-Est sont également importants mais avec des intensités moins élevées (jusqu'à 12m/s). Les intensités les plus fréquentes sont comprises entre 2 et 6m/s avec sur la période des valeurs majoritairement inférieures à 10m/s. L'évènement le plus intense (16.2m/s- Vent de Sud-ouest) est observé le 4/03/19. Des épisodes de vents d'Ouest/Sud-Ouest sont également visibles le 08/05/19 (15.5m/s), le 07/06/19 (15m/s), le 10/02/19 (15.7m/s), le 07/12/18 (14.3m/s). Les épisodes de vent d'Est sont moins intenses, un évènement est visible le 14/05/19 avec 11.4m/s.

## **5.3. Paramètres physico-chimiques**

### **5.3.1. Séries temporelles et statistiques sur l'ensemble de la campagne**

#### **5.3.1.1. Lambarde**

Les figures ci-dessous présentent les séries temporelles des différents paramètres physico-chimiques mesurés au fond et en surface à la station Lambarde ainsi que les statistiques calculées sur l'ensemble de la période. Les statistiques mensuelles sont disponibles en Annexe 2.



**Figure 5.3 : Séries temporelles des paramètres physico-chimiques mesurés pendant la campagne à La Lambarde. En bleu, les valeurs au fond et en rouge en surface.**

**Tableau 5.1 : Statistiques sur les paramètres physico-chimiques sur toute la période de mesure pour la station Lambarde surface.**

Statistiques sur l'ensemble de la campagne				
MOY 5min				
	lambarde surface			
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>mean</i>	<i>std</i>
Température (°C)	7.22	22.63	13.38	3.40
Salinité (g/L)	15.50	35.72	32.62	2.32
Oxygène dissous (mg/L)	2.53	15.24	11.06	1.18
Saturation en Oxygène dissous (%)	29.12	203.01	129.28	12.97
Turbidité (NTU)	0.00	129.25	3.17	6.52
Chlorophylle a (µg/L)	0.15	57.92	2.91	2.94
Matières En Suspension (mg/L)	0.00	206.41	3.38	8.83

**Tableau 5.2 : Statistiques sur les paramètres physico-chimiques sur toute la période de mesure pour la station Lambarde fond.**

Statistiques sur l'ensemble de la campagne				
MOY 5min				
	lambarde fond			
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>mean</i>	<i>std</i>
Température (°C)	9.26	17.99	12.35	1.96
Salinité (g/L)	21.03	35.51	33.88	1.33
Oxygène dissous (mg/L)	5.98	11.68	9.44	1.32
Saturation en Oxygène dissous (%)	69.45	127.89	108.77	12.36
Turbidité (NTU)	0.00	312.14	27.31	45.76
Chlorophylle a (µg/L)				
Matières En Suspension (mg/L)	0.00	498.48	42.64	72.55

### 5.3.1.2. Station Le Châtelier

Les figures ci-dessous présentent les séries temporelles des différents paramètres physico-chimiques mesurés au fond et en surface à la station du Châtelier ainsi que les statistiques calculées sur l'ensemble de la période. Les statistiques mensuelles sont disponibles en Annexe 2.

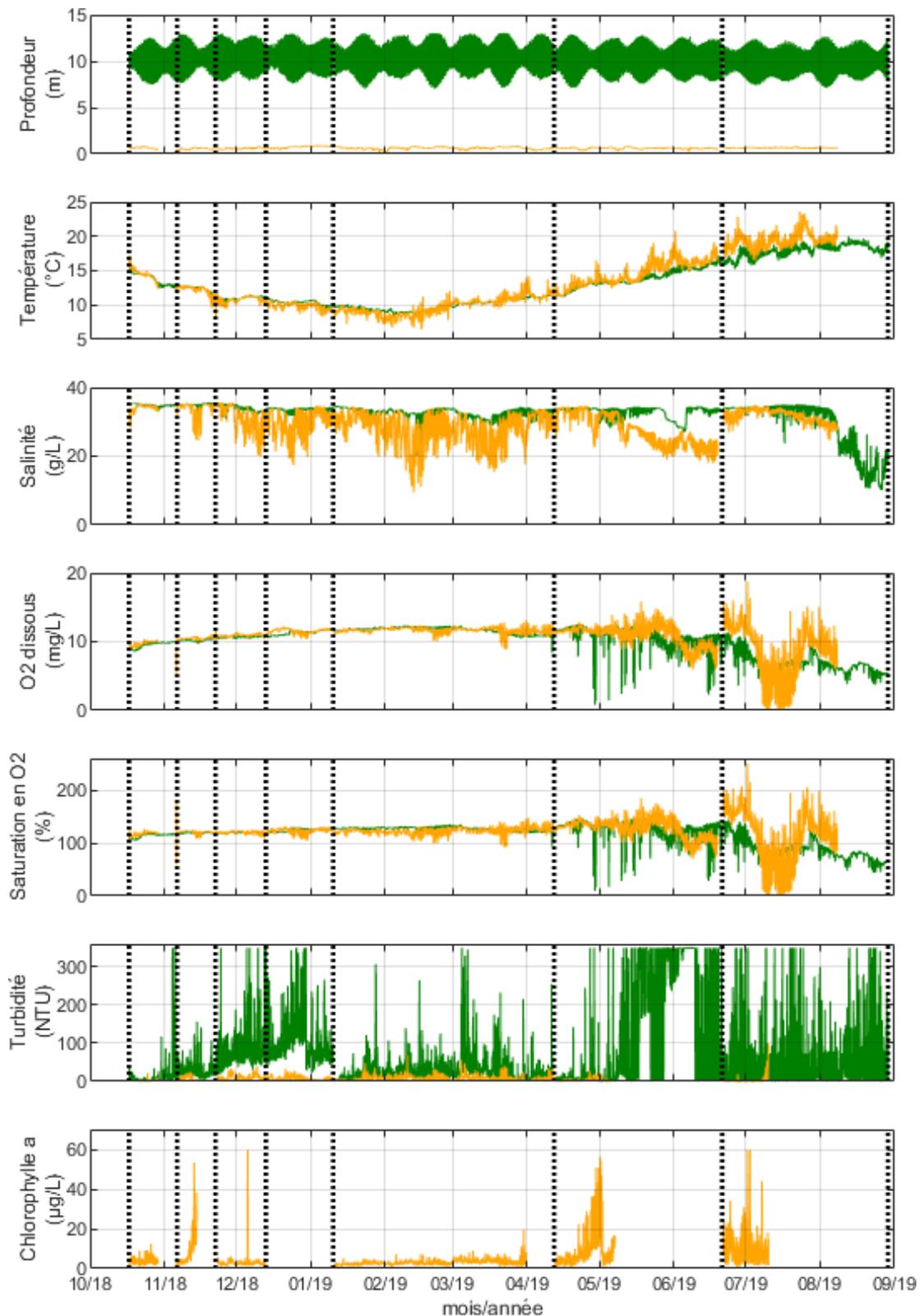


Figure 5.4 : Séries temporelles des paramètres physico-chimiques mesurés pendant la campagne. En vert, les valeurs à la station Châtelier Fond et en jaune à la station Châtelier Surface.

**Tableau 5.3 : Statistiques sur les paramètres physico-chimiques sur toute la période de mesure pour la station Châtelier surface.**

Statistiques sur l'ensemble de la campagne				
MOY 5min				
	chatelier surface			
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>mean</i>	<i>std</i>
Température (°C)	6.43	23.61	13.00	3.72
Salinité (g/L)	9.44	35.63	29.61	4.26
Oxygène dissous (mg/L)	0.01	18.76	10.76	1.95
Saturation en Oxygène dissous (%)	0.10	251.15	121.94	21.37
Turbidité (NTU)	0.00	99.71	6.28	5.73
Chlorophylle a (µg/L)	0.03	59.55	4.53	4.78
Matières En Suspension (mg/L)	0.00	159.23	6.90	8.90

**Tableau 5.4 : Statistiques sur les paramètres physico-chimiques sur toute la période de mesure pour la station Châtelier fond.**

Statistiques sur l'ensemble de la campagne				
MOY 5min				
	chatelier fond			
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>mean</i>	<i>std</i>
Température (°C)	8.51	20.09	13.03	3.15
Salinité (g/L)	10.10	35.57	32.44	4.22
Oxygène dissous (mg/L)	0.82	12.86	10.20	1.96
Saturation en Oxygène dissous (%)	9.57	155.50	117.61	19.01
Turbidité (NTU)	0.14	349.79	50.67	84.99
Chlorophylle a (µg/L)				
Matières En Suspension (mg/L)	0.00	558.62	80.58	135.55

### 5.3.2. Analyse des résultats

#### ▪ Température

La mesure des températures en mer montre des variations saisonnières suivant les mêmes tendances que la température de l'air avec des températures plus fraîches en hiver (jusqu'à 7-8°C au mois de février 2019) et des températures particulièrement chaudes fin juin et fin juillet (jusqu'à 22°C en surface sur La Lambarde et Châtelier). Les débits les plus élevés observés en février 2019 concordent avec les températures les plus fraîches, et avec une température moins élevée à la station du Châtelier située plus près de l'embouchure de la Loire. Une plus grande variabilité des températures de surface est observée.

Au niveau de la station du Châtelier, on observe une thermocline sur la saison estivale avec des températures plus chaudes en surface (environ 5°C de différence entre le fond et la surface sur les événements les plus chauds). Toutefois, quelques événements exceptionnels avec des eaux bien mixées sont visibles, le 07/06 par exemple (vent de sud-ouest, 15 m/s). Sur la saison hivernale, il est observé :

- soit des eaux bien mixées sur la colonne d'eau (températures identiques en surface et au fond),
- soit des eaux de surface plus fraîches (probablement lié aux pluies et/ou aux apports de la Loire).

Le changement de régime hivernal/estival est observé vers les mois de mars/avril 2019.

Au niveau de La Lambarde, les mêmes tendances sont observées, toutefois la thermocline est bien plus marquée qu'à la station Châtelier (jusqu'à 9°C de différence). On observe également, qu'au fond, les eaux sont plus fraîches à La Lambarde sur la saison estivale (de mi-mars à fin août 2019, et jusqu'à fin octobre). Inversement sur la saison estivale les eaux sont plus fraîches sur Châtelier. En surface, les températures entre les deux stations sont plus proches, avec toutefois des températures un peu plus chaudes sur La Lambarde en hiver, et un peu plus fraîches sur La Lambarde en été.

#### ▪ Salinité

Au niveau de la station Châtelier, les données de surface montrent des variations importantes de salinité qui sont corrélées aux augmentations des débits de la Loire (fin décembre 2018, mi-février 2019, mi-mars 2019) mais également aux marées bien que dans une moindre mesure. Les variations journalières de salinité au fond sont quant à elles surtout corrélées aux marées avec un maximum de salinité à marée haute quand les courants sont rentrant vers l'estuaire de la Loire.

Au fond, les valeurs de salinité sont majoritairement comprises entre 30 et 35 PSU. Toutefois, certains épisodes de diminution rapide de la salinité à environ 20 PSU sont observés notamment lors des débits importants de la Loire de février 2019, à la fin de la période de mesure (à partir du 04/08/2019) où la salinité descend jusqu'à 15/-20 PSU au fond et en surface. Il est difficile de conclure sur ces valeurs mais la station Châtelier étant proche de l'estuaire, ces valeurs ne semblent pas être anormales.

Au niveau de La Lambarde, les mêmes tendances sont visibles avec des variations de salinité plus importantes en surface qu'au fond, corrélées aux débits de la Loire. Les variations de salinité sont aussi corrélées avec la marée, surtout au fond, avec des variations journalières sur des marées de vives-eaux et très peu de variations sur les marées de mortes-eaux. La salinité de surface est globalement moins élevée que celle du fond mais avec moins de différence par rapport à Châtelier, et avec plus de périodes où les eaux sont bien mixées.

- **Oxygène dissous**

Les tendances générales montrent une augmentation de l'oxygène dissous pendant la période hivernale et une diminution pendant la période estivale sur l'ensemble des mesures. L'oxygène a tendance à diminuer lorsque la température de l'eau est élevée et que la matière organique est remise en suspension car la dégradation de la matière organique consomme de l'oxygène et les températures élevées favorisent cette dégradation en diminuant la solubilité de l'oxygène dans l'eau.

Les débits élevés de la Loire quant à eux favorisent le renouvellement des eaux, l'agitation et donc la réoxygénation par aération de la colonne d'eau. Les valeurs de concentrations en oxygène dissous sont globalement du même ordre de grandeur exceptée sur la station de La Lambarde au fond où la concentration en oxygène dissous est moins élevée.

Au niveau de la station Châtelier, la concentration en oxygène dissous est légèrement plus élevée en surface qu'au fond excepté sur la période hivernale de janvier à mars 2019. De grandes variations en surface et au fond sont observées sur la période estivale à partir de mai 2019 avec une période d'anoxie sur juillet probablement liée aux températures très élevées de l'eau.

Au niveau de La Lambarde, des différences plus importantes sont observées entre le fond et la surface (concentrations en oxygène en surface plus importantes d'environ 0.5mg/l excepté en août 2019 où des valeurs similaires sont observées).

- **Fluorescence**

Les données de fluorescence ne sont mesurées que sur les stations de surface. Toutefois, les capteurs de mesure de la fluorescence sont très sensibles au fouling et certaines périodes ont été supprimées de la série de données. Sur les périodes où les deux jeux de données sont disponibles (octobre 2018 - mai 2019, fin juin 2019- mi-juillet 2019), la fluorescence est majoritairement supérieure à la station Châtelier ce qui indique une production phytoplanctonique plus importante qu'à La Lambarde, probablement liée à des apports en nutriments plus importants de la Loire sur cette zone. Une réelle augmentation de la fluorescence est visible à partir de mai quand la production phytoplanctonique augmente fortement avec l'ensoleillement de la saison estivale. Sur le reste de l'année les valeurs sont globalement inférieures à 10µmg/l. Les augmentations de fluorescence sont majoritairement corrélées avec la marée basse.

Au niveau de Châtelier, les augmentations notables de fluorescences (>10 µmg/l) sont visibles mi-novembre (ce qui peut être dû à un bloom d'automne qui est corrélé avec une légère augmentation de l'oxygène dissous), fin mars 2019, fin mai 2019 et juin 2019 (période de production phytoplanctonique importante). Au niveau de La Lambarde, les augmentations notables de fluorescences sont visibles fin octobre 2018, mi-avril 2019, et de fin juin 2019 à fin août 2019.

- **Turbidité**

En surface, les données de turbidité sont moins élevées qu'au fond avec des valeurs généralement inférieures à 50 NTU. Les valeurs de turbidité à la station Châtelier restent plus élevées que celles enregistrées à La Lambarde (majoritairement inférieures à 20 NTU). Les pics de turbidité sont très souvent liés à l'étalement de marée basse.

Au fond les valeurs de turbidité satureront régulièrement, il est possible que les sondes soient trop proches du fond avec des remises en suspension très fréquentes. Il est ainsi complexe pour ces sondes de fond de conclure clairement sur les tendances observées. Toutefois, dans les paragraphes suivants ces données de turbidités seront analysées en regard des concentrations en MES.

## 5.4. Conditions hydrodynamiques

Les conditions hydrodynamiques et les conditions d'agitation mesurées par les ADCP sont présentées dans les paragraphes ci-dessous par période de mesure.

### 5.4.1. Station La Lambarde

#### 5.4.1.1. Période d'Octobre 2018 à Janvier 2019

Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent les données de hauteur d'eau, de vagues (Hs, Tp et Dp) et de courant (CM) pour la station de La Lambarde.

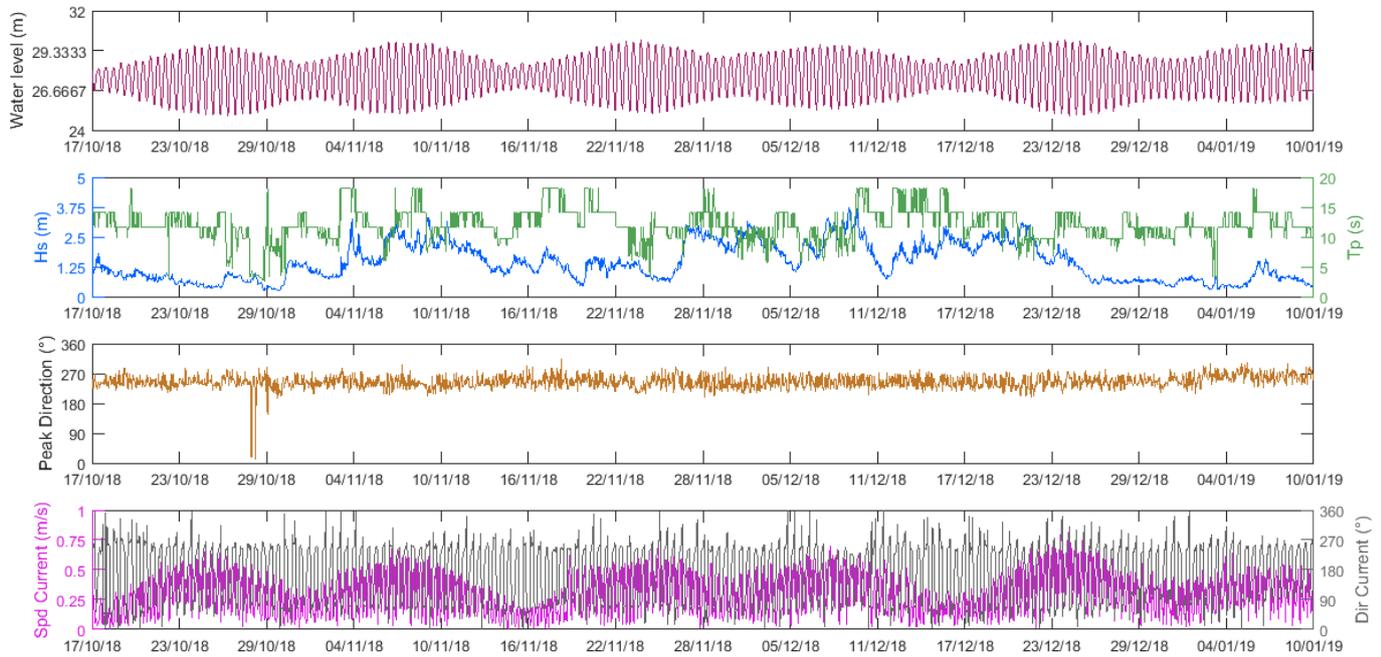
Le tableau suivant donne les moyennes, maximums et minimums pour l'ensemble de la période de mesure sur la station de La Lambarde.

**Tableau 5.5 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la première période.**

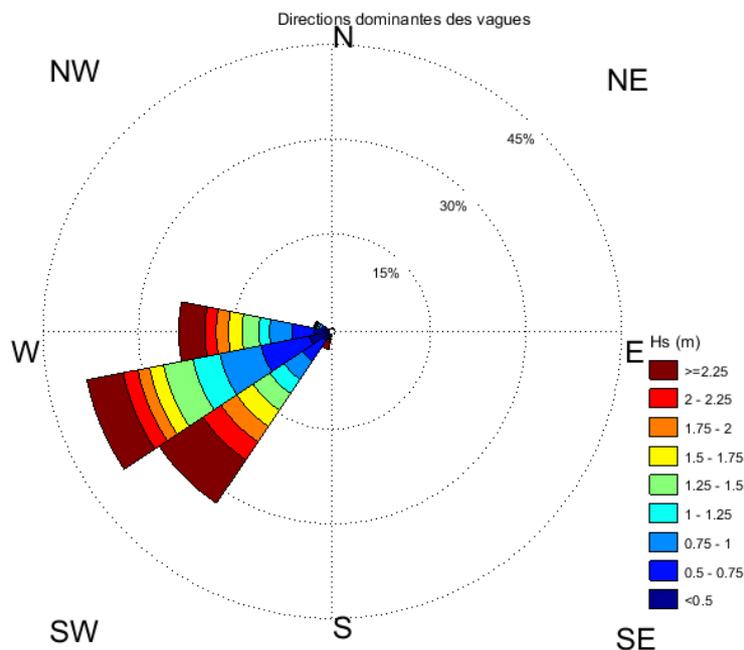
Paramètre	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-type
Hauteur d'eau (H en m)	24.24	26.94	29.30	1.29
Hauteur significative des vagues – (Hs en m)	0.24	1.44	3.77	0.77
Direction au pic (Dp en °/N)	10	245	313	21
Période au pic (Tp en s)	2.6	12.1	18.1	2.8
Vitesse moyenne des courants sur la colonne d'eau (CM en m/s)	0.002	0.284	0.816	0.160

Les données montrent une hauteur moyenne des vagues relativement peu importante pour cette période de l'année (1,44 m). La période moyenne est de 12,1 s, correspondant à de la houle de période moyenne à longue. Les vagues n'excèdent pas 3,8 m de hauteur significative. Les vagues proviennent principalement du secteur Ouest-Sud-Ouest et les hauteurs comprises entre 2,25 et 3,8 m sont présentes 19,5% du temps.

Concernant les courants, les vitesses intégrées sur la verticale sont comprises entre 0 et 0,82 m/s. Les maximums sont rencontrés en période de vive-eau et en fin de jusant.



**Figure 5.5 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station de La Lambarde pour la période d'Octobre 2018 à Janvier 2019.**



**Figure 5.6 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station de La Lambarde.**

#### 5.4.1.2. Période de Janvier 2019 à Avril 2019

Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent les données de hauteur d'eau, de vagues (Hs, Tp et Dp) et de courant (CM) pour la station de La Lambarde.

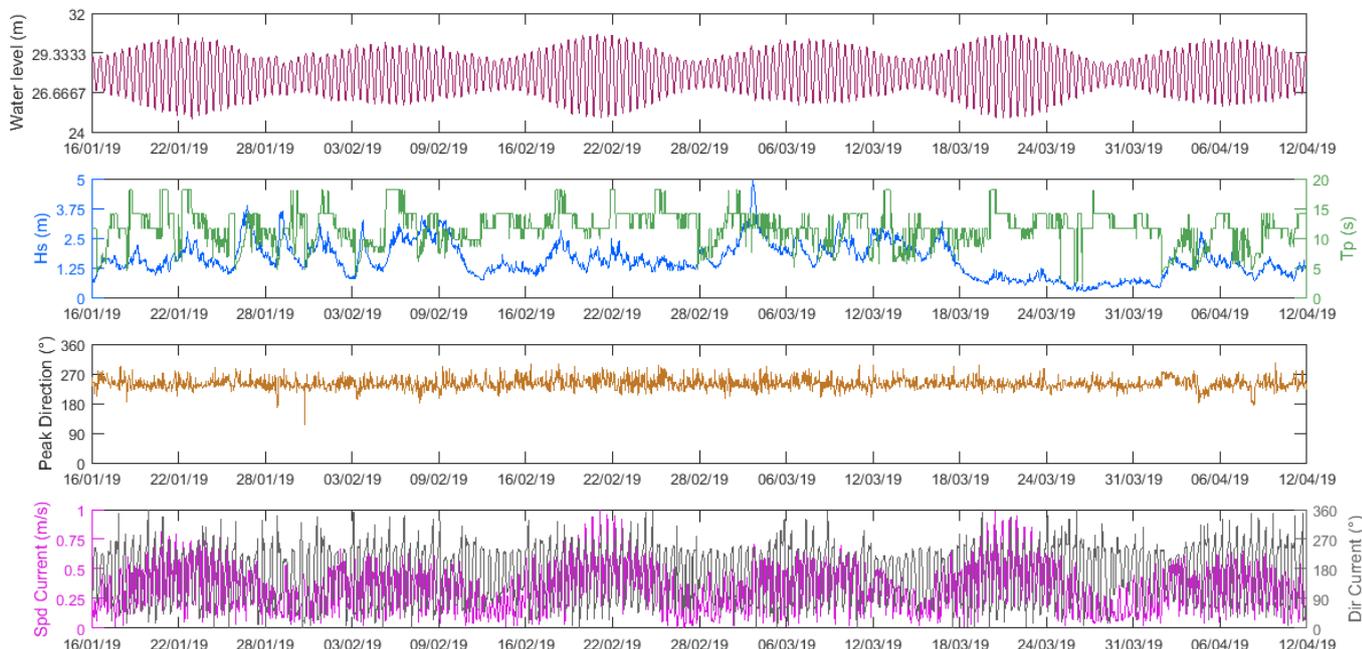
Le tableau suivant donne les moyennes, maximums et minimums pour l'ensemble de la période de mesure sur la station de La Lambarde.

**Tableau 5.6 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la deuxième période.**

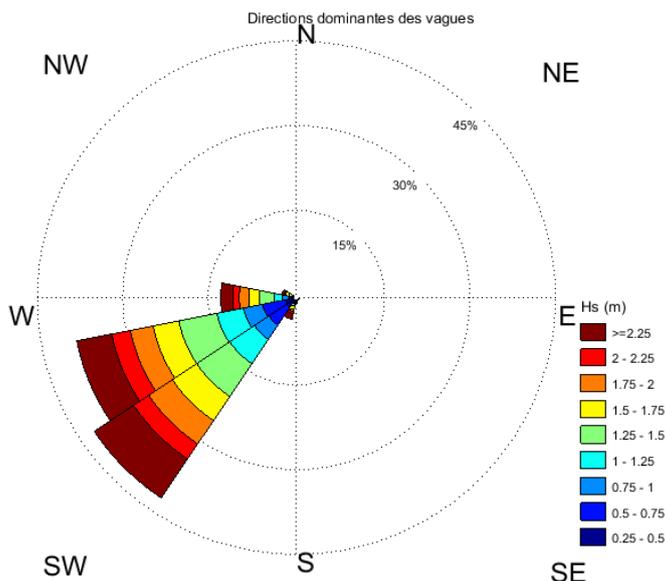
Paramètre	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-type
Hauteur d'eau (H en m)	24.14	27.29	29.95	1.34
Hauteur significative des vagues – (Hs en m)	0.26	1.60	5.75	0.72
Direction au pic (Dp en °/N)	115	240	303	17
Période au pic (Tp en s)	2.4	11.7	18.1	3.0
Vitesse moyenne des courants sur la colonne d'eau (CM en m/s)	0.001	0.321	1.001	0.182

Les données montrent une hauteur moyenne des vagues de l'ordre de 1,60 m. La période moyenne est de 11.7 s, correspondant à de la houle de période moyenne à longue. Les vagues atteignent 5,75 m de hauteur significative, correspondant à une tempête le 03-04 mars 2019. Les vagues proviennent principalement du secteur Sud-Ouest et les hauteurs comprises entre 2,25 et 5,75 m sont présentes 18,3% du temps.

Au niveau des courants, les vitesses intégrées sur la verticale sont comprises entre 0 et 1 m/s. Les maximums sont rencontrés en période de vive-eau et en fin de jusant.



**Figure 5.7 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station de La Lambarde pour la période de janvier 2019 à avril 2019.**



**Figure 5.8 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station de La Lambarde.**

### 5.4.1.3. Période d'Avril 2019 à Juin 2019

Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent les données de hauteur d'eau, de vagues (Hs, Tp et Dp) et de courant (CM) pour la station de La Lambarde.

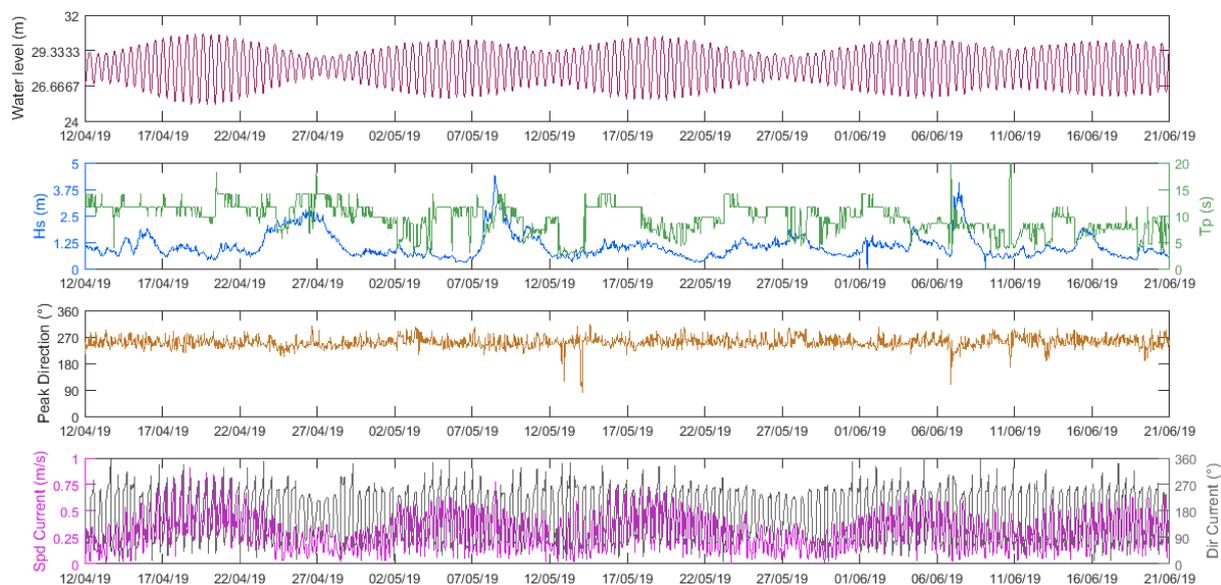
Le tableau suivant donne les moyennes, maximums et minimums pour l'ensemble de la période de mesure sur la station de La Lambarde.

**Tableau 5.7 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la troisième période.**

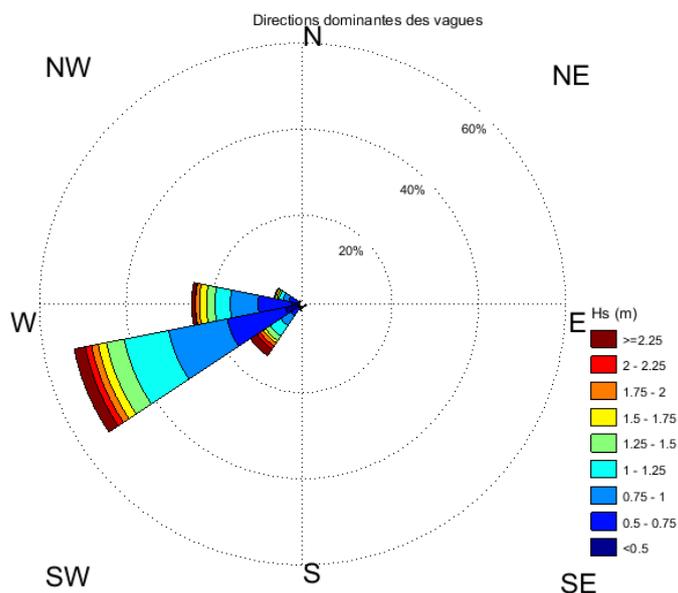
Paramètre	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-type
Hauteur d'eau (H en m)	24.48	27.43	29.89	1.31
Hauteur significative des vagues – (Hs en m)	0.27	1.07	4.4	0.58
Direction au pic (Dp en °/N)	82	252	314	20
Période au pic (Tp en s)	2.6	9.6	25.3	2.8
Vitesse moyenne des courants sur la colonne d'eau (CM en m/s)	0.006	0.295	0.907	0.161

Les données montrent une hauteur moyenne des vagues de l'ordre de 1,07 m. La période moyenne est de 9,6 s, correspondant à de la houle de période moyenne. Les vagues atteignent 4,4 m de hauteur significative au maximum, correspondant à une tempête le 8 mai 2019. Les vagues proviennent principalement du secteur SO à O et les hauteurs comprises entre 2,25 et 5,75 m sont présentes 5,6 % du temps.

Au niveau des courants, les vitesses intégrées sur la verticale sont comprises entre 0 et 0,9 m/s. Les maximums sont rencontrés en période de vive-eau et en fin de jusant.



**Figure 5.9 :** Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station de La Lambarde pour la période d'avril 2019 à juin 2019.



**Figure 5.10 :** Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station de La Lambarde.

#### 5.4.1.4. Période d'Avril 2019 à Août 2019

Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent les données de hauteur d'eau, de vagues (Hs, Tp et Dp) et de courant (CM) pour la station de La Lambarde pour la période d'avril à août 2019.

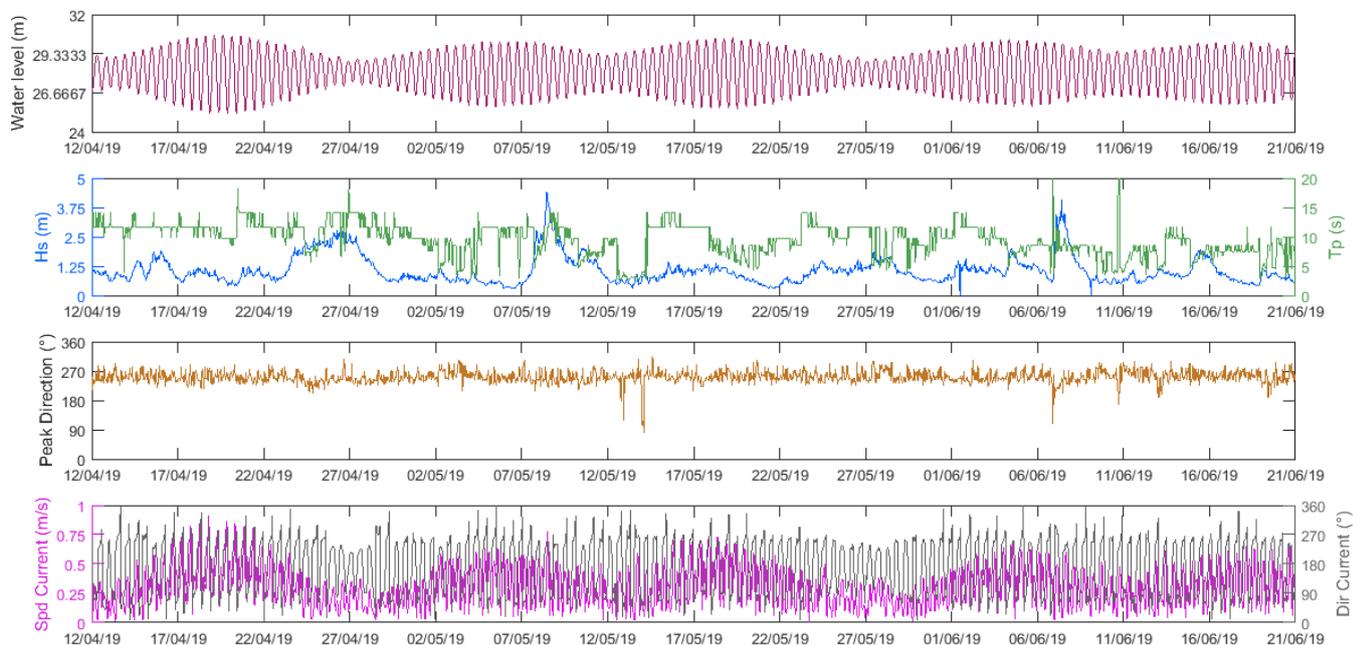
Le tableau suivant donne les moyennes, maximums et minimums pour l'ensemble de la période de mesure sur la station de La Lambarde.

**Tableau 5.8 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la quatrième période.**

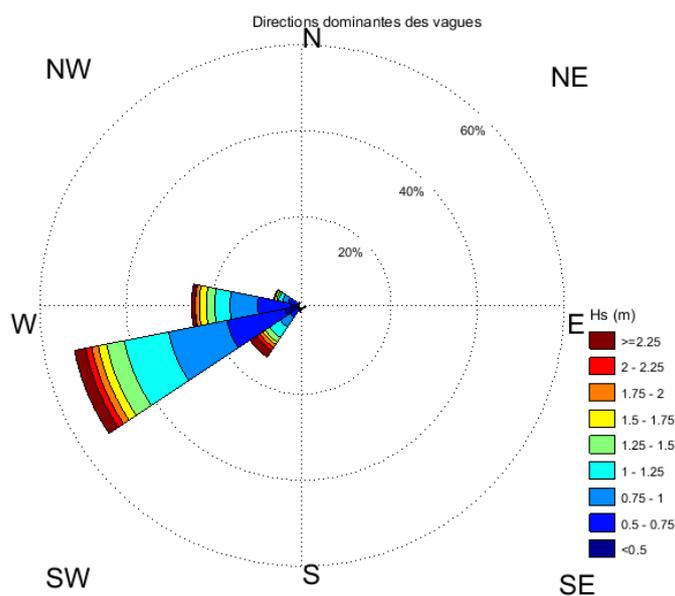
Paramètre	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-type
Hauteur d'eau (H en m)	24.95	27.89	30.32	1.21
Hauteur significative des vagues – (Hs en m)	0.11	0.87	3.84	0.58
Direction au pic (Dp en °/N)	59	251	359	24
Période au pic (Tp en s)	2	8.4	25.3	3.49
Vitesse moyenne des courants sur la colonne d'eau (CM en m/s)	0	0.26	0.87	1.21

Les données montrent une hauteur moyenne des vagues peu importante pour cette période de l'année (0.87 m). La période moyenne est de 8,4 s, correspondant à de la houle de période courte. Les vagues n'excèdent pas 3,84 m de hauteur significative. Les vagues proviennent principalement du secteur OSO et les hauteurs comprises entre 2,25 et 3,84 m sont présentes moins de 10% du temps.

Au niveau des courants, les vitesses intégrées sur la verticale sont comprises entre 0 et 0,87 m/s. Les maximums sont rencontrés en période de vive-eau et en fin de jusant.



**Figure 5.11 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station de La Lambarde pour la période de juin 2019 à août 2019.**



**Figure 5.12 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station de La Lambarde.**

## 5.4.2. Station Le Châtelier

### 5.4.2.1. Période d'Octobre 2018 à Janvier 2019

Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent les données de hauteur d'eau, de vagues (Hs, Tp et Dp) et de courant (CM) pour la station du Châtelier.

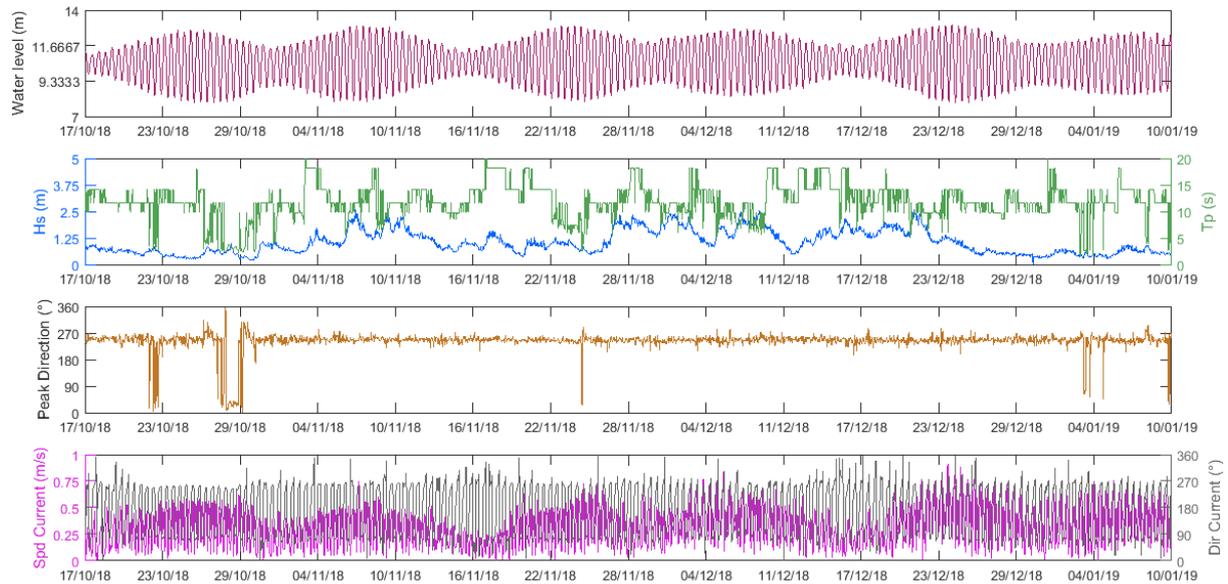
Le tableau suivant donne les moyennes, maximums et minimums pour l'ensemble de la période de mesure sur la station de La Lambarde.

**Tableau 5.9 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la première période.**

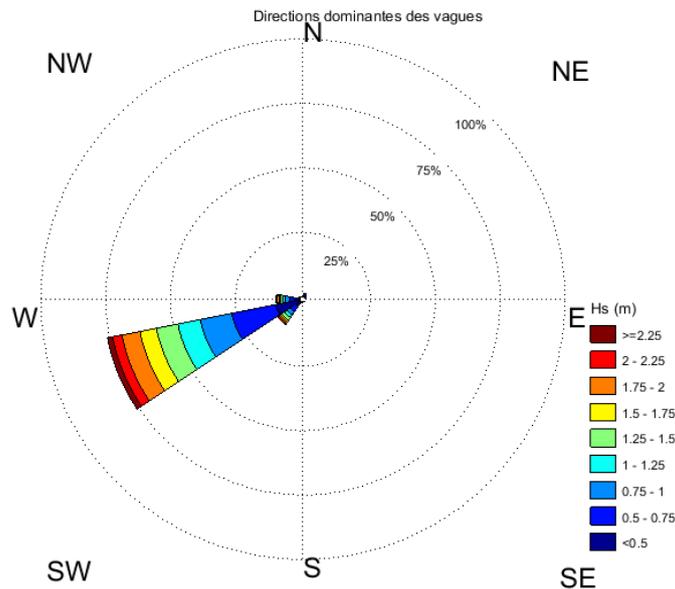
Paramètre	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-type
Hauteur d'eau (H en m)	7.14	9.91	12.29	1.32
Hauteur significative des vagues – (Hs en m)	0.20	1.05	2.58	0.55
Direction au pic (Dp en °/N)	0	242	355	35
Période au pic (Tp en s)	1.6	11.8	25.3	3.4
Vitesse moyenne des courants sur la colonne d'eau (CM en m/s)	0.005	0.308	0.914	0.170

Les données montrent une hauteur moyenne des vagues relativement peu importante pour cette période de l'année (1,05 m). La période moyenne est de 11,8 s, correspondant à de la houle de période moyenne à longue. Les vagues n'excèdent pas 2,6 m de hauteur significative. Les vagues proviennent principalement du secteur OSO et les hauteurs comprises entre 2,25 et 2,6 m sont présentes 2,4 % du temps.

Au niveau des courants, les vitesses intégrées sur la verticale sont comprises entre 0 et 0,92 m/s. Les maximums sont rencontrés en période de vive-eau et en fin de jusant.



**Figure 5.13 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station du Châtelier pour la période d'Octobre 2018 à Janvier 2019.**



**Figure 5.14 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station du Châtelier.**

#### 5.4.2.2. Période de Janvier à Avril 2019

Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent les données de hauteur d'eau, de vagues (Hs, Tp et Dp) et de courant (CM) pour la station du Châtelier.

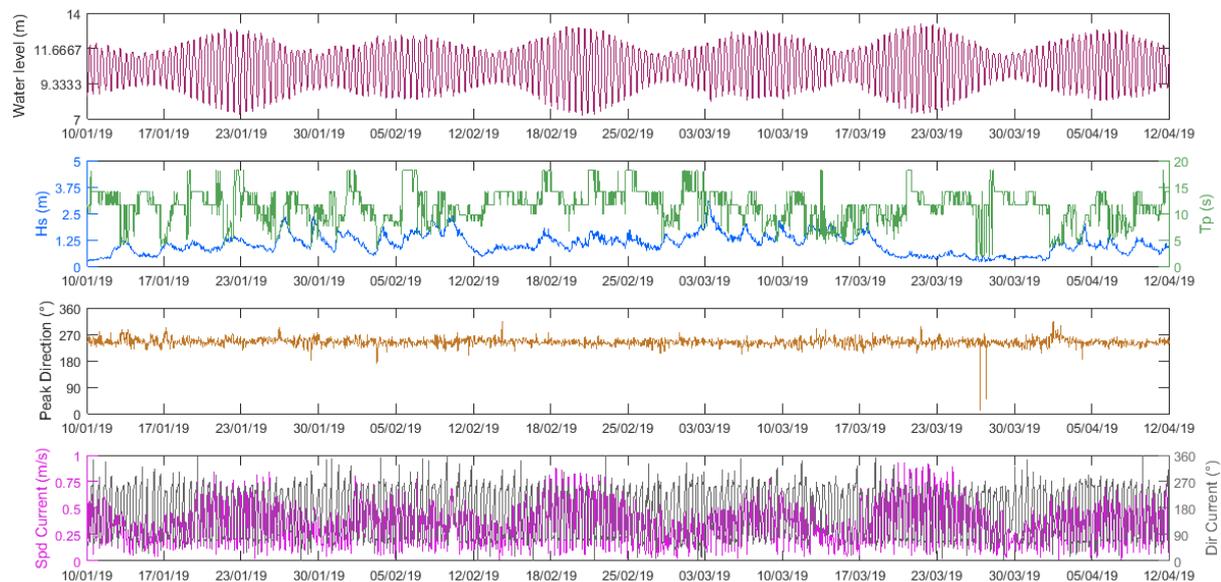
Le tableau suivant donne les moyennes, maximums et minimums pour l'ensemble de la période de mesure sur la station de La Lambarde.

**Tableau 5.10 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la deuxième période.**

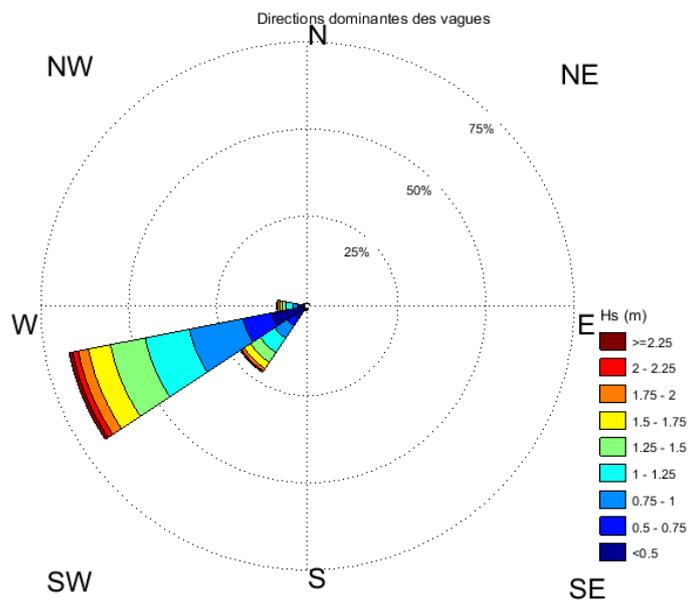
Paramètre	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-type
Hauteur d'eau (H en m)	6.47	9.79	12.58	1.35
Hauteur significative des vagues – (Hs en m)	0.22	1.05	3.11	0.47
Direction au pic (Dp en °/N)	11	243	315	14
Période au pic (Tp en s)	1.9	11.3	18.1	3.3
Vitesse moyenne des courants sur la colonne d'eau (CM en m/s)	0.010	0.336	0.934	0.181

Les données montrent une hauteur moyenne des vagues de l'ordre de 1,05 m. La période moyenne est de 11,3 s, correspondant à de la houle de période moyenne à longue. Les vagues n'excèdent pas 3,1 m de hauteur significative. Les vagues proviennent principalement du secteur OSO et les hauteurs comprises entre 2,25 et 2,6 m sont présentes 1,2 % du temps.

Au niveau des courants, les vitesses intégrées sur la verticale sont comprises entre 0 et 0,93 m/s. Les maximums sont rencontrés en période de vive-eau et en fin de jusant.



**Figure 5.15 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station du Châtelier pour la période de janvier 2019 à avril 2019.**



**Figure 5.16 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station du Châtelier.**

#### 5.4.2.3. Période d'Avril à Juin 2019

Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent les données de hauteur d'eau, de vagues (Hs, Tp et Dp) et de courant (CM) pour la station du Châtelier.

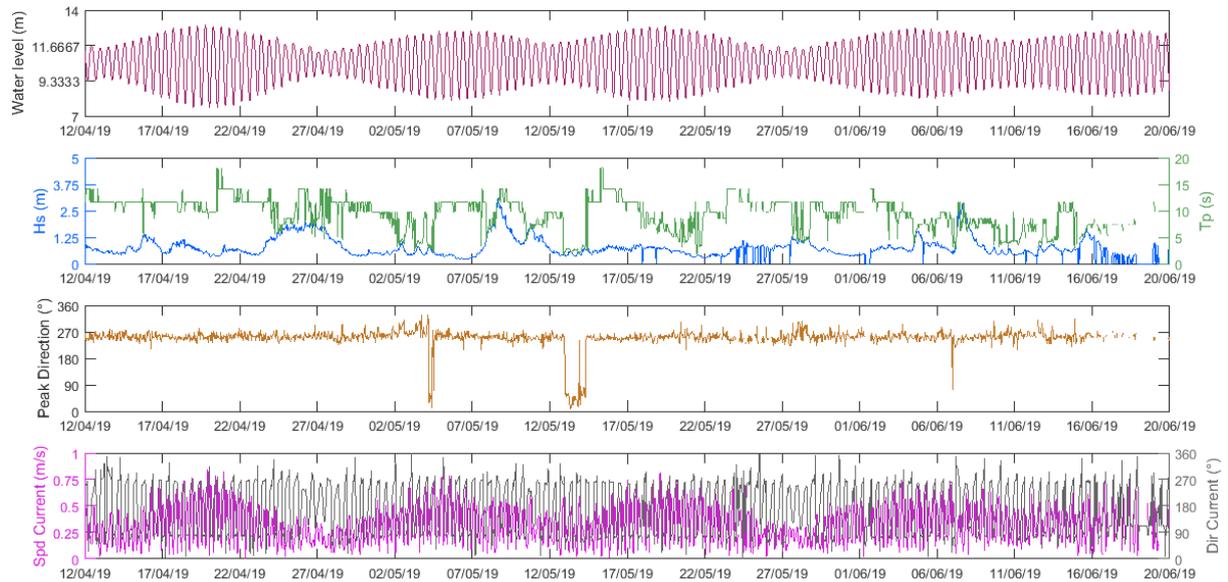
Le tableau suivant donne les moyennes, maximums et minimums pour l'ensemble de la période de mesure sur la station de La Lambarde.

**Tableau 5.11 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la troisième période.**

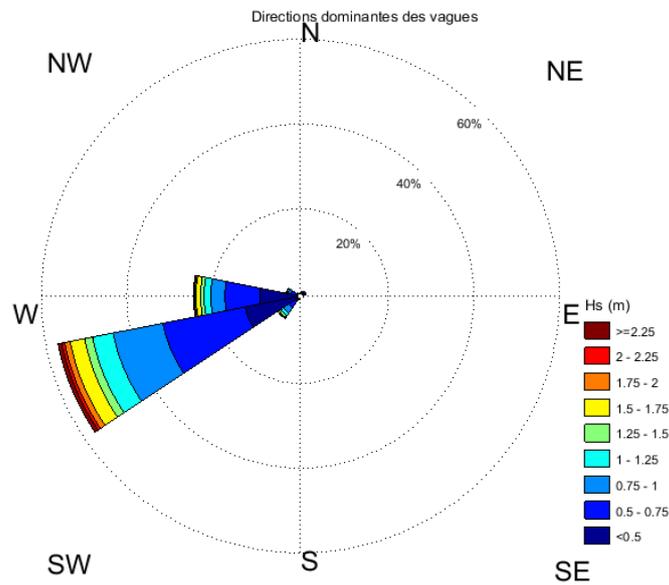
Paramètre	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-type
Hauteur d'eau (H en m)	6.82	9.90	12.29	1.34
Hauteur significative des vagues – (Hs en m)	0.20	0.79	3.14	0.44
Direction au pic (Dp en °/N)	9	249	327	35
Période au pic (Tp en s)	1.6	9.4	18.1	3.0
Vitesse moyenne des courants sur la colonne d'eau (CM en m/s)	0.001	0.313	0.848	0.167

Les données montrent une hauteur moyenne des vagues de l'ordre de 0,79 m. La période moyenne est de 9,4 s, correspondant à de la houle de période moyenne. Les vagues n'excèdent pas 3,14 m de hauteur significative. Les vagues proviennent principalement du secteur OSO à O et les hauteurs comprises entre 2,25 et 2,6 m sont présentes 1,2 % du temps.

Au niveau des courants, les vitesses intégrées sur la verticale sont comprises entre 0 et 0,85 m/s. Les maximums sont rencontrés en période de vive-eau et en fin de jusant.



**Figure 5.17 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station du Châtelier pour la période d'avril 2019 à juin 2019.**



**Figure 5.18 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station du Châtelier.**

#### 5.4.2.4. Période de Juin à Août 2019

Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent les données de hauteur d'eau, de vagues (Hs, Tp et Dp) et de courant (CM) pour la station du Châtelier pour la période d'avril à août 2019.

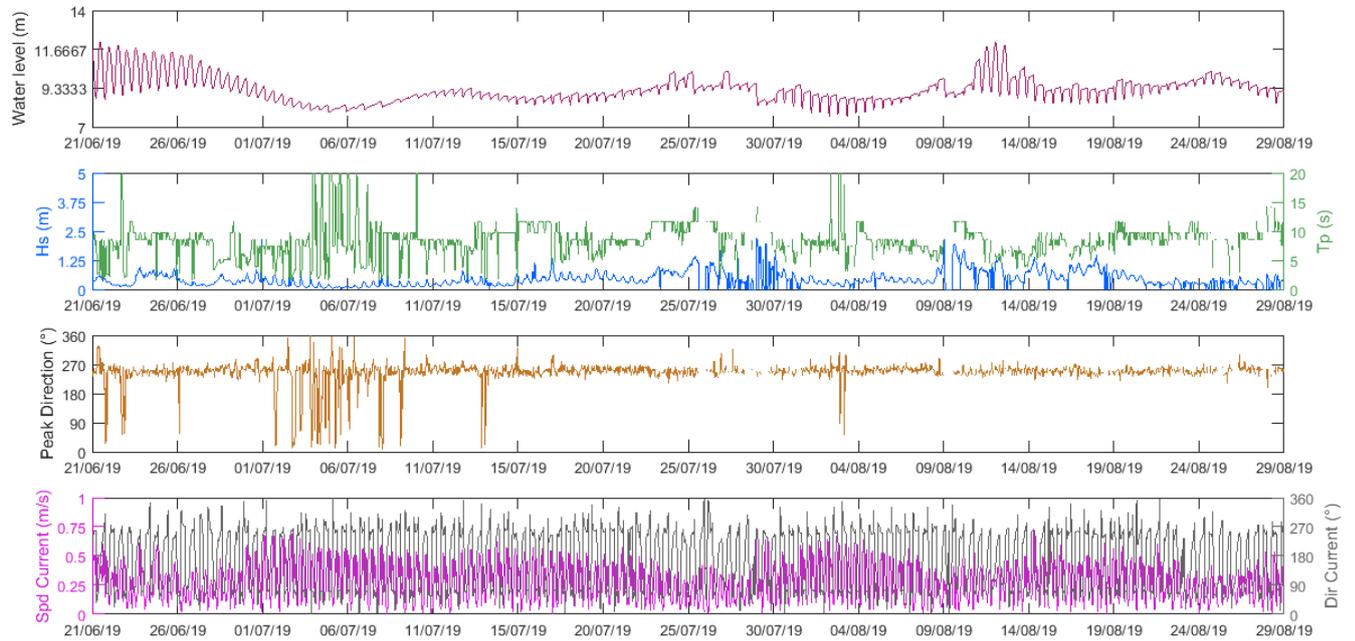
Le tableau suivant donne les moyennes, maximums et minimums pour l'ensemble de la période de mesure sur la station de La Lambarde.

**Tableau 5.12 : Statistiques des paramètres hydrodynamiques mesurés sur la quatrième période.**

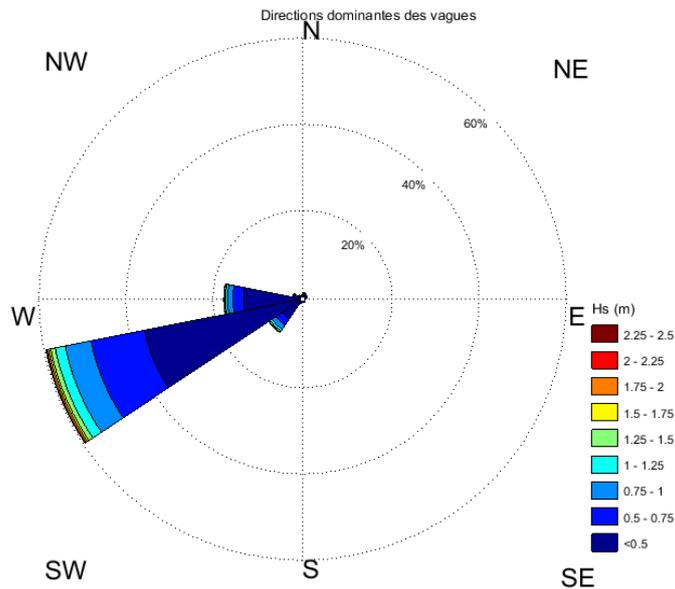
Paramètre	Minimum	Moyenne	Maximum	Écart-type
Hauteur d'eau (H en m)	6.9	8.5	11.4	0.8
Hauteur significative des vagues – (Hs en m)	0.02	0.5	2.2	0.3
Direction au pic (Dp en °/N)	8	245	359	38
Période au pic (Tp en s)	1.5	8.3	25.3	3.1
Vitesse moyenne des courants sur la colonne d'eau (CM en m/s)	0	0.3	0.7	0.2

Les données montrent une hauteur moyenne des vagues peu importante pour cette période de l'année (0.5 m). La période moyenne est de 8,3 s, correspondant à de la houle de période courte. Les vagues n'excèdent pas 2,2 m de hauteur significative. Les vagues proviennent principalement du secteur OSO et les hauteurs comprises entre 2,25 et 3,84 m sont présentes moins de 5 % du temps.

Au niveau des courants, les vitesses intégrées sur la verticale sont comprises entre 0 et 0,7 m/s. Les maximums sont rencontrés en période de vive-eau et en fin de jusant.



**Figure 5.19 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, de la hauteur significative, de la période au pic et de la direction au pic des vagues, ainsi que les vitesses et directions des courants intégrées sur la verticale au niveau de la station du Châtelier pour la période de juin 2019 à août 2019.**



**Figure 5.20 : Rose des vagues (directions dominantes et hauteurs significatives associées) enregistrées au niveau de la station du Châtelier.**

## **5.5. Analyse des concentrations en MES vis-à-vis des conditions hydrodynamiques et des clapages sur la zone**

### 5.5.1. Station de La Lambarde

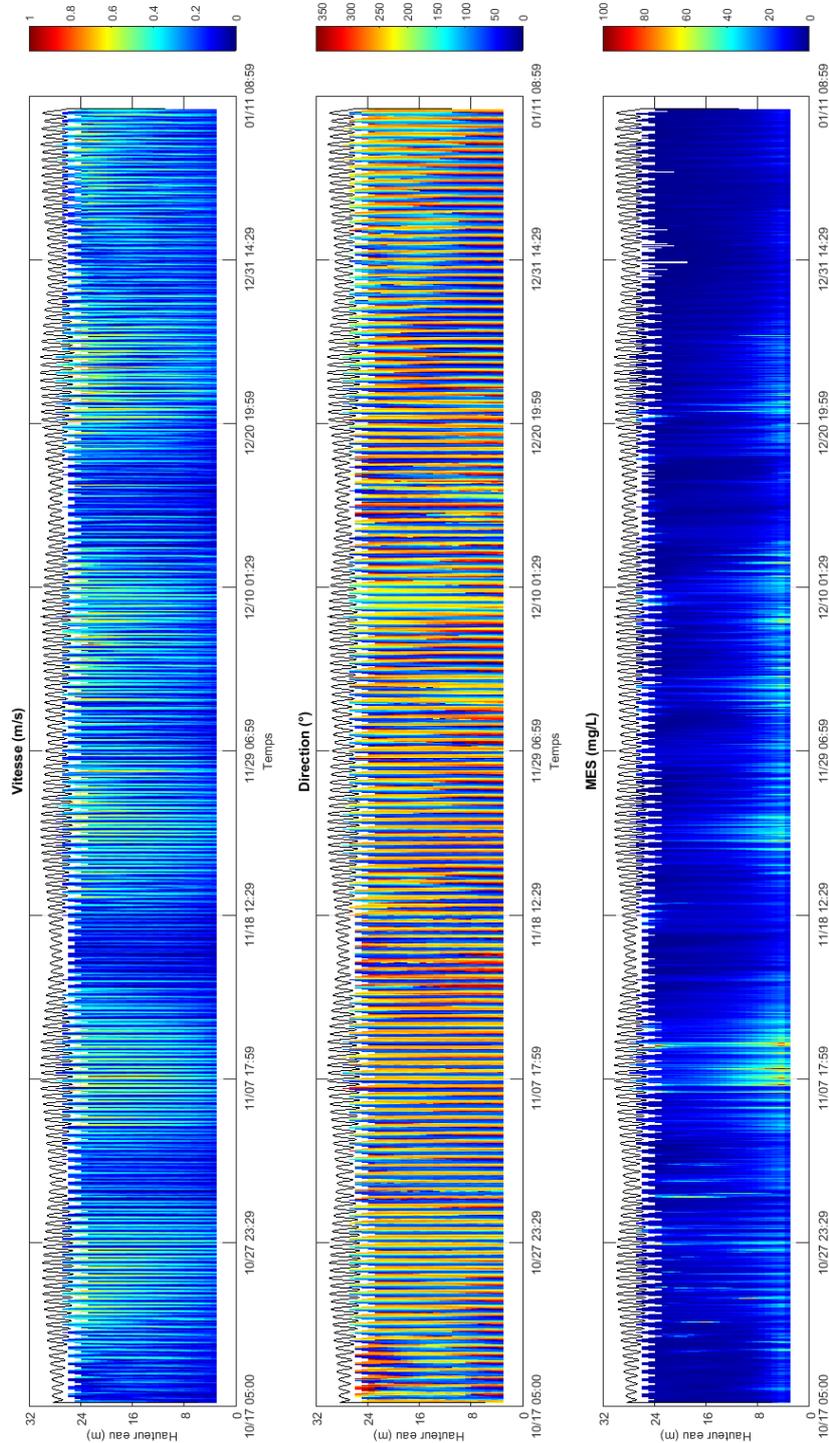
#### 5.5.1.1. Période d'octobre 2018 à janvier 2019

Entre le 7 et le 12 novembre 2018, une augmentation nette des concentrations en MES, entre le fond et 15 m de hauteur d'eau, est visible. Cette augmentation correspond à un coup de vent qui a généré des vagues d'une hauteur significative de l'ordre de 2,5-3 m.

L'agitation générée par ces vagues a provoqué une remise en suspension des particules fines constituant les fonds sédimentaires et des concentrations en MES de l'ordre de 40 à 80 mg/L. Les maximums sont observés lors des étales de marée basse.

Entre le 22 novembre et le 22 décembre 2018, les vagues atteignent très régulièrement 2,5 à 3,75 m de hauteur significative. Elles provoquent une augmentation nette des concentrations en MES, entre le fond et environ 12 m de hauteur d'eau. Les concentrations en MES y sont de l'ordre de 40 mg/L. Au cours de cette période, des activités de clapage ont eu lieu. Leur impact sur la colonne d'eau est difficilement discernable de ce qui est le résultat de l'agitation en surface.

En période de faible agitation, comme entre le 29 décembre 2018 et le 11 janvier 2019, la colonne d'eau est moins chargée en MES. Entre 0 et 10 m de hauteur d'eau les maximums de concentration mesurés sont de l'ordre de 20 mg/L en fin de jusant et de l'ordre de 8 mg/L le reste du temps. Dans la partie haute de la colonne d'eau les concentrations sont toujours inférieures à 8 mg/L.



**Figure 5.21 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station de La Lambarde pour la période d'octobre 2018 à janvier 2019.**

### 5.5.1.2. Période de janvier à avril 2019

Il n'y a pas d'activité de clapage pendant toute cette période. Donc les seules augmentations des concentrations en MES ne peuvent être qu'en lien direct avec l'agitation locale ou par des apports de la Loire.

Cette période est marquée par une agitation du plan d'eau quasiment constante entre le 16 janvier 2019 et le 22 mars 2019. Les hauteurs significatives sont comprises entre 1,25 et 3 m, avec un pic vers le 2 mars 2019 (Hs de l'ordre de 5m).

Durant cette période, deux crues sont visibles avec un 1<sup>er</sup> pic début février à environ 1200 m<sup>3</sup>/s et un second vers le 15 février à un peu moins de 1400 m<sup>3</sup>/s. L'épisode de haut niveau des eaux de la Loire commence début février et se termine à la fin février 2019. Puis au cours du mois de mars les débits de la Loire restent autour du module 750-800 m<sup>3</sup>/s.

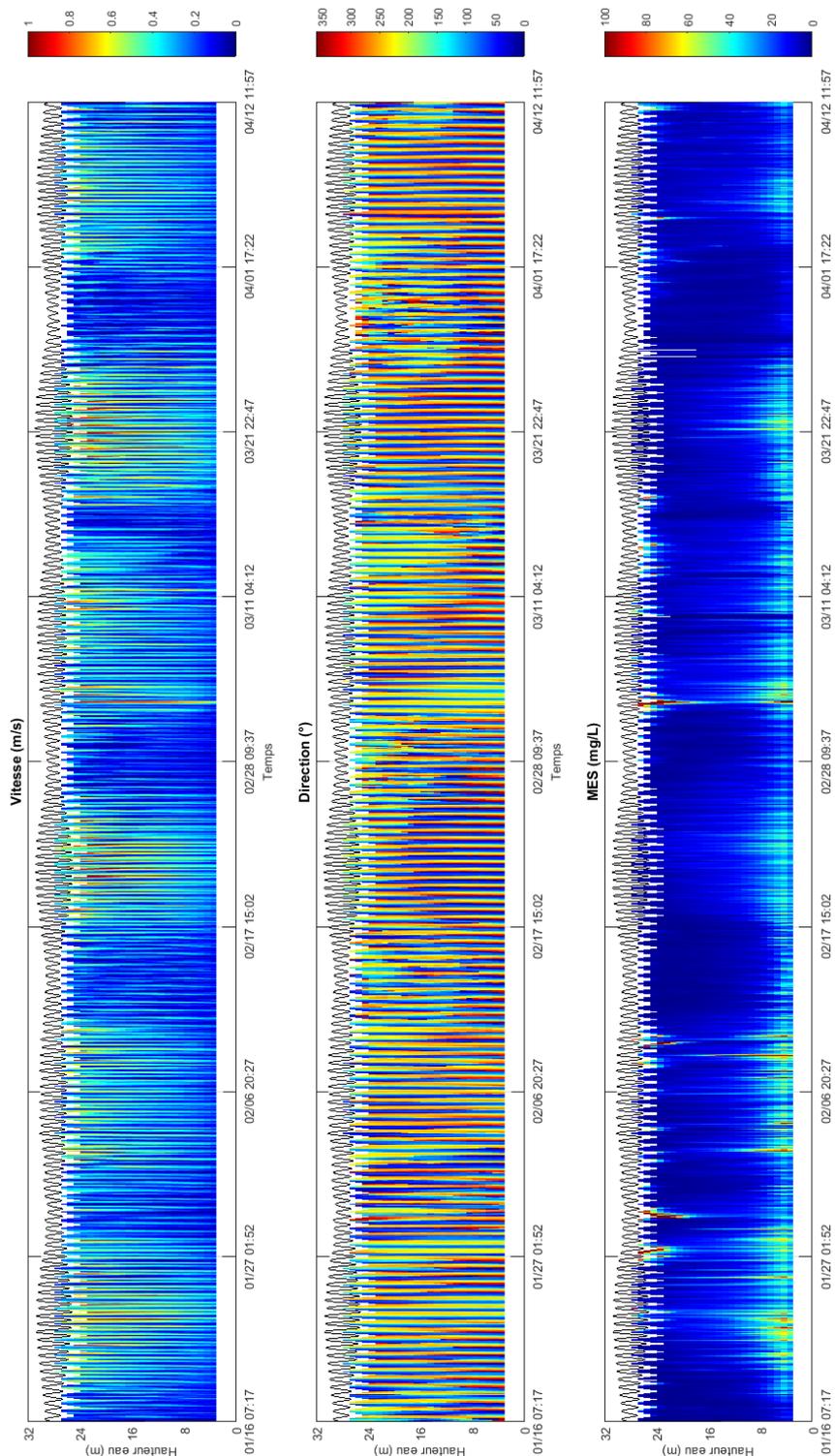
Les crues de la Loire ne semblent pas avoir d'impact direct sur les concentrations en MES mesurées sur ce site. Toutes les augmentations de concentration semblent corrélées à l'agitation du plan d'eau.

Ainsi, au cours du mois de janvier 2019, les vagues remettent en suspension une grande quantité de particules fines. Entre le fond et environ 10 à 16 m au-dessus de celui-ci, les concentrations atteignent régulièrement 40 à 60 mg/L.

En février, des vagues de moindres importances augmentent la charge particulaire dans la colonne d'eau dans des proportions moindres mais significatives (environ 40 mg/L).

La tempête du 3 mars (Hs ≈ 5 m lors du pic d'agitation) provoque également une augmentation dans l'ensemble de la colonne d'eau avec un pic de concentration de plus de 100 mg/L entre 3 et 6 m au-dessus du fond.

Des concentrations supérieures à 100 mg/L sont calculées en surface lors de chaque événement tempétueux. Ces augmentations ne correspondent pas à des MES mais à des bulles générées par les moutons en surface et le brassage des eaux de surface. Il n'a pas été possible de les éliminer complètement lors du post-traitement.



**Figure 5.22 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station de La Lambarde pour la période de janvier 2019 à avril 2019.**

### 5.5.1.3. Période d'avril à juin 2019

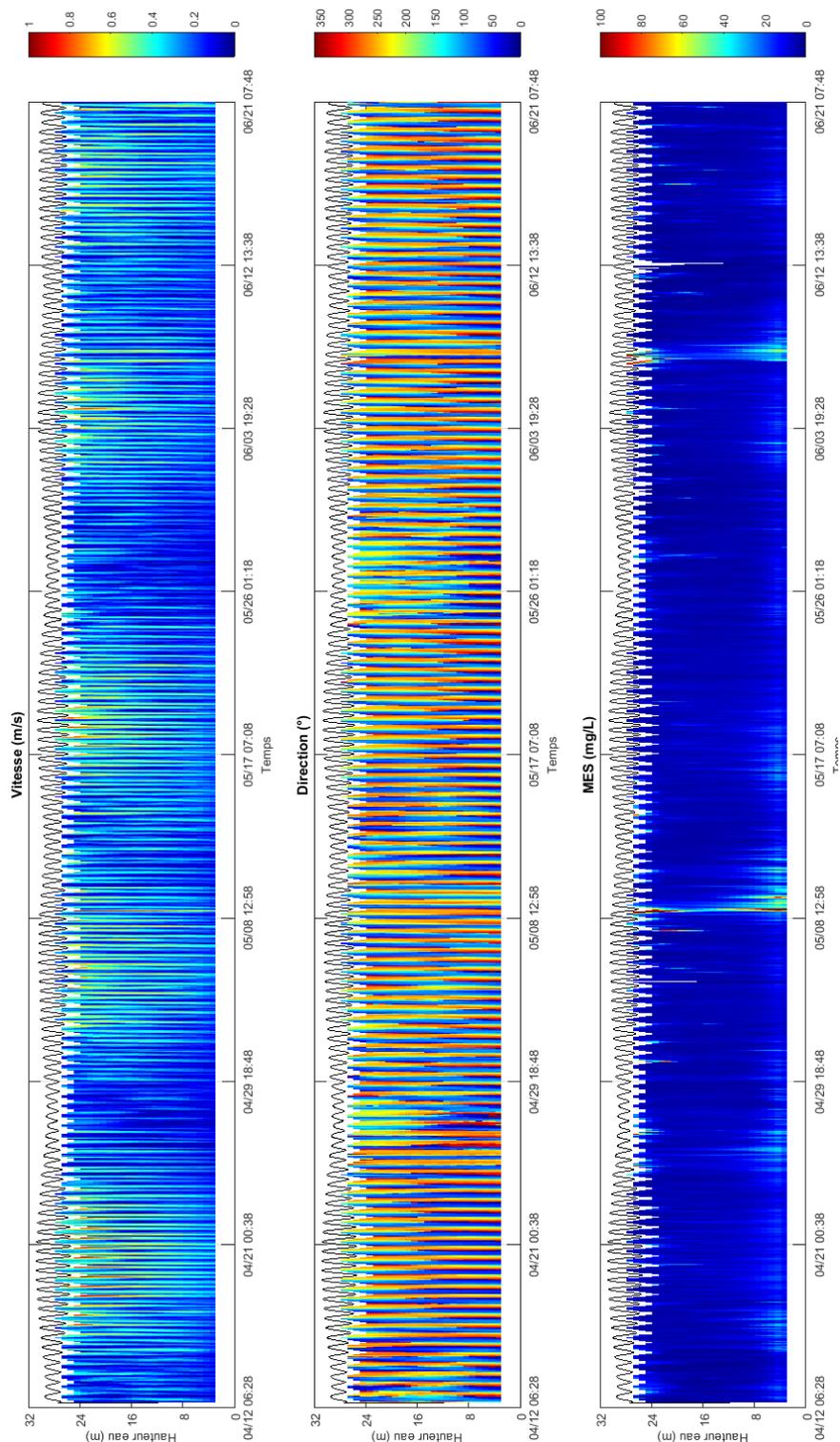
Il n'y a pas d'activité de clapage pendant toute cette période. Donc les seules augmentations des concentrations en MES ne peuvent être qu'en lien direct avec l'agitation locale ou par des apports de la Loire.

Les débits de la Loire sont faibles ( $Q < 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) pour la période. Il n'y a pas de crue.

Cette période est marquée par une agitation faible du plan d'eau sauf lors de deux évènements de tempêtes qui ont lieu entre le 8 et le 10 mai et entre le 6 et le 8 juin 2019. Les Hs atteignent respectivement 4,5 et 4 m.

Ces tempêtes provoquent une agitation en surface qui se propage jusqu'au fond. Les sédiments fins sont alors remis en suspension sur quasiment tout l'ensemble de la colonne d'eau. Les concentrations en MES sont comprises entre 40 et 80 (voir 100 mg/L) entre 5 et 15 m de hauteur d'eau à partir du fond lors du 1<sup>er</sup> évènement et entre 30 et 50 mg/L lors du 2<sup>nd</sup> évènement (entre 5 et 10 m de hauteur d'eau à partir du fond).

Le reste du temps, les concentrations en MES sont inférieures à 20 mg/L.



**Figure 5.23 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station de La Lambarde pour la période d'avril 2019 à juin 2019.**

#### 5.5.1.4. Période de juin à août 2019

Au cours de cette période de l'année, des clapages ont lieu de manière quasi quotidienne à partir de la fin juillet. Entre le 17 juin et le 27 août 2019, nous en recensons 233, pour un volume moyen en puits de 7 863 m<sup>3</sup> et un total de 1 831 986 m<sup>3</sup> de sédiment. (Min = 210 m<sup>3</sup>, max = 8 855 m<sup>3</sup> et Écart-type = 1 727 m<sup>3</sup>).

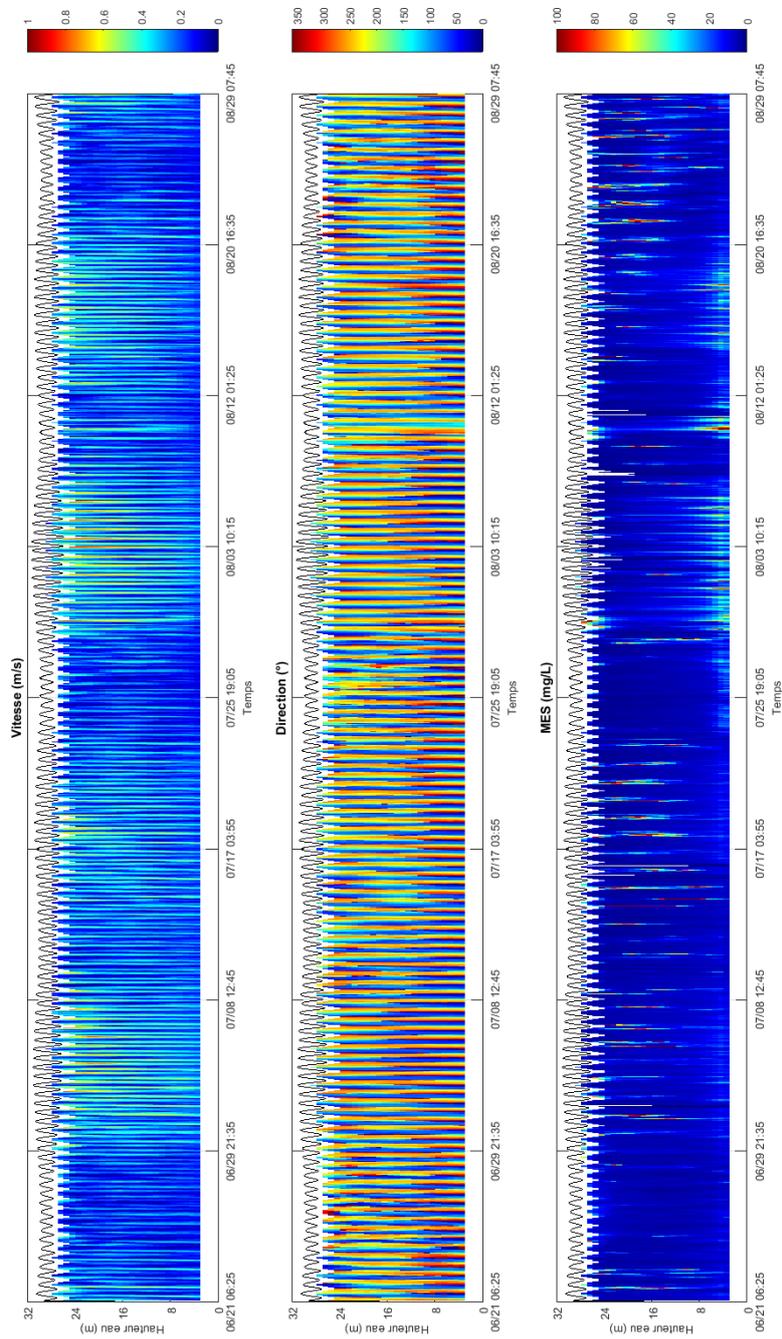
La Loire est en étiage, de sorte qu'il n'y a aucun apport de MES provenant des terres. Cette période est également marquée par une faible agitation. Les hauteurs significatives sont le plus souvent inférieures à 2,25 m. Il est à noter toutefois deux pics d'agitation entre la fin juillet et début août et autour du 10 août (Hs ≈ 3,75 m).

Ces évènements provoquent une augmentation des concentrations en MES dans la partie basse de la colonne d'eau (4 à 12 m au-dessus du fond). Les concentrations mesurées sont de l'ordre 60 à + de 100 mg/L.

Entre ces deux évènements, 52 clapages ont lieu entre le 30 juillet et le 7 août. Les concentrations dans le bas de la colonne d'eau (4 à 7-8 m au-dessus du fond) semblent plus élevées que pendant des périodes sans clapage. Les concentrations observées sont de l'ordre de 30 à 40 mg/L avec quelques pics autour de 80 mg/L.

Le reste du temps, les concentrations en MES observées ne semblent pas liées aux activités de clapages. Elles sont comprises entre 10 et 20 mg/L.

Il arrive qu'autour des étales de marée basse, l'intensité rétrodiffusée dans le haut de la colonne d'eau (entre 12 m au-dessus du fond et la surface), soit très forte. Ce qui est traduit en mg/L par de très fortes concentrations. Ces phénomènes se produisent le plus souvent la nuit et hors ou pendant les périodes de clapages. Il ne semble n'y avoir aucun lien logique avec les clapages et d'éventuels panaches turbides d'immersion. Nous supposons qu'il peut s'agir de migration dans la colonne d'eau de phytoplancton ou d'autres organismes, mais rien ne permet de le prouver.



**Figure 5.24 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station de La Lambarde pour la période de juin 2019 à août 2019.**

## 5.5.2. Station Le Châtelier

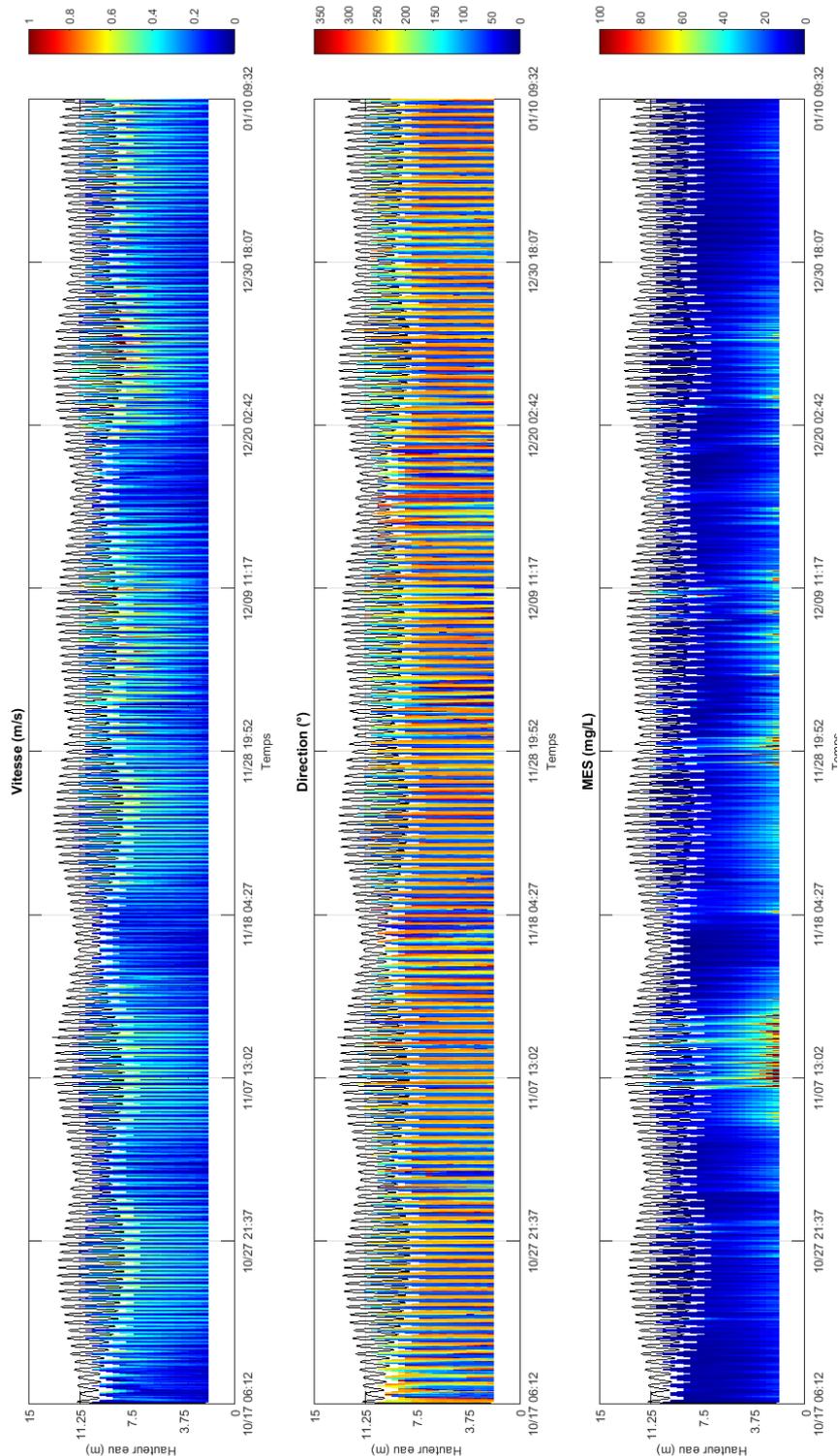
### 5.5.2.1. Période d'octobre 2018 à janvier 2019

Entre le 7 et le 12 novembre 2018, une augmentation nette des concentrations en MES, entre le fond et la surface, est visible. Cette augmentation correspond à un coup de vent qui a généré des vagues d'une hauteur significative de l'ordre de 1,25-2,5 m.

L'agitation générée par ces vagues a provoqué une remise en suspension des particules fines constituant les fonds sédimentaires et des concentrations en MES de l'ordre de 60 à + de 100 mg/L. Les maximums sont observés lors des étales de marée basse.

Entre le 22 novembre et le 22 décembre 2018, les vagues atteignent très régulièrement 2 à 2,5 m de hauteur significative. Elles provoquent une augmentation nette des concentrations en MES, entre le fond et environ 5-6 m de hauteur d'eau. Les concentrations en MES y sont de l'ordre de 40 à 100 mg/L. Au cours de cette période, des activités de clapage ont eu lieu. Leur impact sur la colonne d'eau est difficilement discernable de ce qui est le résultat de l'agitation en surface.

En période de faible agitation, comme entre le 29 décembre 2018 et le 11 janvier 2019, la colonne d'eau est moins chargée en MES. Entre le fond et la surface les maximums de concentration mesurés sont de l'ordre de 20 mg/L en fin de jusant et de l'ordre de 8 mg/L le reste du temps. Dans la partie haute de la colonne d'eau les concentrations sont toujours inférieures à 8 mg/L.



**Figure 5.25 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station du Châtelier pour la période d'octobre 2018 à janvier 2019.**

### 5.5.2.2. Période de janvier à avril 2019

Il n'y a pas d'activité de clapage pendant toute cette période. Donc les seules augmentations des concentrations en MES ne peuvent être qu'en lien direct avec l'agitation locale ou par des apports de la Loire.

Cette période est marquée par une agitation du plan d'eau quasiment constante entre le 16 janvier 2019 et le 22 mars 2019. Les hauteurs significatives sont comprises entre 1,25 et 2,5 m, avec un pic vers le 2 mars 2019 (Hs de l'ordre de 3,2 m).

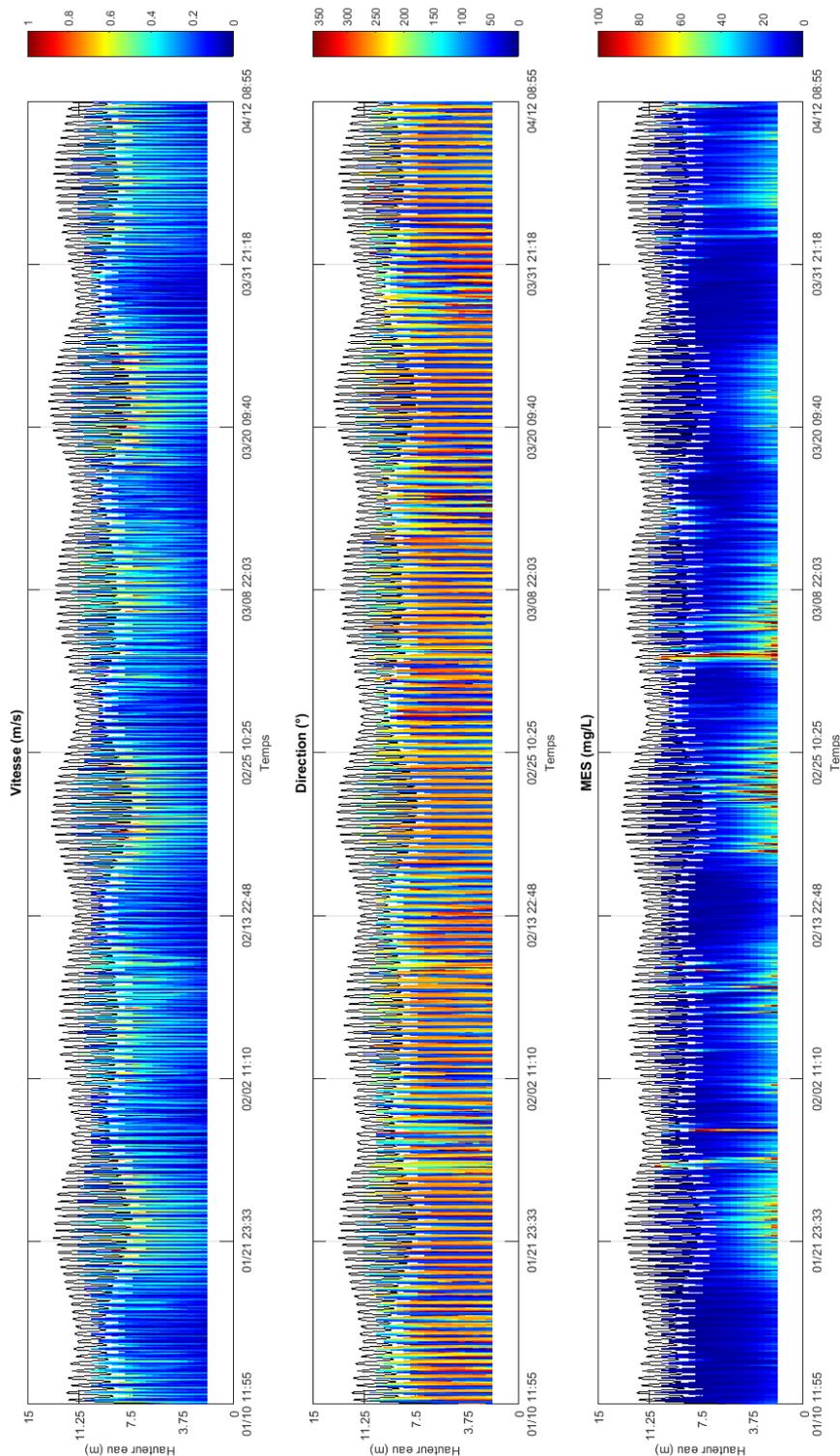
Durant cette période, deux crues sont visibles avec 1<sup>er</sup> pic début février à environ 1200 m<sup>3</sup>/s et un second vers le 15 février à un peu moins de 1400 m<sup>3</sup>/s. L'épisode de haut niveau des eaux de la Loire commence début février et se termine à la fin février 2019. Puis au cours du mois de mars les débits de la Loire restent autour du module 750-800 m<sup>3</sup>/s.

Les crues de la Loire ne semblent pas avoir d'impact direct sur les concentrations en MES mesurées sur ce site. Toutes les augmentations de concentration semblent corrélées à l'agitation du plan d'eau.

Ainsi, au cours du mois de janvier 2019, les vagues remettent en suspension une grande quantité de particules fines. Entre le fond et environ 7 m au-dessus de celui-ci, les concentrations atteignent régulièrement 40 à 60 mg/L, voir un peu plus de 100 mg/L lors d'évènements énergétiques.

En février, des vagues de moindres importances augmentent la charge particulaire dans la colonne d'eau dans des proportions moindres mais significatives (environ 40 mg/L).

La tempête du 3 mars (Hs ≈ 3,2 m lors du pic d'agitation) provoque également une augmentation dans l'ensemble de la colonne d'eau avec un pic de concentration de plus de 100 mg/L sur toute la hauteur de la colonne d'eau.



**Figure 5.26 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station du Châtelier pour la période de janvier 2019 à avril 2019.**

### 5.5.2.3. Période d'avril à juin 2019

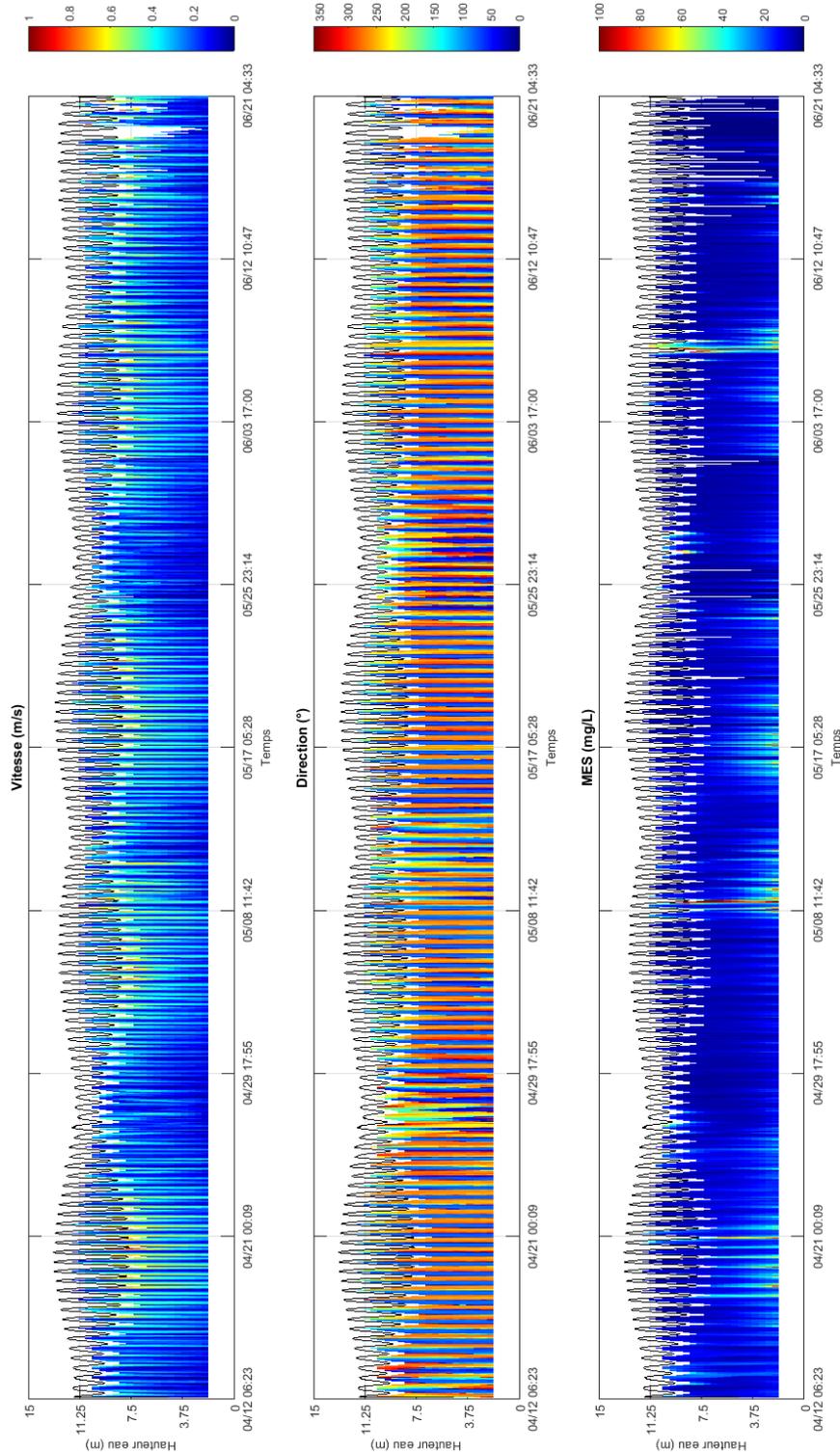
Il n'y a pas d'activité de clapage pendant toute cette période. Donc les seules augmentations des concentrations en MES ne peuvent être qu'en lien direct avec l'agitation locale ou par des apports de la Loire.

Les débits de la Loire sont faibles ( $Q < 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) pour la période. Il n'y a pas de crue.

Cette période est marquée par une agitation faible du plan d'eau sauf lors de deux évènements de tempêtes qui ont lieu entre le 8 et le 10 mai et entre le 6 et le 8 juin 2019. Les Hs atteignent respectivement 4,5 et 4 m.

Ces tempêtes provoquent une agitation en surface qui se propage jusqu'au fond. Les sédiments fins sont alors remis en suspension sur quasiment tout l'ensemble de la colonne d'eau. Les concentrations en MES sont comprises entre 40 et 80 (voir 100 mg/L) entre 5 et 15 m de hauteur d'eau à partir du fond lors du 1<sup>er</sup> évènement et entre 30 et 50 mg/L lors du 2<sup>nd</sup> évènement (entre 5 m jusqu'à la surface).

Le reste du temps, les concentrations en MES sont inférieures à 20 mg/L.



**Figure 5.27 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station du Châtelier pour la période d'avril 2019 à juin 2019.**

#### 5.5.2.4. Période de juin à août 2019

Au cours de cette période de l'année, des clapages ont lieu de manière quasi quotidienne à partir de la fin juillet.

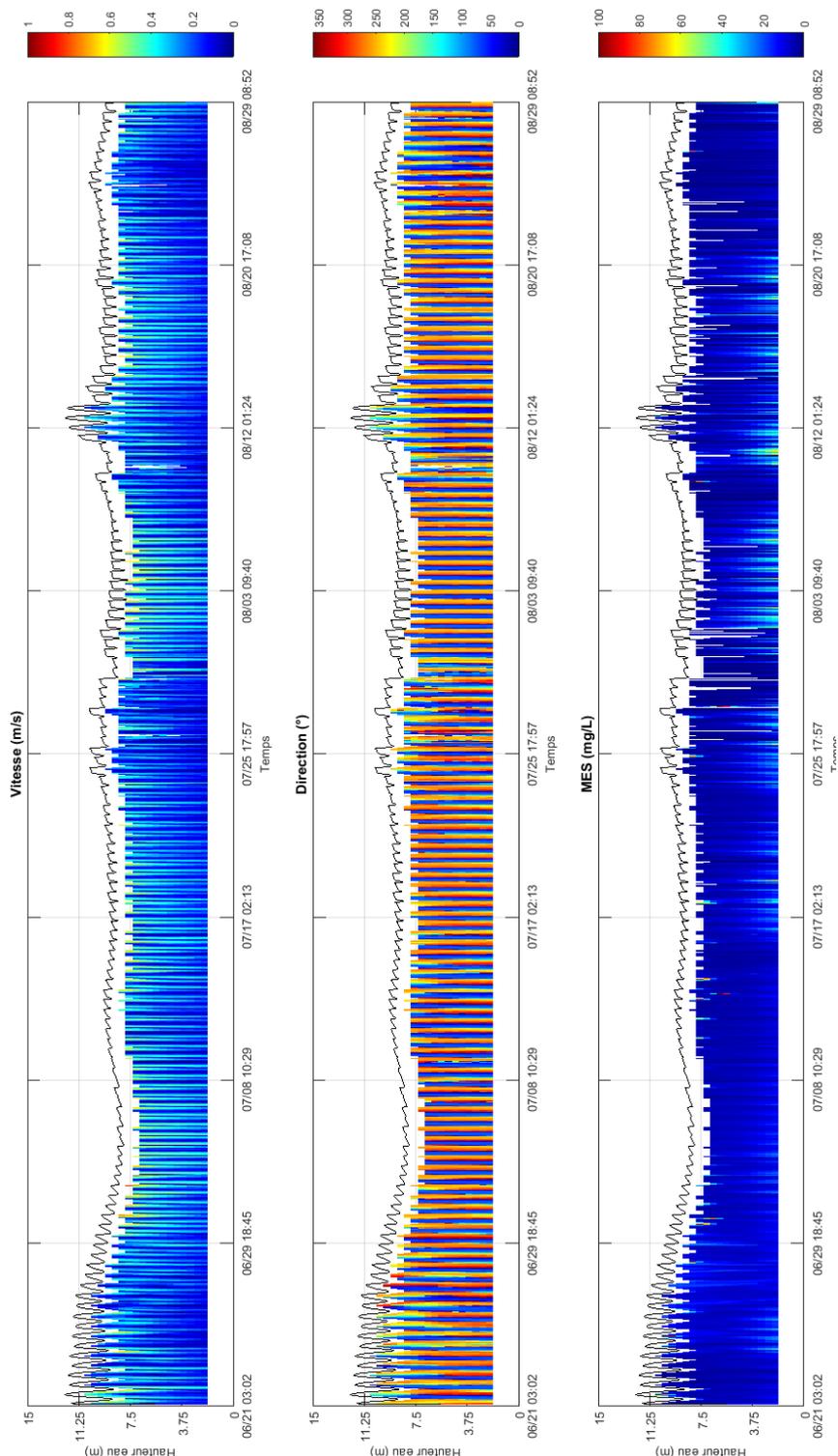
La Loire est en étiage, de sorte qu'il n'y a aucun apport de MES provenant des terres.

Cette période est également marquée par une faible agitation. Les hauteurs significatives sont le plus souvent inférieures à 1,25 m. Il est à noter toutefois deux pics d'agitation entre la fin juillet et début août (Hs  $\approx$  2m) et autour du 10 août (Hs  $\approx$  2m).

Ces évènements provoquent une augmentation des concentrations en MES dans la partie basse de la colonne d'eau. Les concentrations mesurées sont de l'ordre 40 à 60 mg/L.

Entre ces deux évènements, 52 clapages ont lieu entre le 30 juillet et le 7 août. Les concentrations dans le bas de la colonne d'eau (4 à 7-8 m au-dessus du fond) semblent plus élevées que pendant des périodes sans clapage. Les concentrations observées sont de l'ordre de 20 à 40 mg/L.

Le reste du temps, les concentrations en MES observées ne semblent pas liées aux activités de clapages. Elles sont inférieures à 20 mg/L.



**Figure 5.28 : Graphique présentant l'évolution de la hauteur d'eau, les vitesses et directions des courants dans la colonne d'eau et les quantités de MES calculées à partir du signal acoustique de l'ADCP au niveau de la station du Châtelier pour la période de juin 2019 à août 2019.**

### 5.5.3. Tableau de synthèse des valeurs de concentrations en MES pour chaque période.

Le tableau ci-après synthétise les statistiques sur les quantités de MES déterminées par ADCP dans la colonne d'eau pendant les différentes périodes de la campagne de mesure.

**Tableau 5.13 : Statistiques sur les concentrations en matières en suspension déterminées par ADCP dans la colonne d'eau pour le site de La Lambarde et du Châtelier, entre le mois d'octobre 2018 et le mois d'août 2019.**

Site		La Lambarde				Le Chatelier			
Période		10/18 - 01/19	01/19 - 04/19	04/19 - 06/19	06/19 - 08/19	10/18 - 01/19	01/19 - 04/19	04/19 - 06/19	06/19 - 08/19
Concentration en MES (mg/L)	Minimum	0.08	0.04	0.07	0.05	0.08	0.20	0.01	0.01
	Moyenne	10	12	7	9	13	16	10	7
	Maximum	234	641	352	1536	209	370	286	420
	Ecart-type	9	14	7	14	12	17	10	8

## 6. Conclusion sur l'impact des clapages sur les MES

L'ensemble des clapages (93%) ayant eu lieu à proximité de la station de La Lambarde en 2019, afin de pouvoir aller plus loin dans l'analyse et de conclure sur l'impact de ceux-ci sur les MES de la station, la période de fin juin à mi-août a été analysée plus en détail pour plusieurs raisons :

- Au cours de cette période de l'année, des clapages ont lieu de manière quasi quotidienne à partir de la fin juillet. Entre le 17 juin et le 27 août 2019, nous en recensons 233, pour un volume moyen en puits de 7 863 m<sup>3</sup> et un total de 1 831 986 m<sup>3</sup> de sédiment. (Min = 210 m<sup>3</sup>, max = 8 855 m<sup>3</sup> et Écart-type = 1 727 m<sup>3</sup>) ;
- Les conditions hydrologiques et hydrodynamiques sont faibles : la Loire est en étiage, de sorte qu'il n'y a aucun apport de MES provenant des terres. Cette période est également marquée par une faible agitation.

Les figures suivantes présentent des zooms pour les différents paramètres sur cette période ainsi que la localisation des clapages :

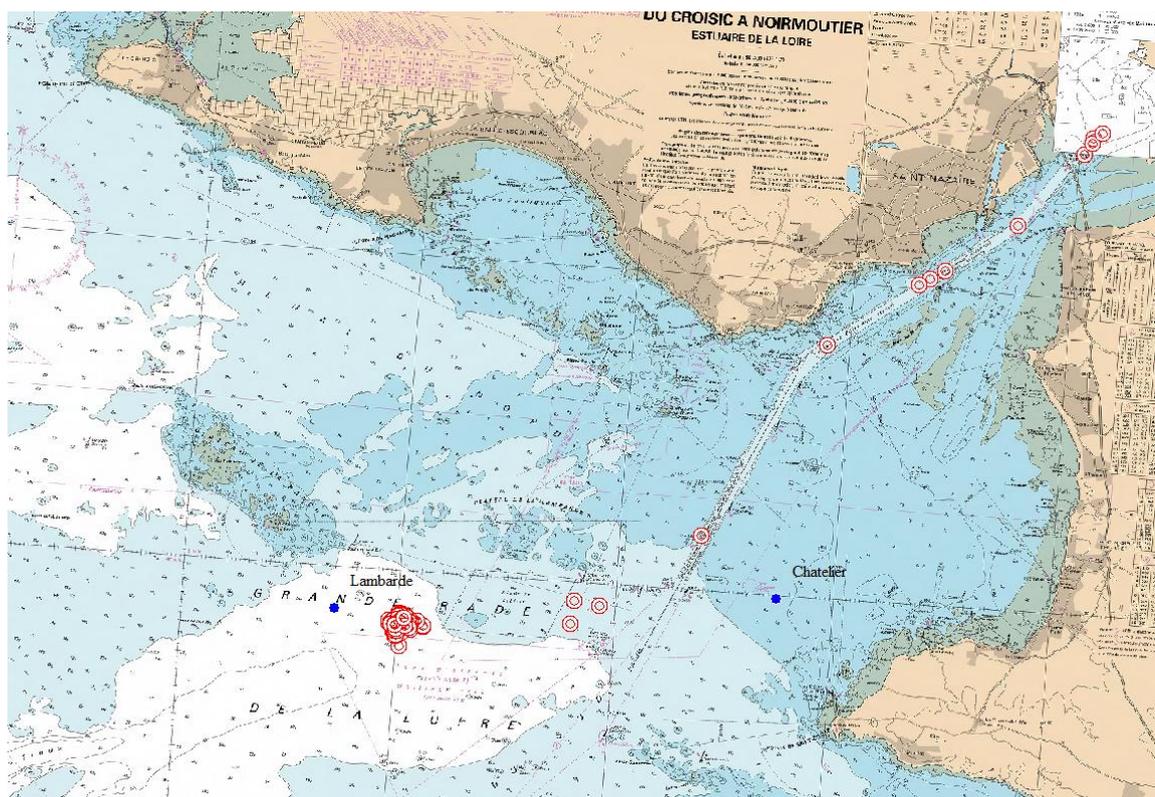
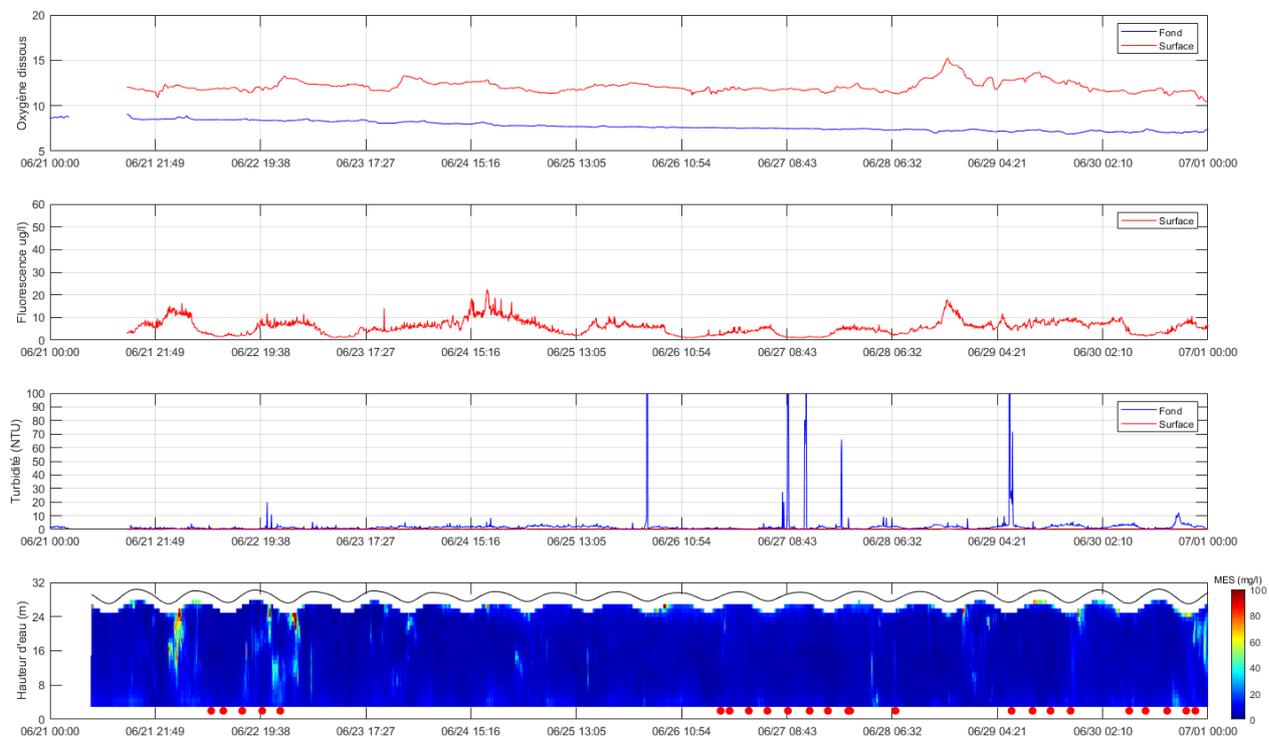
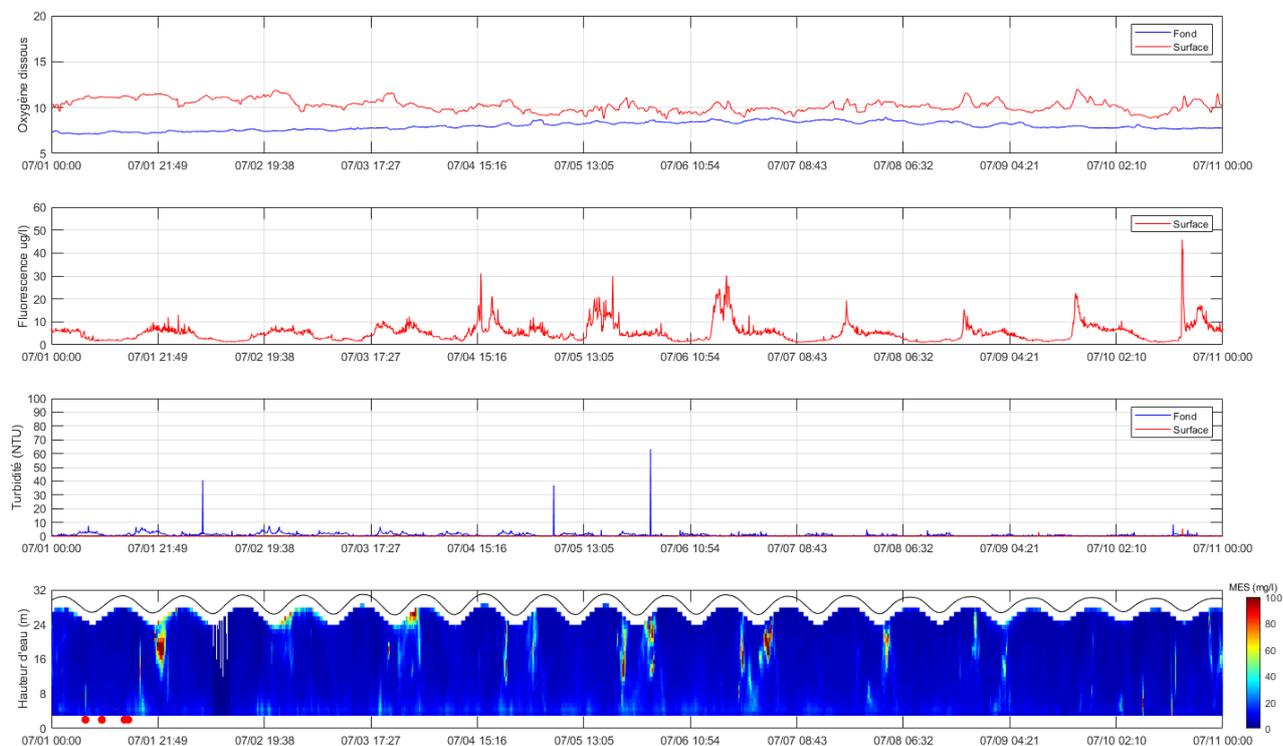


Figure 6.1 : Localisation des clapages de l'été 2019 (cercles blancs et rouges).

**GPMNSN**  
**DRAGAGES D'ENTRETIEN ET IMMERSIONS A LA LAMBARDE**  
**CAMPAGNE DE MESURES EN MER – ANALYSE DES DONNEES – RA4**

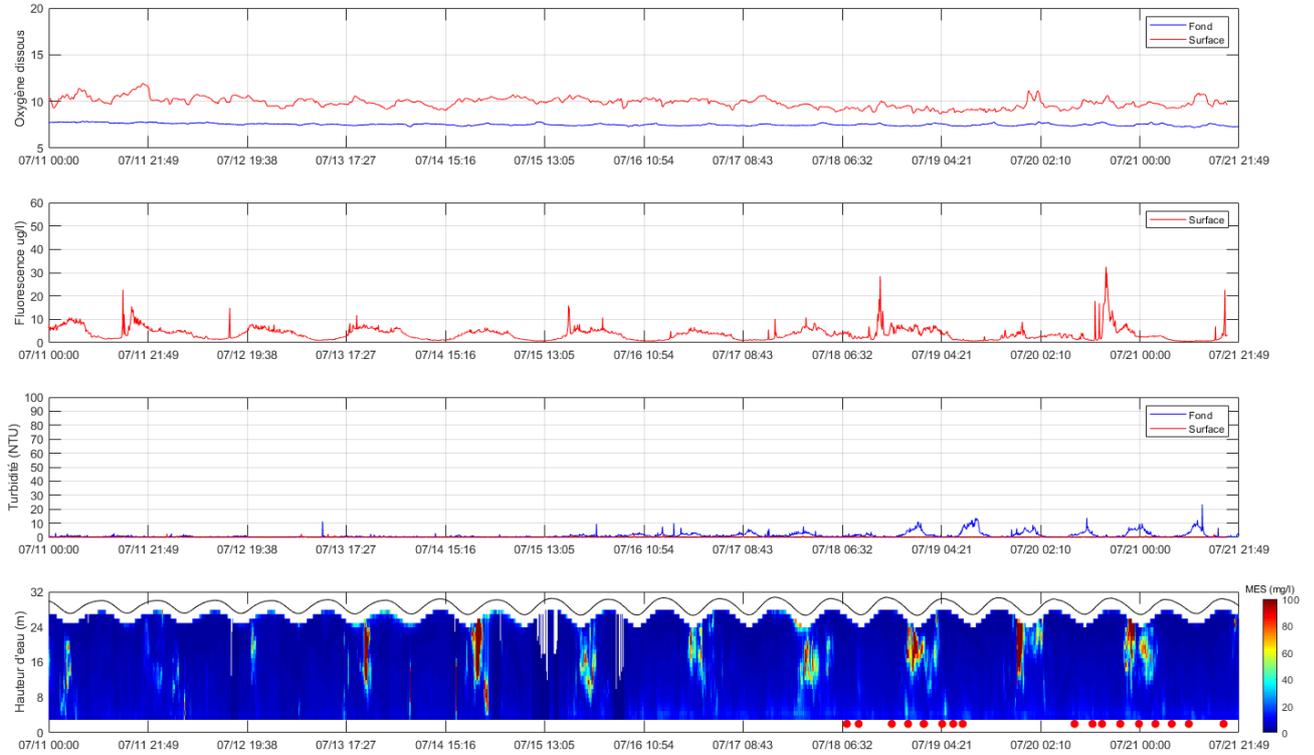


**Figure 6.2 : Période du 21 juin au 01 juillet 2019 pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages).**

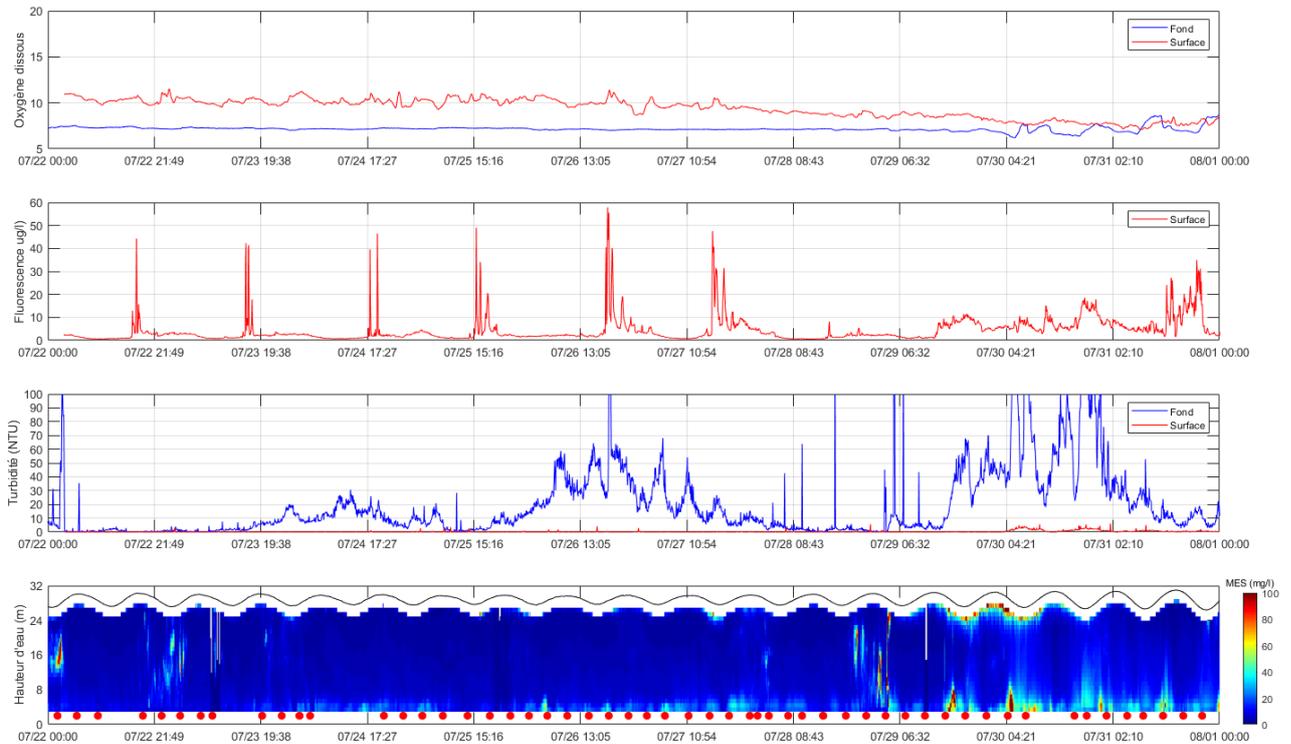


**Figure 6.3 : Période du 01 juillet 2019 au 11 juillet pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages).**

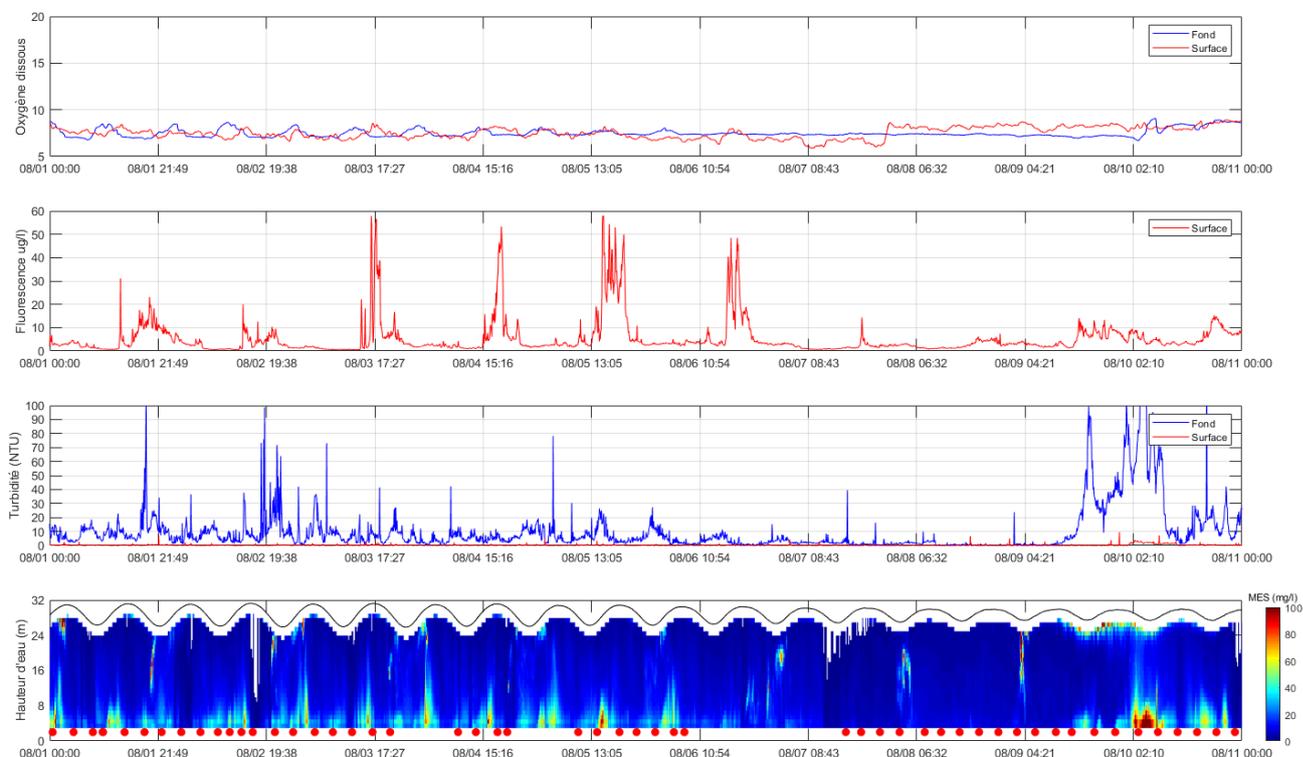
**GPMNSN**  
**DRAGAGES D'ENTRETIEN ET IMMERSIONS A LA LAMBARDE**  
**CAMPAGNE DE MESURES EN MER – ANALYSE DES DONNEES – RA4**



**Figure 6.4 : Période du 11 juillet au 22 juillet 2019 pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages).**



**Figure 6.5 : Période du 22 juillet au 01 août 2019 pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages).**



**Figure 6.6 : Période du 01 août 2019 au 11 août pour La Lambarde (Points rouge : date des clapages).**

On observe deux types de signal MES mesuré par l'ADCP sur la colonne d'eau durant cette période :

- Un signal le plus souvent en surface ou milieu de colonne d'eau avec des valeurs élevées >80 mg/l, très souvent corrélées avec les étales de basse mer et avec des pics de fluorescence peu élevés (<15µg/l) mais pas forcément corrélées aux clapages. Par exemple, ce type de signal est visible pendant la semaine du 11/07 au 22/07, l'hypothèse ici est qu'ils sont dus à une production phytoplanctonique se déplaçant avec la marée mais il n'est pas possible de le prouver.
- Un signal principalement observé sur le fond de l'ordre de 40 mg/l mais pouvant aller jusqu'à 100 mg/l, souvent concomitant aux étales de basse mer, et associé à des clapages. En se concentrant sur les périodes avec clapages très régulier (22/07/19 au 11/08/19), deux hypothèses sont possibles pour caractériser ce signal :
  - Des remises en suspensions liées aux conditions hydrodynamiques. Par exemple, du 29/07/19 au 31/07/19 ou du 9/08/19 au 11/08/19 les valeurs obtenues sont clairement liées à l'agitation (avec valeurs de fluorescence qui restent assez peu élevées) ;
  - Une éventuelle influence des clapages concomitants avec un signal de fluorescence plus élevé (qui peut être dû à la matière organique présente dans les sédiments clapés) et peu d'agitation. Par exemple, ces événements sont visibles sur les dates du 23/07 au 28/07 et du 01/08/19 au 07/08/19. Ils semblent s'atténuer ou disparaître en mortes-eaux.

Toutefois, il est difficile de conclure car la dynamique de ces signaux est également observée sur la station Châtelier sur la même échelle de temps (cf. Annexe 3). La station est pourtant beaucoup plus loin de l'ensemble de la zone de clapages, ainsi cette deuxième hypothèse paraît peu probable, et ces signaux observés sont peut-être seulement dus aux courants de marée. De plus, il est important de noter qu'un panache peut très bien ne pas se voir à une centaine de mètre près, et que les informations fournies par ces stations sont ponctuelles. Il sera intéressant de pouvoir spatialiser l'information grâce à la modélisation afin de pouvoir apporter des précisions pour valider ou non ces hypothèses.

# ANNEXES

## ANNEXE 1 : QAQC DONNEES ADCP

## **PERIODE 1 : OCTOBRE 2018 A JANVIER 2019**

### **STATION LAMBARDE**

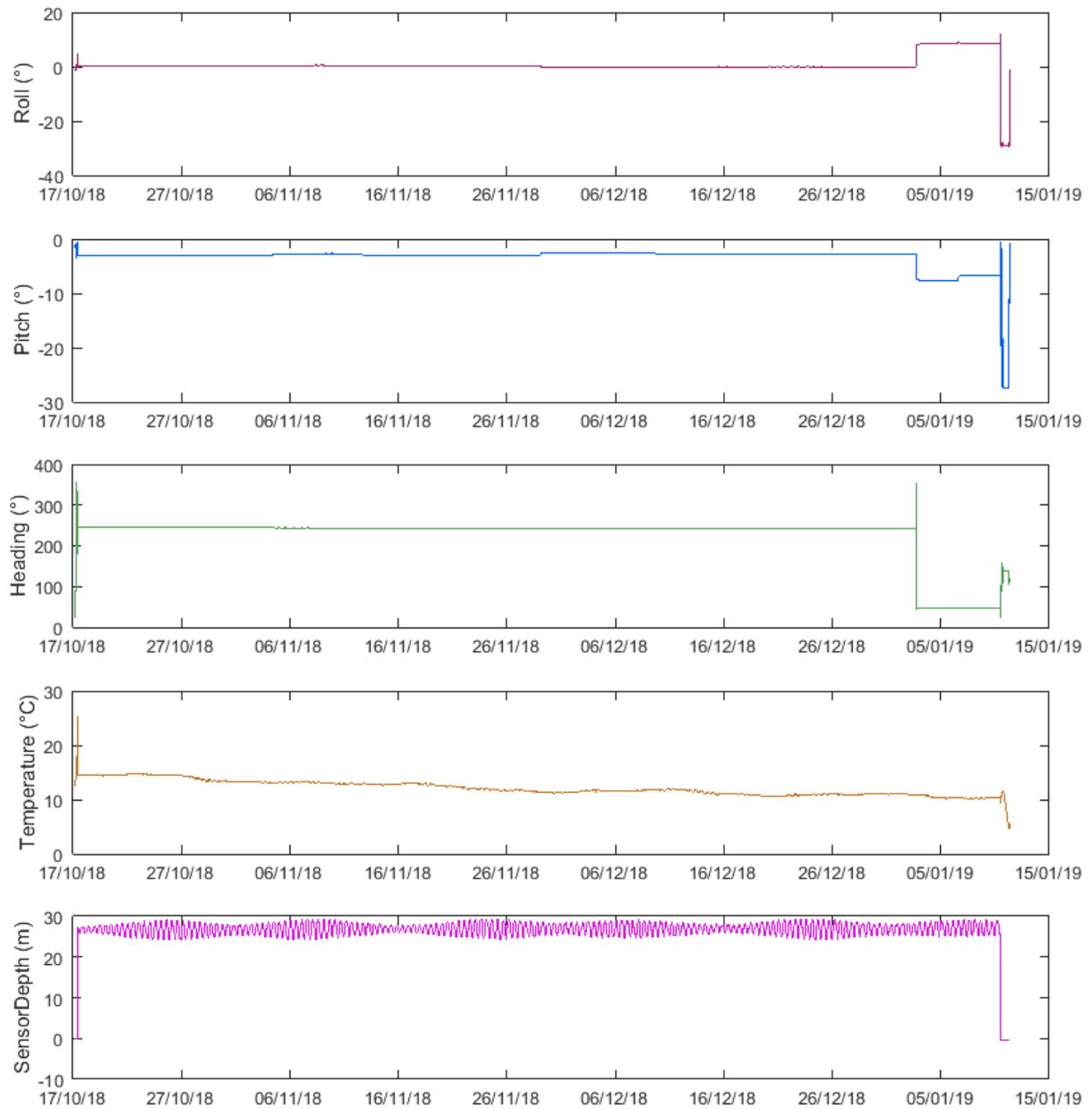
L'ensemble des données enregistrées par l'ADCP de La Lambarde est de bonne qualité. Il n'y a pas eu d'obstruction des transducteurs, ni de problème matériel, comme en atteste les informations de corrélation et d'intensité du signal acoustique de l'ADCP.

Il est à noter que le 02 janvier 2019, entre 17H19 et 17H49 TU, l'ensemble du dispositif a été chaluté et déplacé sur plusieurs kilomètres de sa position initiale. Les capteurs de comportement ont tous enregistré l'évènement :

- Le heading (cap) de l'ADCP est passé de 242°/N à 45°/N ;
- Le pitch (tangage) est passé de -2°/N à -8°/N ;
- Le roll (roulis) est passé de 0°/N à +10°/N

La structure porteuse a été déformée mais pas retournée. L'ADCP a continué à enregistrer pendant le reste de la période mais les données de courant, de hauteur d'eau et de vagues ne sont plus valides soit parce qu'elles ne sont plus représentatives de la zone d'étude (courants, hauteur d'eau et vagues) et/ou parce que l'appareil n'était plus positionné verticalement ce qui affecte la qualité de la mesure (courants).

Les données enregistrées à partir de 17h19, le 02 janvier 2019 ont été supprimées.



**Figure A.1.1 : Paramètres d'inclinaison (tangage, roulis et cap), température et profondeur du capteur de pression de l'ADCP de La Lambarde, entre le 17 octobre 2018 et le 10 janvier 2019.**

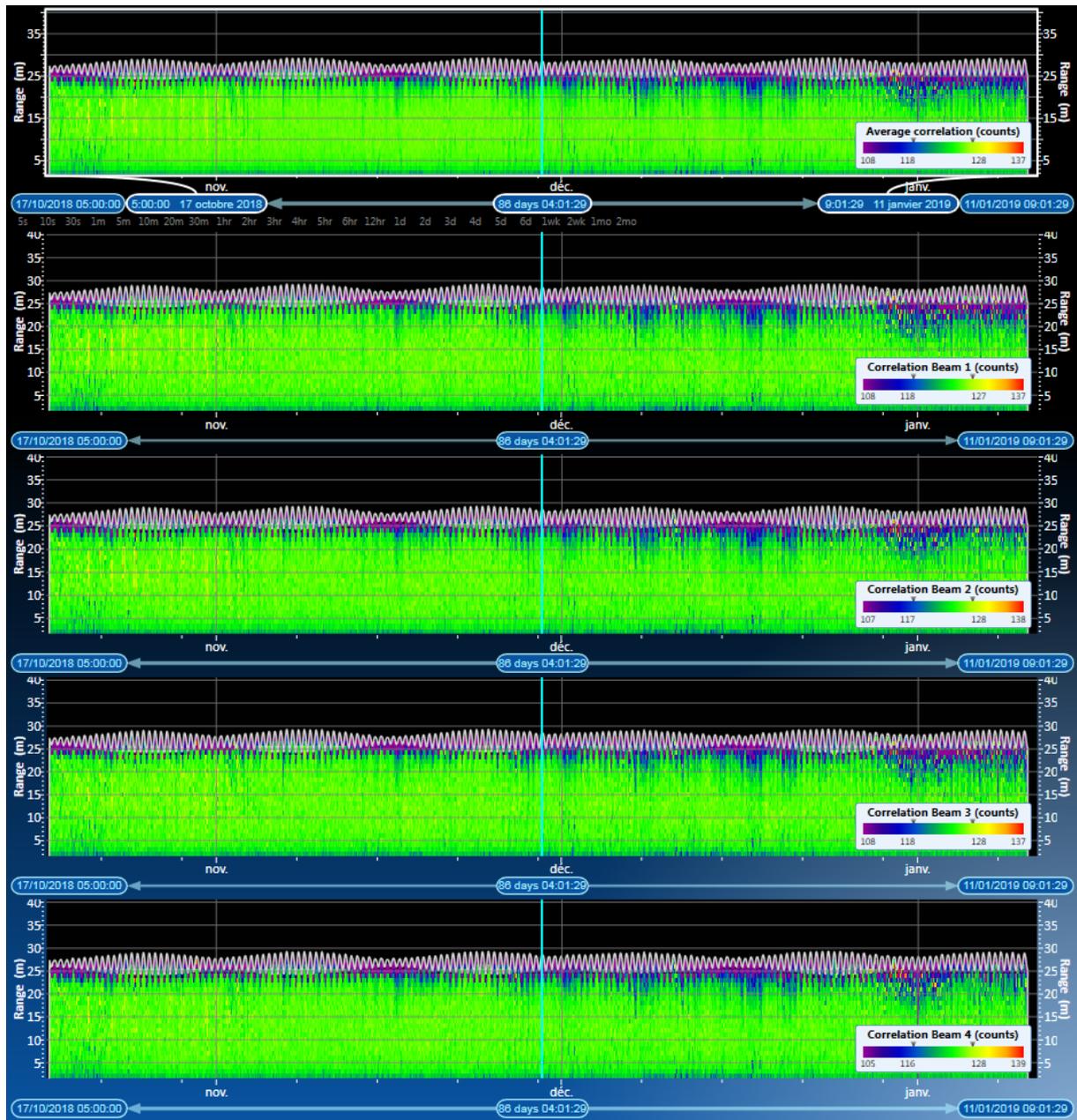


Figure A.1.2 : Corrélations moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP de La Lambarde, entre le 17 octobre 2018 et le 10 janvier 2019.

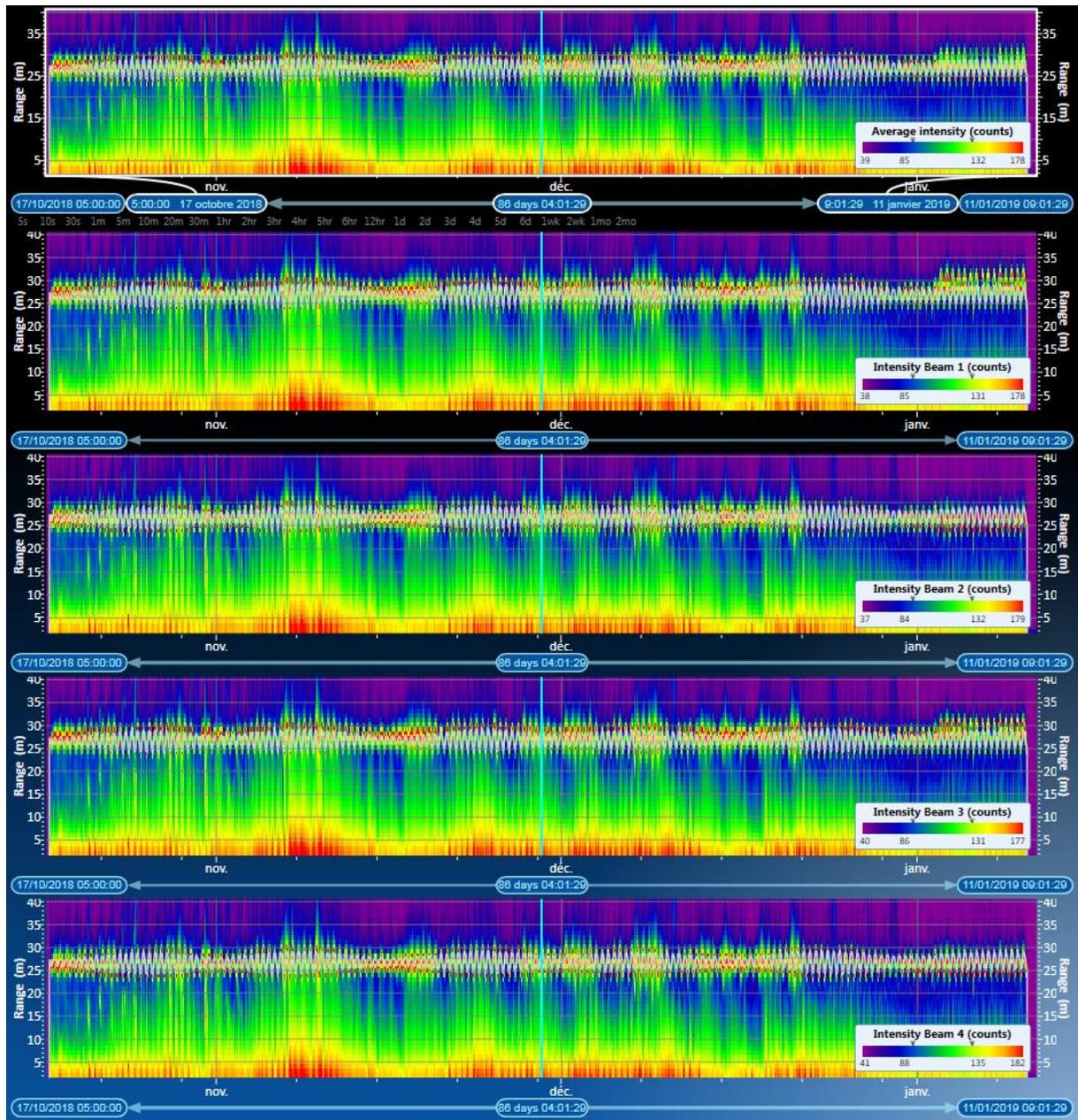
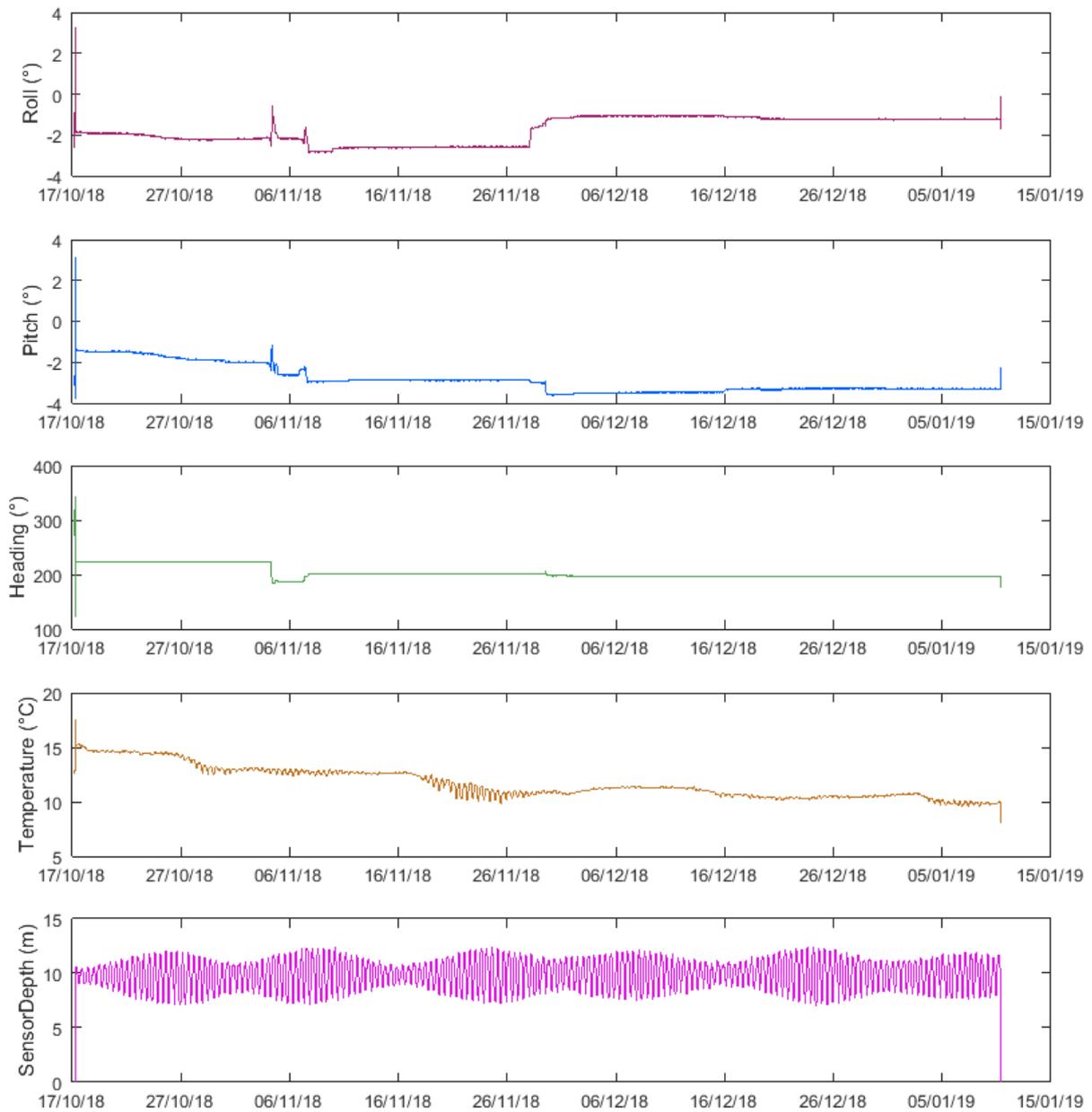


Figure A.1.3 : Intensités moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP de La Lambarde, entre le 17 octobre 2018 et le 10 janvier 2019.

## **STATION CHATELIER**

L'ensemble des données enregistrées par l'ADCP de La Lambarde est de bonne qualité. Il n'y a pas eu d'obstruction des transducteurs, ni de problème matériel, comme en atteste les informations de corrélation et d'intensité du signal acoustique de l'ADCP.

Les capteurs de comportement n'ont pas enregistré d'évènements particuliers. La structure est restée relativement stable durant toute la période de mesure. Les informations de comportement données par le pitch et le roll attestent que la structure était posée quasiment à plat. De légers mouvements sont enregistrés au cours du temps, liés à l'affouillement et l'ensablement de la structure.



**Figure A.1.4 : Paramètres d'inclinaison (tangage, roulis et cap), température et profondeur du capteur de pression de l'ADCP du Châtelier, entre le 17 octobre 2018 et le 10 janvier 2019.**

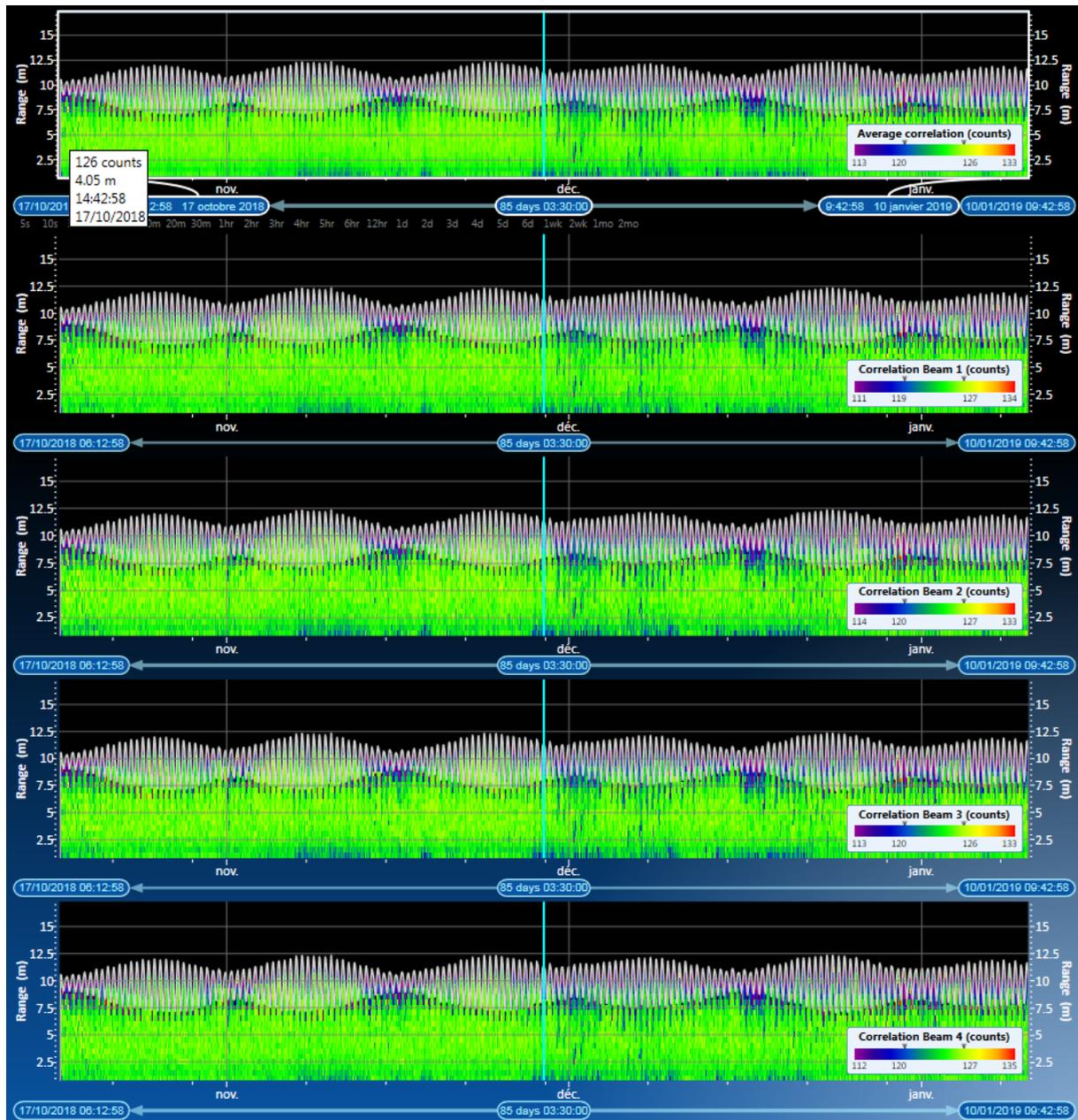


Figure A.1.5 : Corrélations moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP du Châtelier, entre le 17 octobre 2018 et le 10 janvier 2019.

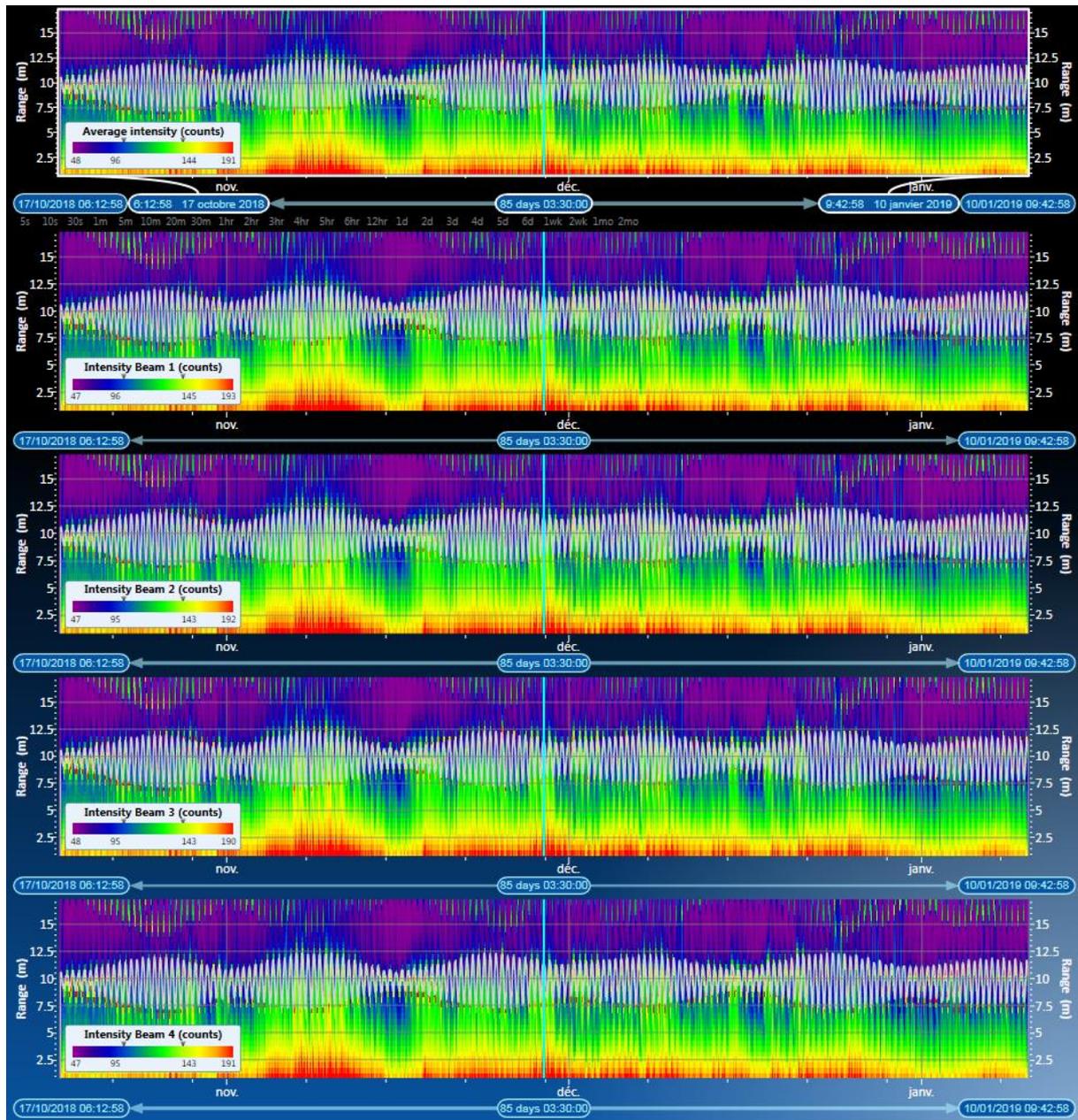


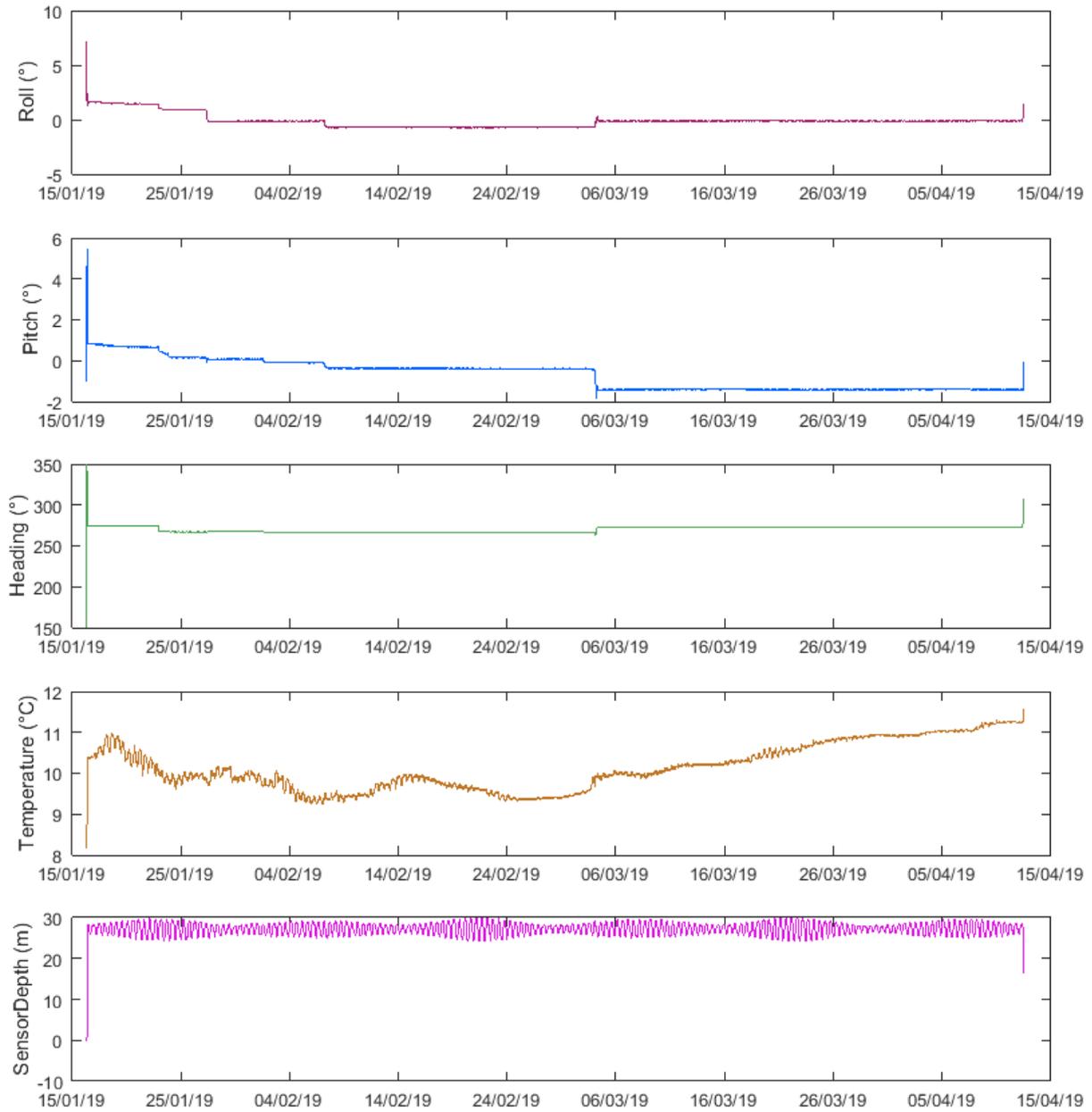
Figure A.1.6 : Intensités moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP du Châtelier, entre le 17 octobre 2018 et le 10 janvier 2019.

## **PERIODE 2 : JANVIER 2019 A AVRIL 2019**

### **STATION LAMBARDE**

L'ensemble des données enregistrées par l'ADCP de La Lambarde est de bonne qualité. Il n'y a pas eu d'obstruction des transducteurs, ni de problème matériel, comme en atteste les informations de corrélation et d'intensité du signal acoustique de l'ADCP.

Les capteurs de comportement de l'ADCP n'ont pas enregistré d'évènements particuliers. La structure est restée relativement stable durant toute la période de mesure. Les informations de comportement données par le pitch et le roll attestent que la structure était posée quasiment à plat. De légers mouvements sont enregistrés au cours du temps, liés à l'affouillement et l'ensablement de la structure.



**Figure A.1.7 : Paramètres d'inclinaison (tangage, roulis et cap), température et profondeur du capteur de pression de l'ADCP de La Lamberde, entre le 15 janvier 2019 et le 15 avril 2019.**

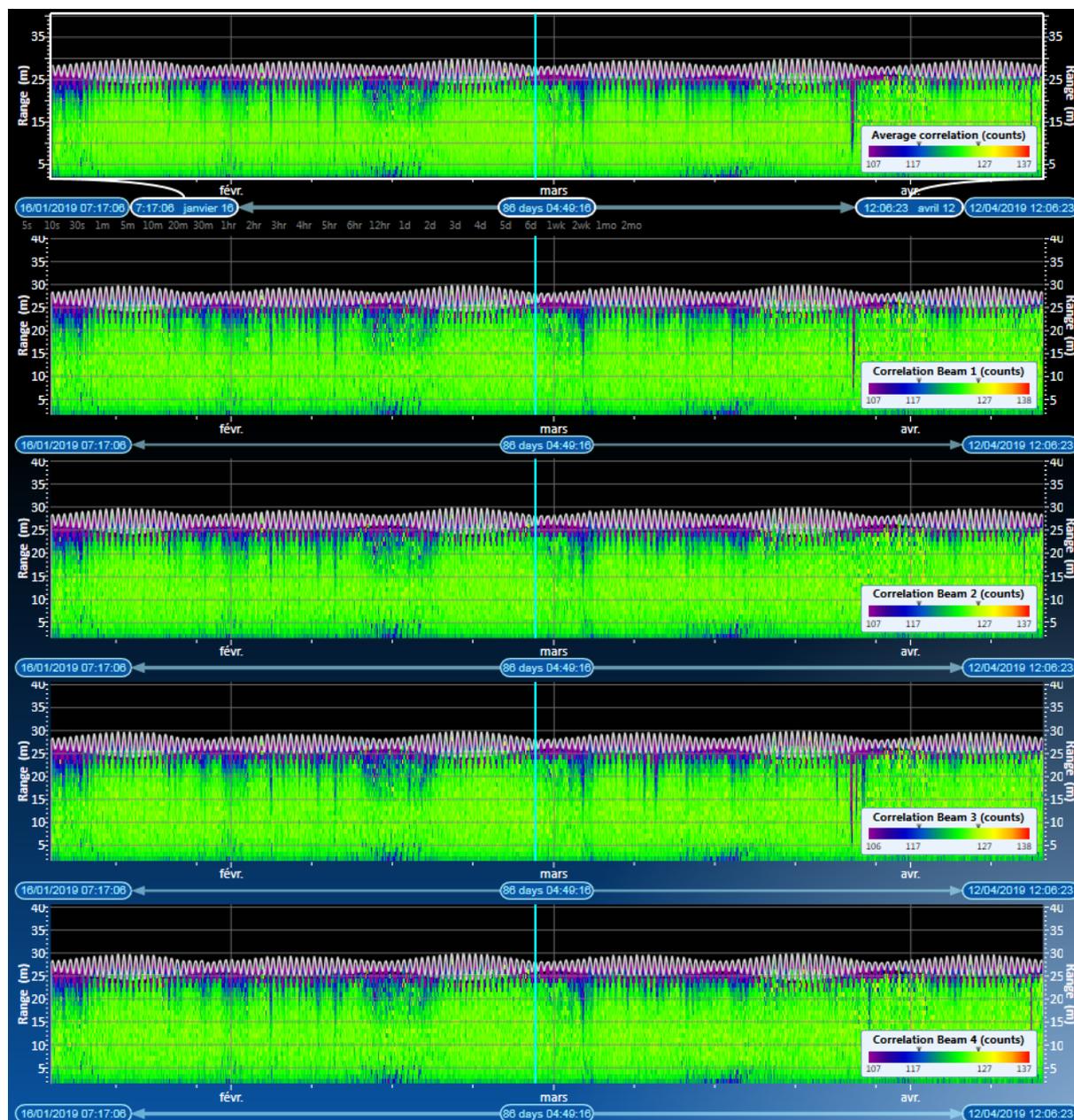
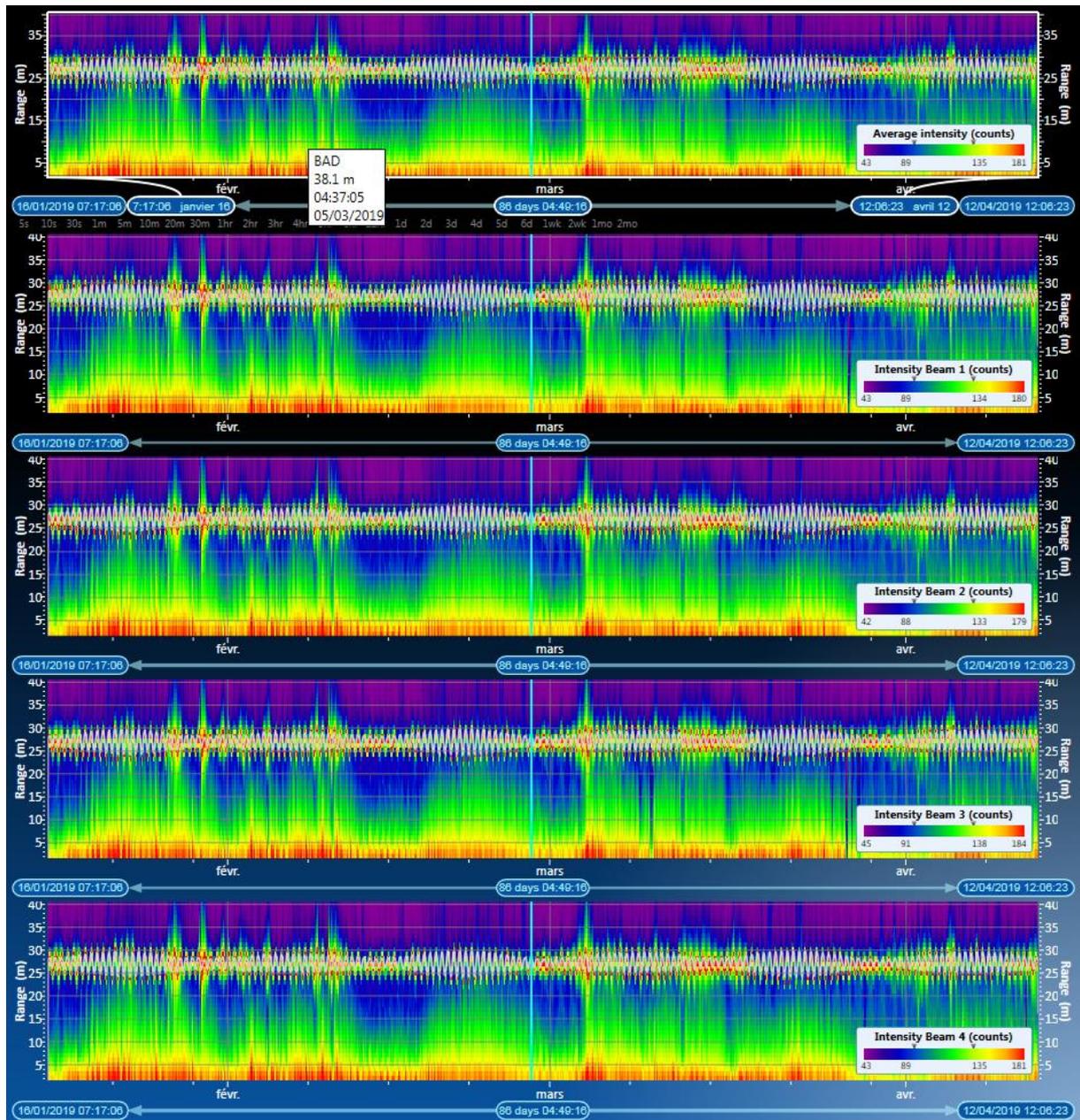


Figure A.1.8 : Correlations moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP de La Lamarde, entre le 15 janvier 2019 et le 15 avril 2019.



**Figure A.1.9 : Intensités moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP de La Lambarde, entre le 15 janvier 2019 et le 15 avril 2019.**

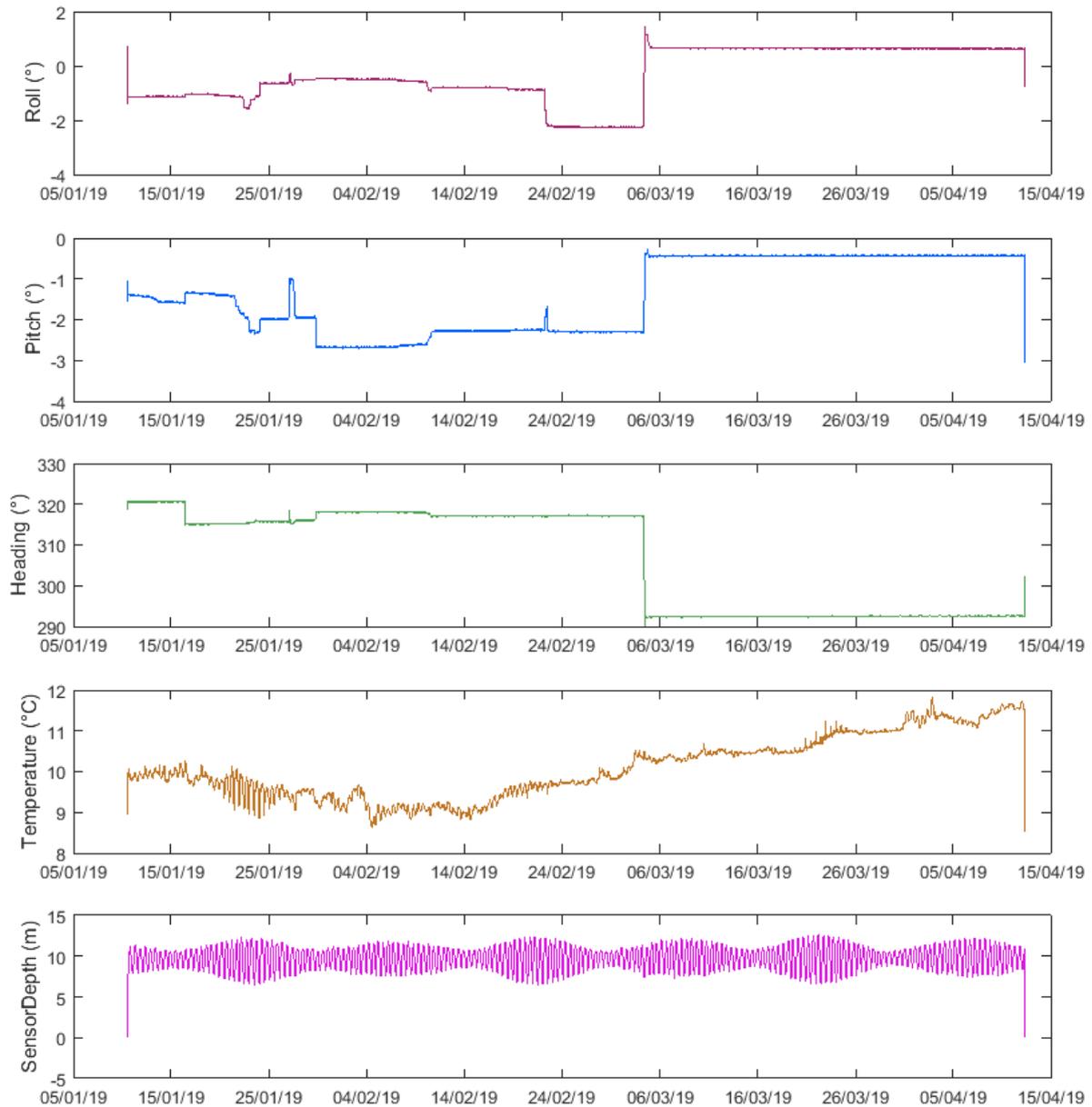
## STATION CHATELIER

L'ensemble des données enregistrées par l'ADCP du Châtelier est de bonne qualité. Il n'y a pas eu d'obstruction des transducteurs, ni de problème matériel, comme en atteste les informations de corrélation et d'intensité du signal acoustique de l'ADCP.

Les capteurs de comportement n'ont pas enregistré d'évènements particuliers jusqu'au 5 mars 2019. La structure est restée relativement stable jusqu'à ce moment-là. Les informations de comportement données par le pitch et le roll attestent que la structure était posée quasiment à plat. De légers mouvements sont enregistrés au cours du temps, liés à l'affouillement et l'ensablement de la structure.

En revanche, entre le 5 et le 6 mars 2019, un évènement provoque une rotation d'une trentaine de degrés de la structure. La station a été retrouvée au même endroit que lors de sa réinstallation début janvier. Il est probable que quelque chose a accroché brièvement la ligne reliant le corps mort à la structure porteuse sans entraîner de déplacement conséquent de cette dernière. La structure est restée quasiment à plat. Cet évènement n'a pas eu de conséquence sur la qualité des enregistrements.

Les mesures de courant et de vague sont donc valides même après cet évènement.



**Figure A.1.10 : Paramètres d'inclinaison (tangage, roulis et cap), température et profondeur du capteur de pression de l'ADCP du Châtelier, entre le 15 janvier 2019 et le 15 avril 2019.**

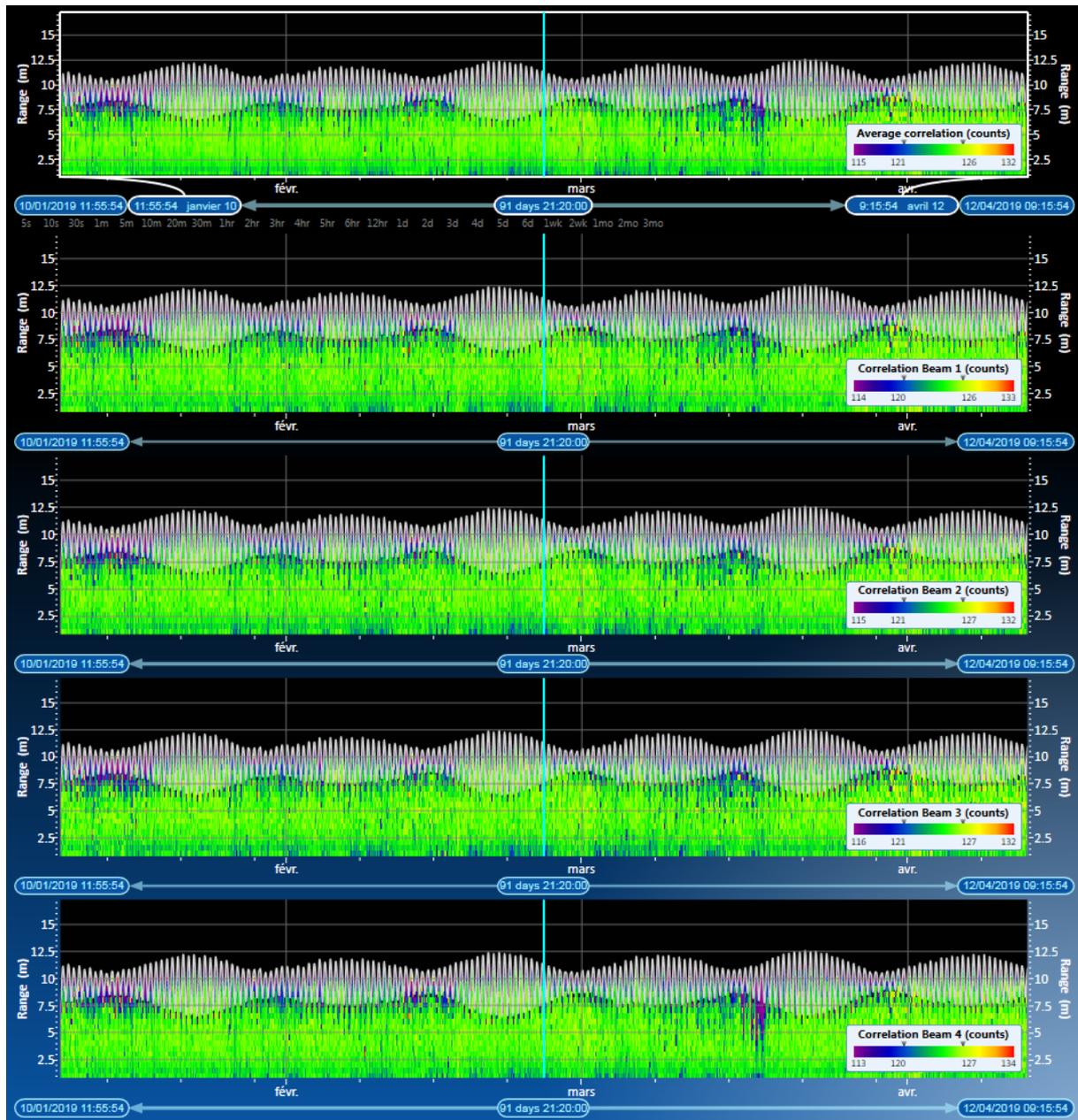


Figure A.1.11 : Corrélations moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP du Châtelier, entre le 15 janvier 2019 et le 15 avril 2019.

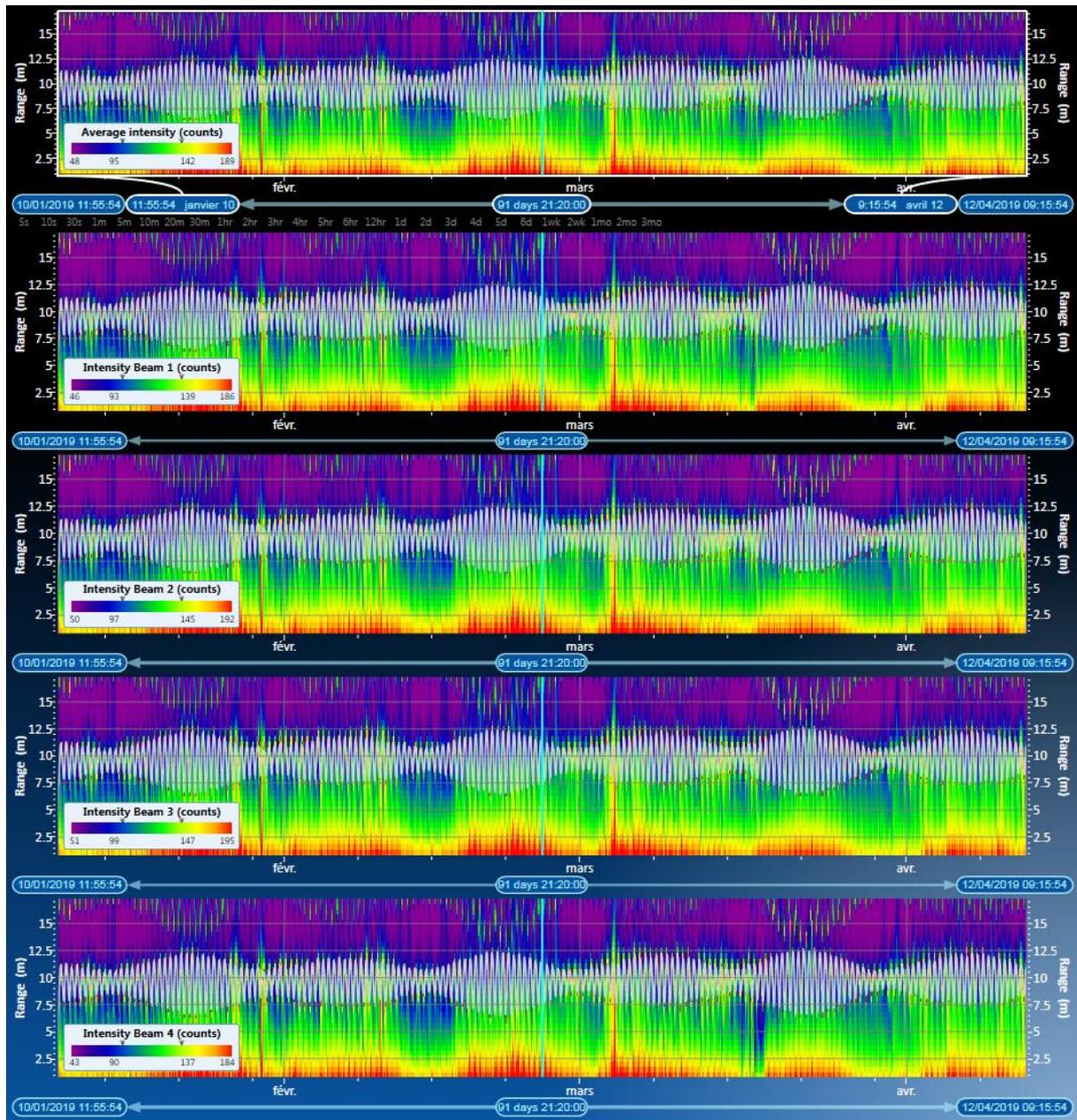


Figure A.1.12 : Intensités moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP du Châtelier, entre le 15 janvier 2019 et le 15 avril 2019.

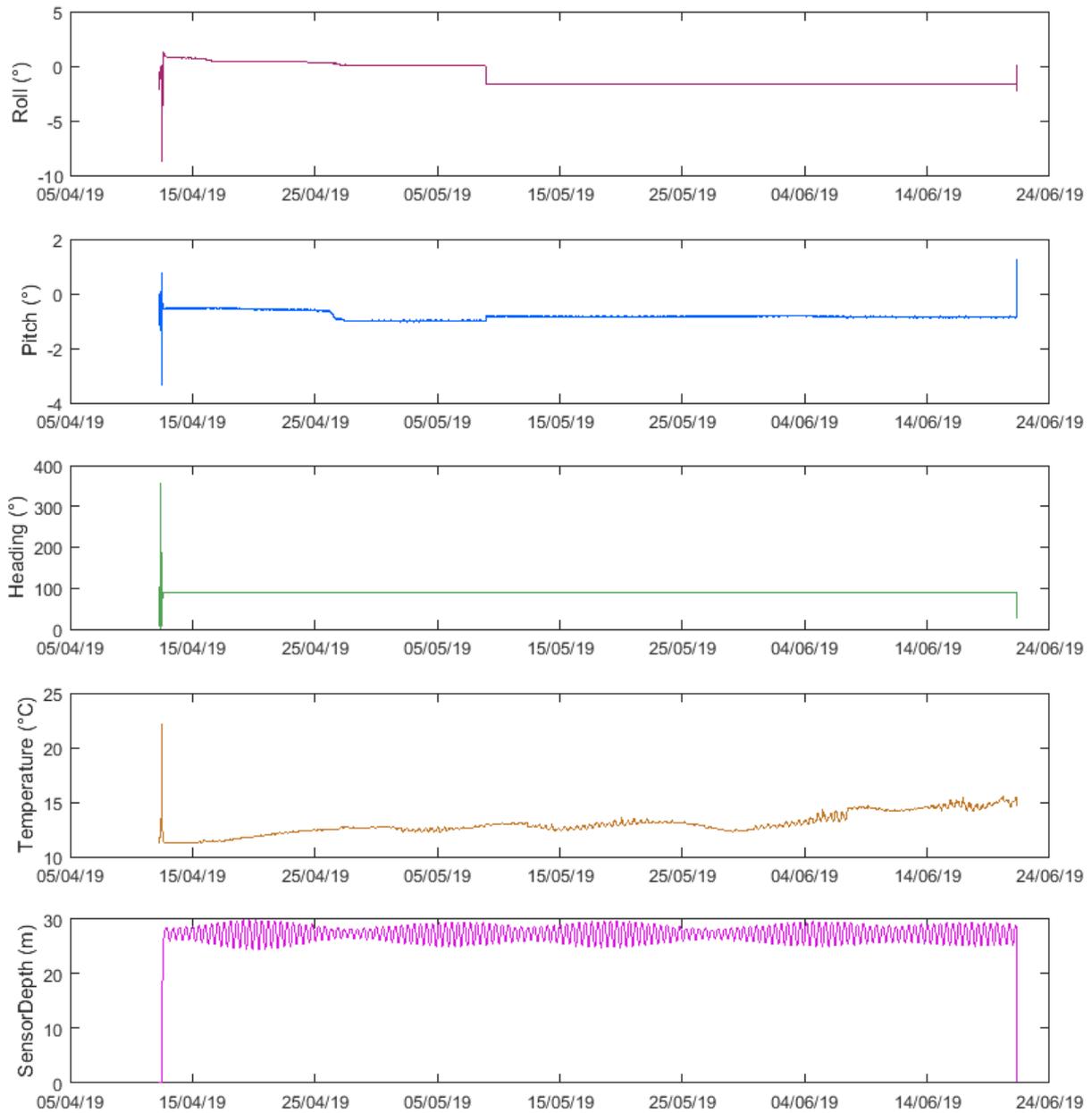
## **PERIODE 3 : AVRIL 2019 A JUIN 2019**

### **STATION LAMBARDE**

L'ensemble des données enregistrées par l'ADCP de La Lambarde est de bonne qualité. Il n'y a pas eu d'obstruction des transducteurs, ni de problème matériel, comme en atteste les informations de corrélation et d'intensité du signal acoustique de l'ADCP.

Les capteurs de comportement de l'ADCP n'ont pas enregistrés d'évènements particuliers. La structure est restée relativement stable durant toute la période de mesure. Les informations de comportement données par le pitch et le roll attestent que la structure était posée quasiment à plat.

D'infimes mouvements sont enregistrés au cours du temps, liés à l'affouillement et l'ensablement de la structure.



**Figure A.1.13 : Paramètres d'inclinaison (tangage, roulis et cap), température et profondeur du capteur de pression de l'ADCP de La Lambarde, entre le 12 avril 2019 et le 21 juin 2019.**

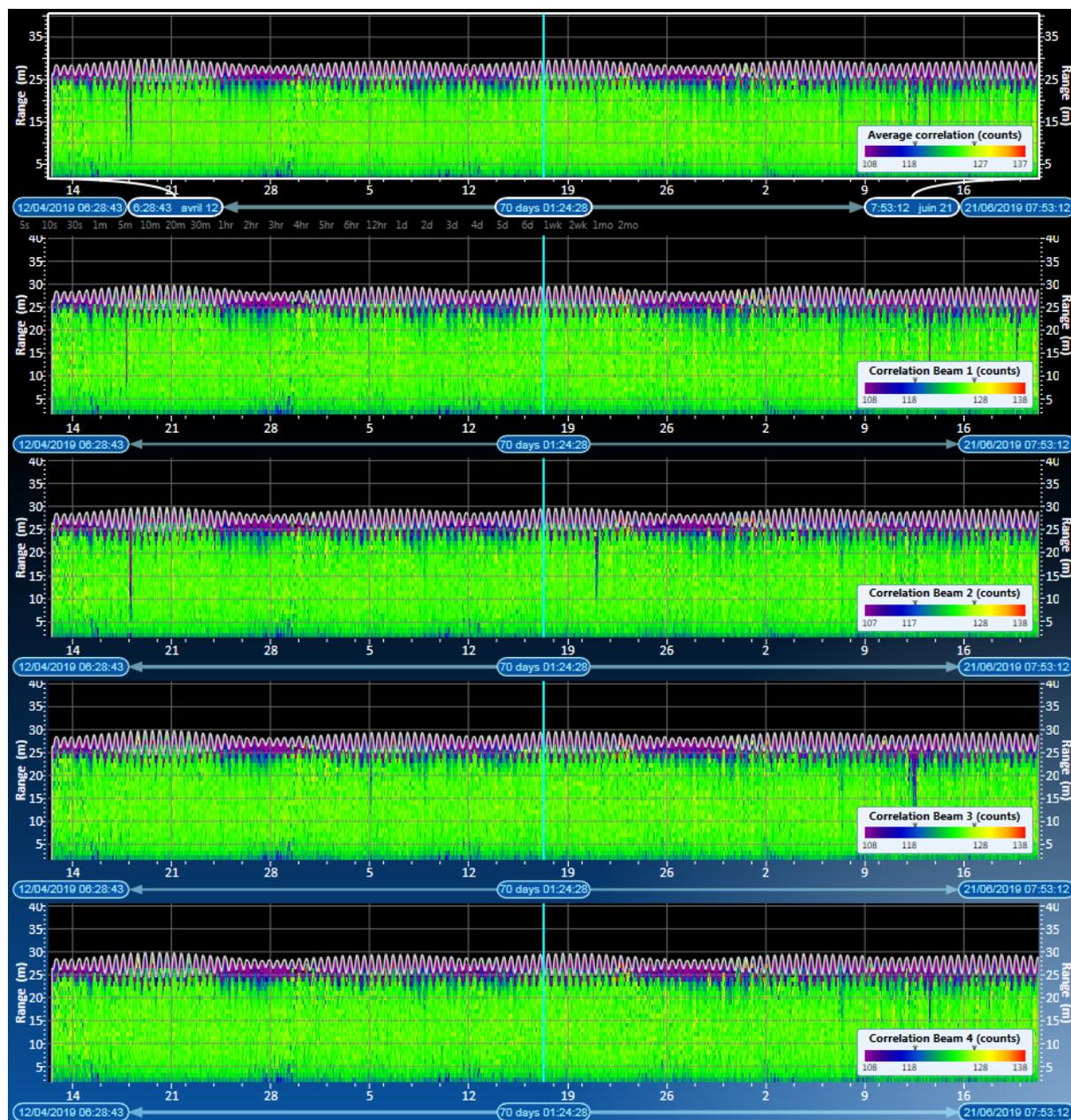


Figure A.1.14 : Corrélations moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP de La Lambarde, entre le 12 avril 2019 et le 21 juin 2019.

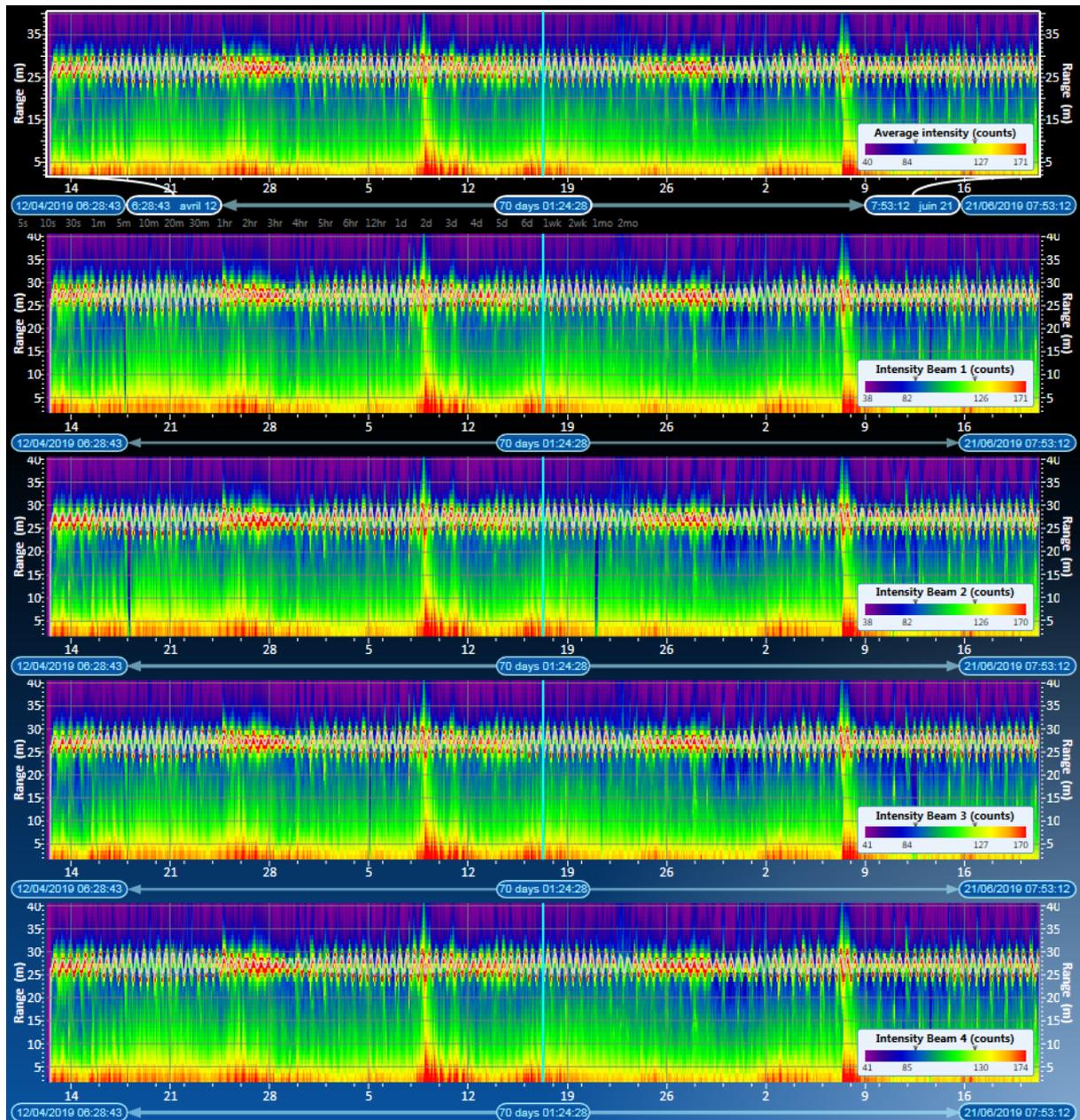


Figure A.1.15 : Intensités moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP de La Lambarde, entre le 12 avril 2019 et le 21 juin 2019.

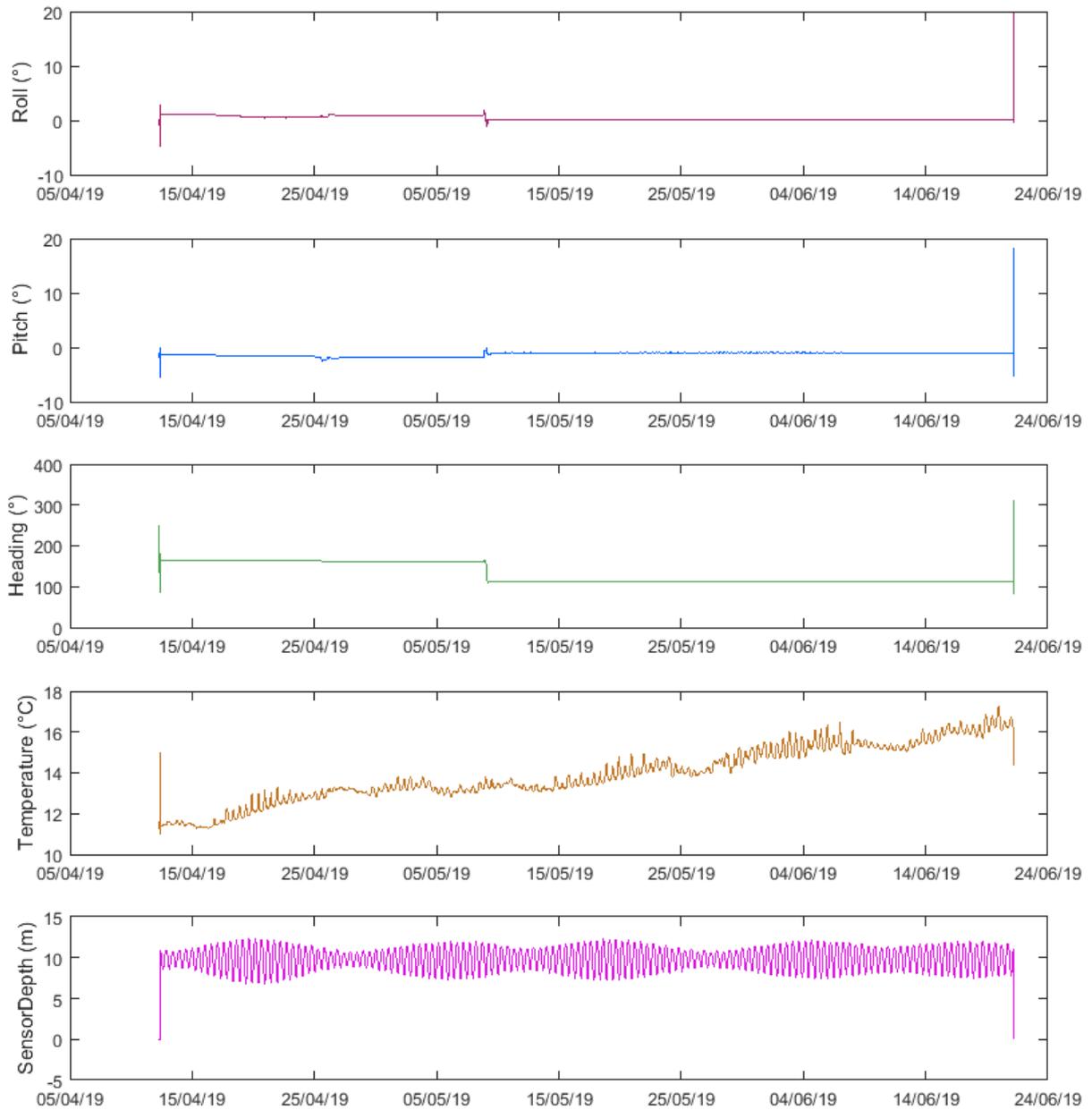
## STATION CHATELIER

L'ensemble des données enregistrées par l'ADCP du Châtelier est de bonne qualité, bien qu'en fin de période des obstructions partielles des transducteurs soient visibles. Ces dernières sont liées à la présence de crabes (Araignées de mer) qui ont été observés par le plongeur lors de la maintenance du matériel en juin 2019. Les crabes étaient agglutinés sur toute la structure et sur l'ADCP en constituant une sorte de pyramide.

Les capteurs de comportement n'ont pas enregistré d'évènements particuliers jusqu'au 8 mai 2019. La structure est restée relativement stable jusqu'à ce moment-là. Les informations de comportement données par le pitch et le roll attestent que la structure était posée quasiment à plat. De légers mouvements sont enregistrés au cours du temps, liés à l'affouillement et l'ensablement de la structure.

En revanche, vers le 8 mai 2019, un évènement provoque une rotation d'une cinquantaine de degrés de la structure. La station a été retrouvée au même endroit que lors de sa réinstallation fin juin. La structure est restée quasiment à plat. Cet évènement n'a pas eu de conséquence sur la qualité des enregistrements.

Malgré l'obstruction partielle des transducteurs par les crabes et le léger déplacement de la structure, les mesures de courant et de vague sont valides.



**Figure A.1.16 : Paramètres d'inclinaison (tangage, roulis et cap), température et profondeur du capteur de pression de l'ADCP du Châtelier, entre le 12 avril 2019 et le 21 juin 2019.**

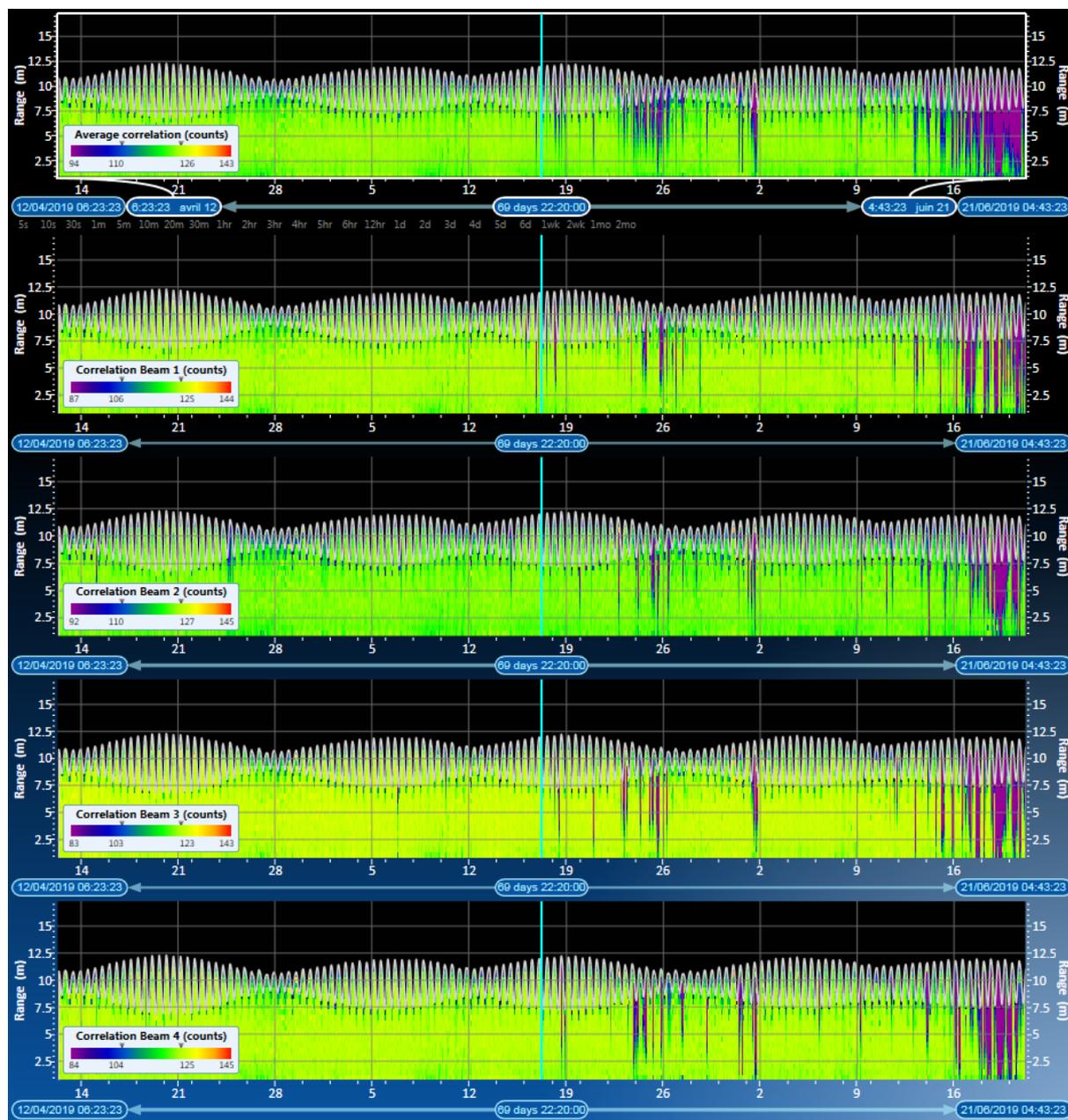


Figure A.1.17 : Corrélations moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP du Châtelier, entre le 12 avril 2019 et le 21 juin 2019.

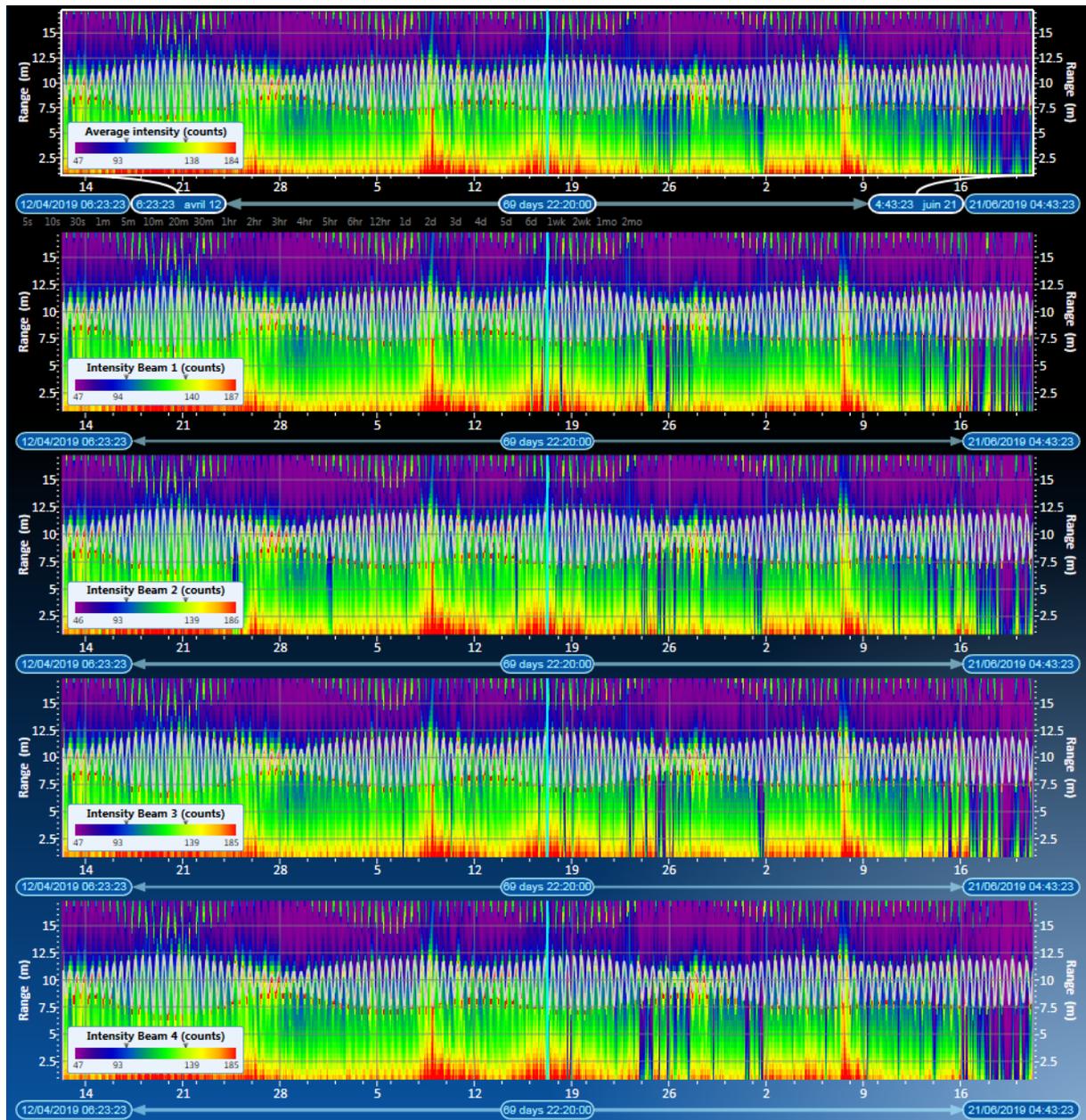


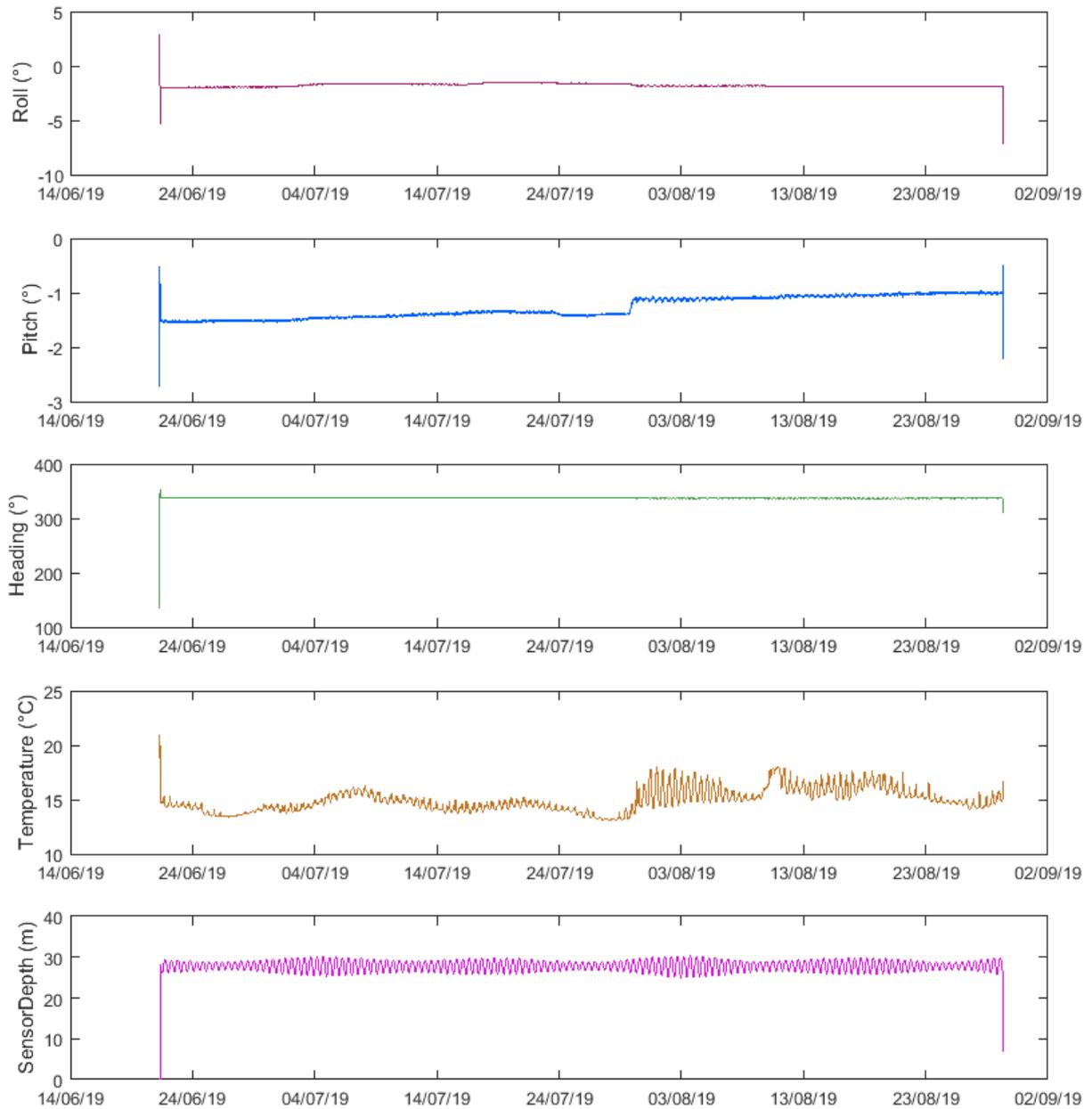
Figure A.1.18 : Intensités moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP du Châtelier, entre le 12 avril 2019 et le 21 juin 2019.

## **PERIODE 4 : JUIN 2019 A AOUT 2019**

### **STATION LAMBARDE**

L'analyse des données des différents capteurs de l'ADCP ne montre pas de problème de stabilité de la structure. D'infimes mouvements sont enregistrés au cours du temps, liés à l'affouillement et l'ensablement de la structure.

L'ensemble des données enregistrées par l'ADCP de La Lambarde est de bonne qualité. Il n'y a pas eu d'obstruction des transducteurs, ni de problème matériel, comme en atteste les informations de corrélation et d'intensité du signal acoustique de l'ADCP.



**Figure A.1.19 : Paramètres d'inclinaison (tangage, roulis et cap), température et profondeur du capteur de pression de l'ADCP de La Lambarde, entre le 21 juin 2019 et le 29 août 2019.**

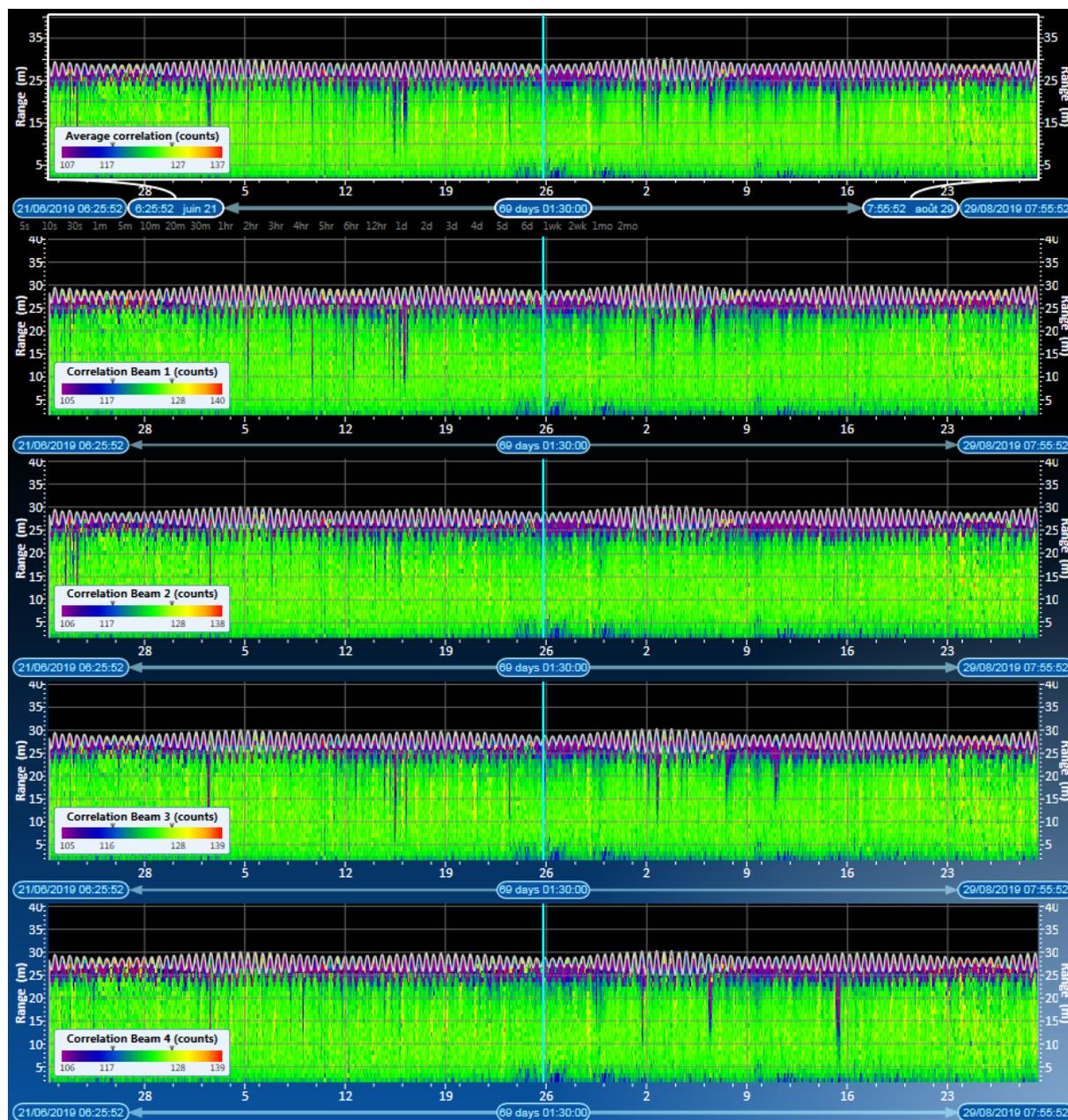


Figure A.1.20 : Corrélations moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP de La Lambarde, entre le 21 juin 2019 et le 29 août 2019.

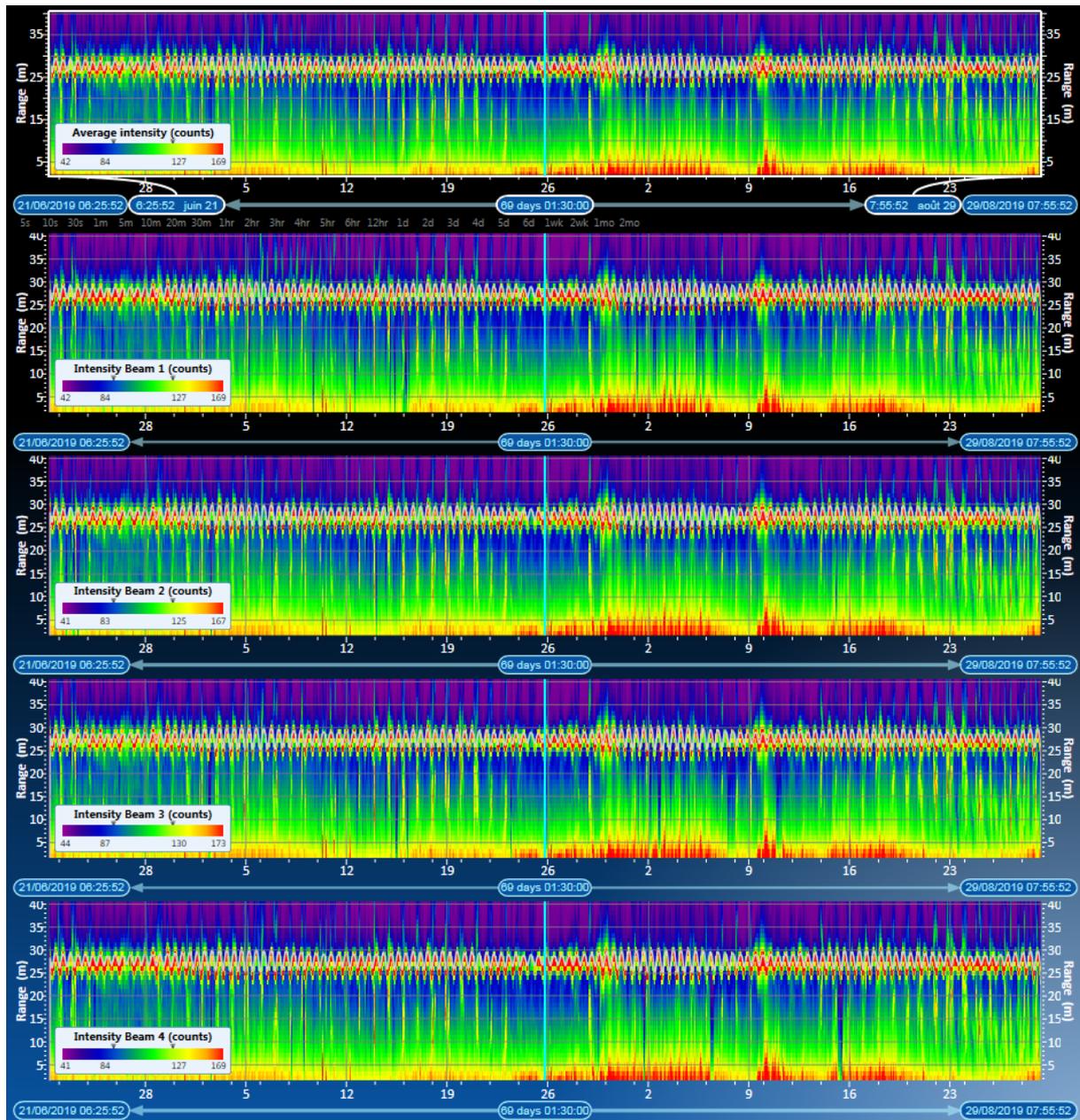


Figure A.1.21 : Intensités moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP de La Lambarde, entre le 21 juin 2019 et le 29 août 2019.

## STATION CHATELIER

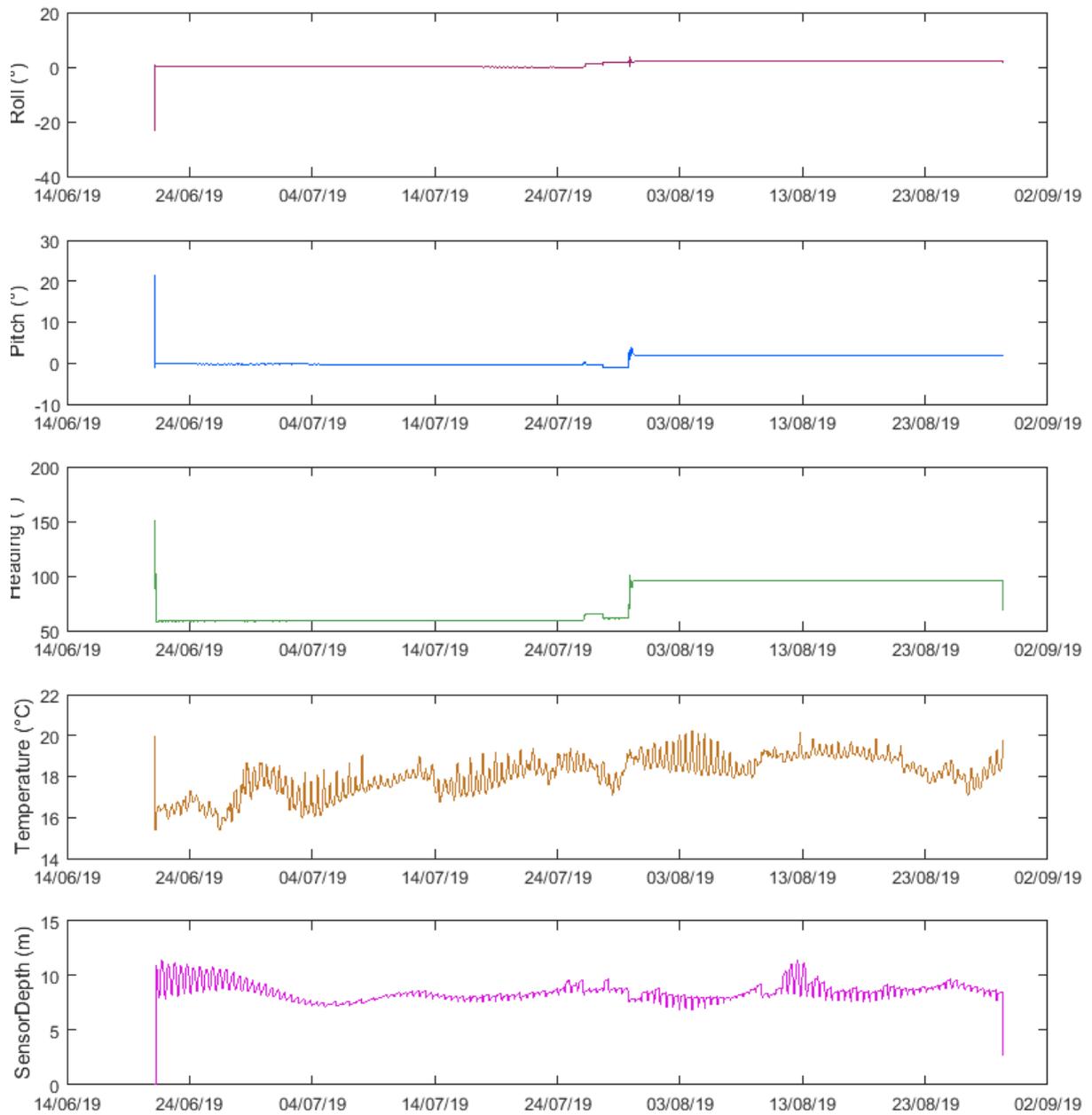
Des périodes d'obstructions partielles des transducteurs sont visibles. Ces dernières sont probablement liées à la présence de crabes (Araignées de mer) qui ont été observés par le plongeur lors de la maintenance du matériel en juin 2019.

Un problème est apparu sur le capteur de pression. Quelques jours après la remise à l'eau de l'ADCP, le capteur a montré des signes de dysfonctionnement dont l'origine n'a pu être déterminée. Les données de hauteur d'eau sont de mauvaise qualité jusqu'à la fin de la période d'enregistrement. Cette défaillance a des conséquences sur les calculs des caractéristiques des vagues. Ainsi, les directions des vagues sont mal calculées.

Les capteurs de comportement n'ont pas enregistré d'évènements particuliers jusqu'au 29 juillet 2019. La structure est restée relativement stable jusqu'à ce moment-là. Les informations de comportement données par le pitch et le roll attestent que la structure était posée quasiment à plat. De légers mouvements sont enregistrés au cours du temps, liés à l'affouillement et l'ensablement de la structure.

En revanche, le 29 juillet 2019, un évènement provoque une rotation d'une vingtaine de degrés de la structure. La station a été retrouvée au même endroit que lors de sa réinstallation fin juin. La structure est restée quasiment à plat. Cet évènement n'a pas eu de conséquence sur la qualité des enregistrements.

L'ensemble des données enregistrées par l'ADCP du Châtelier est de bonne qualité. Malgré l'obstruction partielle des transducteurs (probablement due à la présence d'araignées de mer), le léger déplacement de la structure et le problème de fonctionnement du capteur de pression, les mesures de courant et de vague (sauf les directions) sont valides.



**Figure A.1.22 : Paramètres d'inclinaison (tangage, roulis et cap), température et profondeur du capteur de pression de l'ADCP du Châtelier, entre le 21 juin 2019 et le 29 août 2019.**

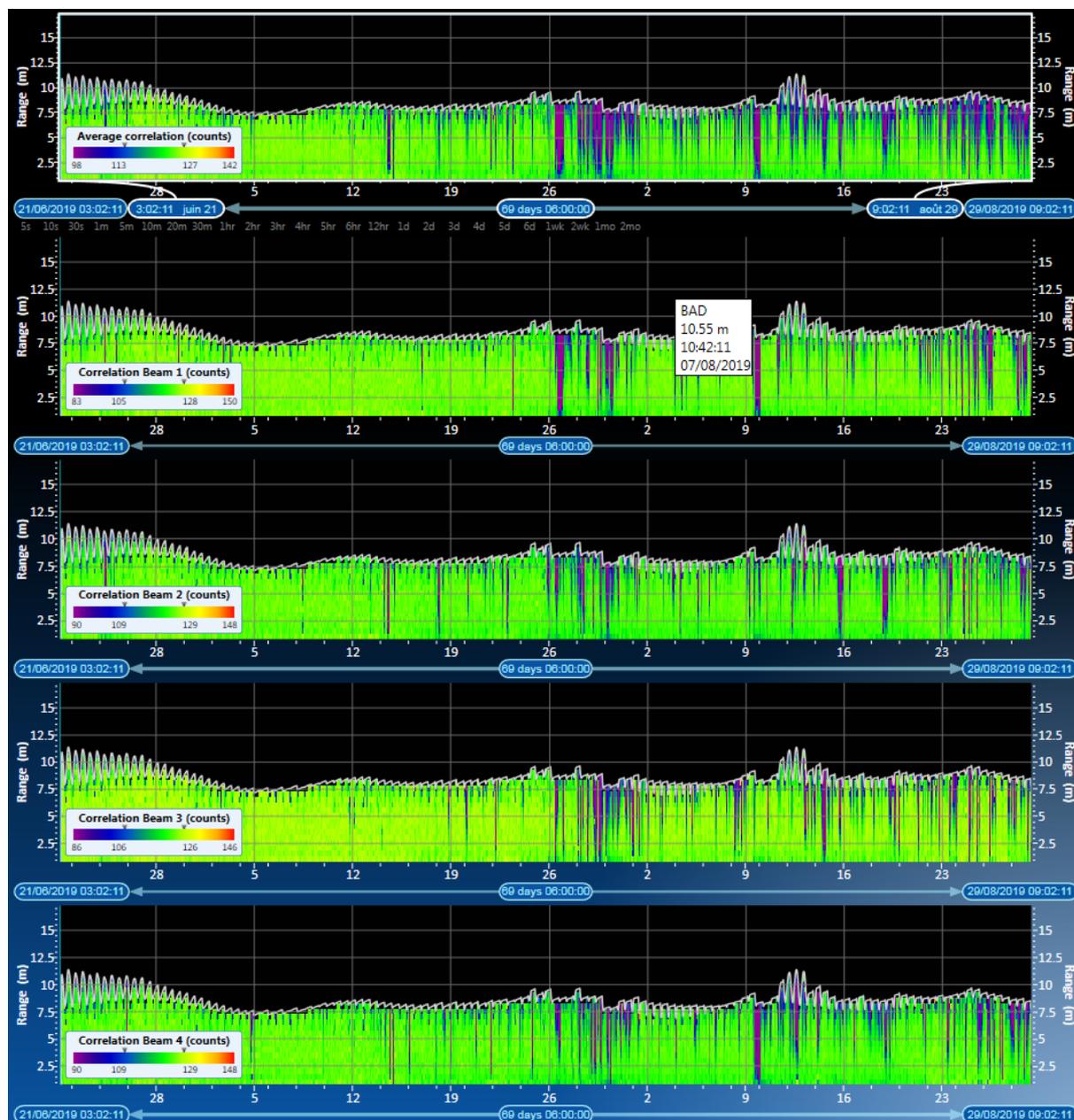


Figure A.1.23 : Corrélations moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP du Châtelier entre le 21 juin 2019 et le 29 août 2019.

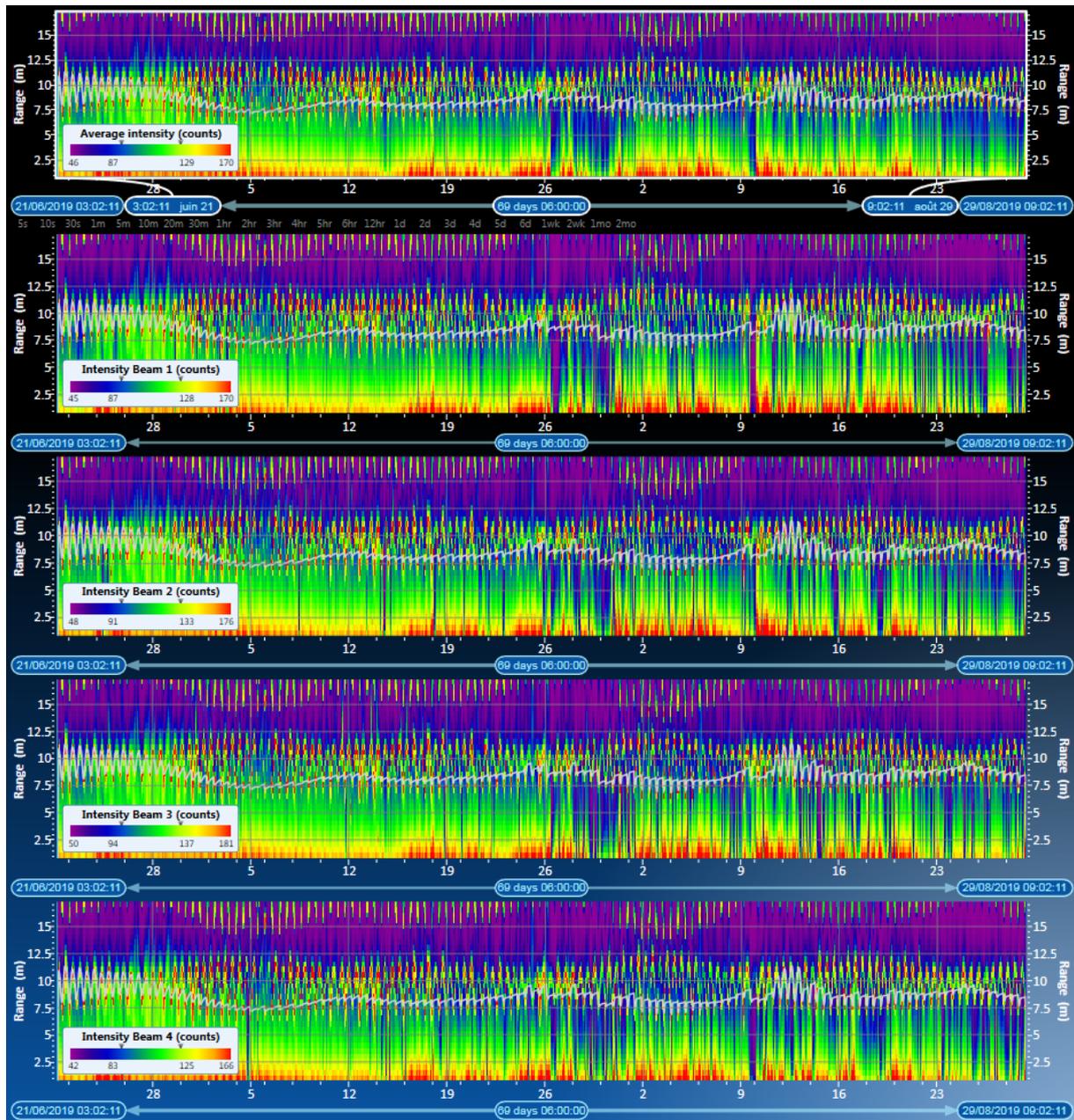


Figure A.1.24 : Intensités moyennes et des transducteurs n°1, 2, 3 et 4 des mesures de l'ADCP du Châtelier, entre le 21 juin 2019 et le 29 août 2019.

## **ANNEXE 2 : STATISTIQUE MENSUELLES DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES**

**GPMNSN**  
**DRAGAGES D'ENTRETIEN ET IMMERSIONS A LA LAMBARDE**  
**CAMPAGNE DE MESURES EN MER – ANALYSE DES DONNEES – RA4**

<b>Statistiques mensuelles Lambarde Surface</b>												
	<b>MOY 5min</b>											
	<b>Oct 2018</b>	<b>Nov 2018</b>	<b>Déc 2018</b>	<b>Jan 2019</b>	<b>Fév 2019</b>	<b>Mars 2019</b>	<b>Avr 2019</b>	<b>Mai 2019</b>	<b>Juin 2019</b>	<b>Juili 2019</b>	<b>AOût 2019</b>	
<b>Température (°C)</b>	<i>min</i>	13.16	9.63	8.92	8.44	7.22	9.60	10.55	12.74	14.25	16.46	17.38
	<i>moy</i>	14.63	12.20	11.29	9.54	9.21	10.55	12.06	14.12	17.05	18.79	18.64
	<i>max</i>	16.74	13.27	11.83	10.29	11.24	13.02	15.79	19.23	22.38	22.63	20.59
	<i>std</i>	0.55	0.83	0.33	0.31	0.47	0.55	0.85	1.11	1.78	1.15	0.54
<b>Salinité (g/L)</b>	<i>min</i>	31.72	30.80	23.72	27.68	15.50	20.45	17.74	26.86	23.97	30.24	16.52
	<i>moy</i>	34.45	34.69	33.88	33.56	30.80	31.07	32.36	32.76	32.59	33.29	30.27
	<i>max</i>	35.10	35.72	35.59	34.87	34.58	33.87	34.68	34.82	34.43	34.67	32.88
	<i>std</i>	0.63	0.67	2.06	1.10	3.01	2.29	2.25	1.31	1.17	0.78	4.05
<b>Oxygène dissous (mg/L)</b>	<i>min</i>	9.57	9.72	2.53	11.27	11.01	10.50	10.70	10.65	9.61	7.09	5.87
	<i>moy</i>	10.04	10.50	10.98	11.60	11.85	11.80	11.55	11.92	11.44	9.83	7.62
	<i>max</i>	11.28	11.36	11.80	11.98	12.53	14.75	13.87	14.13	15.24	11.99	8.91
	<i>std</i>	0.27	0.22	0.92	0.14	0.25	0.48	0.44	0.63	0.87	0.84	0.64
<b>Saturation en Oxygène dissous (%)</b>	<i>min</i>	116.25	93.78	29.12	119.23	110.11	114.37	118.77	125.71	116.87	91.05	75.84
	<i>moy</i>	122.16	121.60	124.20	126.11	125.59	129.07	131.51	142.12	144.45	128.72	97.55
	<i>max</i>	137.57	129.38	130.92	130.93	132.42	165.93	156.45	175.75	203.01	157.26	114.17
	<i>std</i>	3.76	1.80	10.28	1.61	3.39	5.85	5.99	9.24	14.20	11.82	7.36
<b>Turbidité (NTU)</b>	<i>min</i>	0.00	0.40	1.28	0.00	0.36	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>moy</i>	0.78	8.08	4.38	2.57	3.50	3.35	5.52	0.03	0.03	0.09	0.20
	<i>max</i>	5.81	129.25	15.96	11.05	12.99	30.16	50.10	1.30	1.30	6.10	9.45
	<i>std</i>	0.77	13.18	2.24	1.92	1.73	1.76	11.39	0.09	0.09	0.40	0.54
<b>Chlorophylle a (µg/L)</b>	<i>min</i>	1.38	0.15	0.83	0.70	0.65	0.74	0.34	0.94	0.52	0.50	
	<i>moy</i>	4.39	1.98	1.50	1.91	1.80	2.48	2.31	5.72	4.35	5.48	
	<i>max</i>	14.84	5.53	2.69	4.98	4.13	10.57	12.73	22.42	57.92	57.92	
	<i>std</i>	1.86	0.49	0.24	0.49	0.48	0.90	1.18	3.20	4.25	7.40	

**GPMNSN**  
**DRAGAGES D'ENTRETIEN ET IMMERSIONS A LA LAMBARDE**  
**CAMPAGNE DE MESURES EN MER – ANALYSE DES DONNEES – RA4**

Statistiques mensuelles Lambarde Fond												
MOY S'min												
		Oct 2018	Nov 2018	Déc 2018	Jan 2019	Fév 2019	Mars 2019	Avr 2019	Mai 2019	Juin 2019	Juil 2019	Août 2019
Température (°C)	<i>min</i>	13.10	11.14	10.43	9.60	9.26	9.42	10.89	12.15	12.49	13.06	14.07
	<i>moy</i>	14.17	12.50	11.15	10.27	9.59	10.33	11.62	12.69	14.03	14.45	15.66
	<i>max</i>	14.67	13.24	11.89	10.99	10.06	10.95	12.70	13.64	15.46	17.90	17.99
	<i>std</i>	0.47	0.64	0.39	0.34	0.20	0.42	0.60	0.27	0.62	0.76	0.93
Salinité (g/L)	<i>min</i>	32.50	33.23	32.34	32.05	33.13	29.87	30.44	27.03	26.68	22.13	21.03
	<i>moy</i>	35.03	35.27	34.76	34.38	34.03	33.74	34.19	34.05	34.26	32.54	30.97
	<i>max</i>	35.32	35.51	35.26	34.98	34.63	34.77	34.77	35.00	34.94	34.52	32.00
	<i>std</i>	0.31	0.16	0.29	0.39	0.28	0.60	0.31	1.10	0.58	1.26	0.68
Oxygène dissous (mg/L)	<i>min</i>	8.22	9.35	9.23	9.81	10.45	9.15	9.52	7.93	6.87	6.21	5.98
	<i>moy</i>	9.09	9.69	10.25	10.42	10.88	10.67	10.35	9.55	8.28	7.56	7.05
	<i>max</i>	9.85	10.07	10.86	11.12	11.25	11.68	10.93	10.82	9.43	8.95	9.07
	<i>std</i>	0.34	0.14	0.18	0.22	0.19	0.26	0.25	0.65	0.52	0.45	0.54
Saturation en Oxygène dissous (%)	<i>min</i>	100.10	108.59	104.96	110.57	115.13	110.72	108.42	90.51	82.68	73.08	69.45
	<i>moy</i>	109.91	113.46	116.23	115.66	118.78	118.12	118.16	111.44	99.43	90.62	85.74
	<i>max</i>	117.00	117.36	122.67	122.04	122.21	127.83	126.65	127.89	113.88	111.75	114.73
	<i>std</i>	3.46	1.22	1.82	1.85	1.70	1.92	3.77	7.77	6.67	6.85	7.88
Turbidité (NTU)	<i>min</i>	0.00	0.06	22.55	1.68	1.51	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>moy</i>	8.91	32.01	109.11	29.77	32.59	28.79	8.13	11.00	6.25	7.07	15.14
	<i>max</i>	312.05	275.45	312.11	292.35	312.14	312.12	97.26	312.07	247.45	312.04	312.00
	<i>std</i>	19.97	32.64	62.92	32.36	44.30	45.07	9.06	34.85	12.03	18.68	29.09

**GPMNSN**  
**DRAGAGES D'ENTRETIEN ET IMMERSIONS A LA LAMBARDE**  
**CAMPAGNE DE MESURES EN MER – ANALYSE DES DONNEES – RA4**

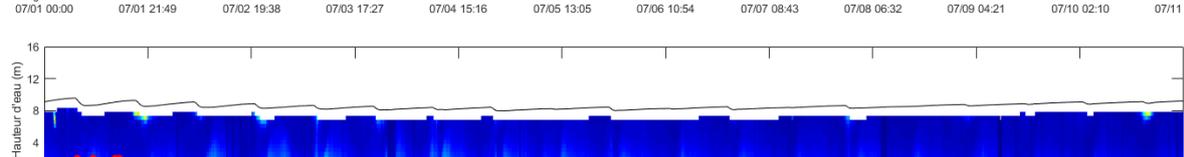
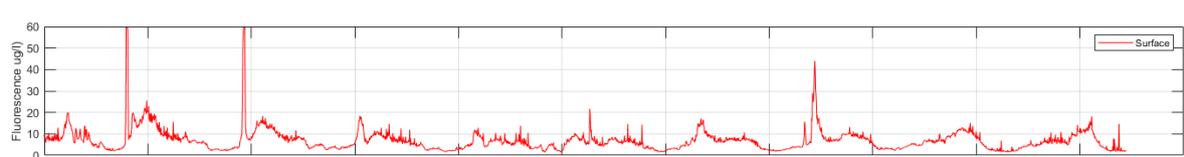
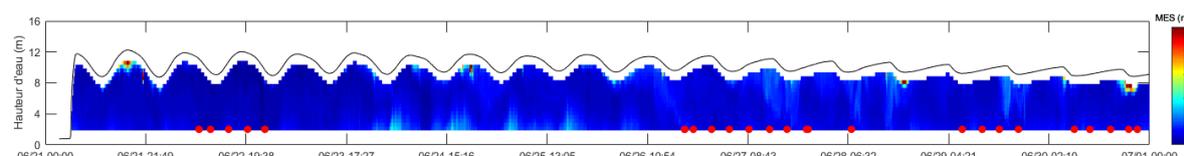
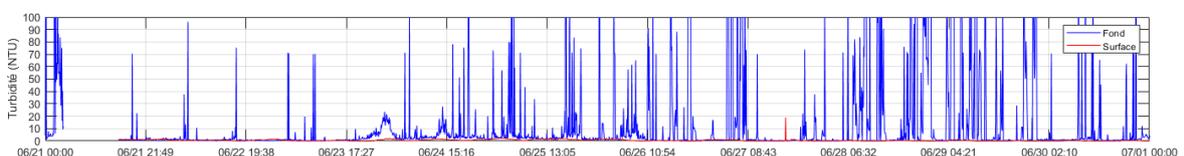
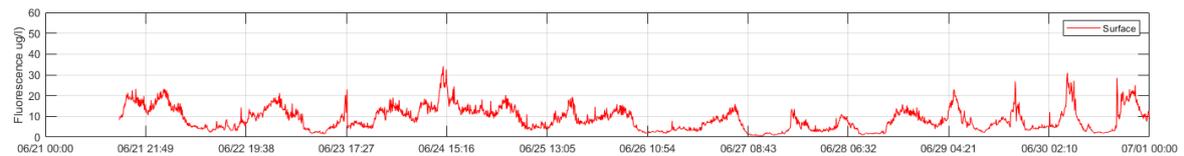
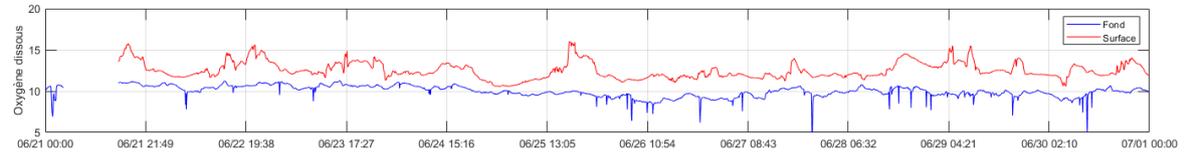
		Oct 2018	Nov 2018	Déc 2018	Jan 2019	Fév 2019	Mars 2019	Avr 2019	Mai 2019	Jun 2019	Juil 2019	Août 2019
Température (°C)	<i>min</i>	12.31	8.16	8.71	7.19	6.43	9.37	10.16	12.40	14.83	16.43	18.59
	<i>moy</i>	14.50	11.62	10.42	9.15	8.84	10.71	12.28	14.63	17.39	19.48	19.63
	<i>max</i>	17.29	13.00	11.59	10.61	12.08	14.02	16.46	19.16	22.88	23.61	21.66
Salinité (g/L)	<i>std</i>	0.77	1.00	0.59	0.57	0.80	0.67	1.04	1.36	1.52	1.27	0.54
	<i>min</i>	28.21	23.54	17.38	19.91	9.44	15.45	22.54	19.00	17.89	27.58	24.62
	<i>moy</i>	34.04	33.76	29.00	30.94	26.57	26.70	31.68	27.42	26.50	32.49	29.53
Oxygène dissous (mg/L)	<i>max</i>	35.24	35.63	34.72	34.61	34.36	33.35	34.58	33.67	34.45	34.80	31.18
	<i>std</i>	1.16	2.29	3.51	2.49	4.92	4.16	2.42	3.67	4.26	1.39	0.74
	<i>min</i>	8.89	5.00	10.37	10.99	10.03	8.89	10.47	8.77	5.93	0.01	5.94
Saturation en Oxygène dissous (%)	<i>moy</i>	9.71	10.58	11.31	11.64	11.75	11.65	11.58	11.71	10.22	7.33	8.80
	<i>max</i>	10.38	11.87	12.16	12.11	12.42	13.14	12.96	15.84	16.02	18.76	13.19
	<i>std</i>	0.33	0.36	0.38	0.19	0.30	0.40	0.38	0.96	1.97	3.39	1.30
Turbidité (NTU)	<i>min</i>	107.85	58.91	104.78	110.55	99.31	91.72	114.06	100.33	69.67	0.10	77.06
	<i>moy</i>	117.44	120.38	121.78	123.39	120.30	124.34	131.97	136.42	126.20	96.78	114.38
	<i>max</i>	126.66	175.63	131.73	129.97	132.70	145.74	152.76	184.34	207.54	251.15	172.50
Chlorophylle a (µg/L)	<i>std</i>	3.36	3.80	4.60	3.46	5.55	5.22	6.21	12.30	30.13	44.89	17.01
	<i>min</i>	0.00	1.03	0.00	0.09	1.82	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>moy</i>	1.37	8.96	8.99	6.04	8.71	8.09	3.61	2.85	0.58	3.16	3.16
Chlorophylle a (µg/L)	<i>max</i>	21.87	34.20	39.00	47.94	70.11	56.85	34.62	19.23	18.97	99.71	59.55
	<i>std</i>	1.36	5.51	5.20	4.86	4.88	5.77	2.99	3.66	0.68	10.08	5.26
	<i>min</i>	1.09	0.03	1.39	0.96	0.87	0.90	0.86	1.02	0.51	1.55	1.55
Chlorophylle a (µg/L)	<i>moy</i>	3.30	5.19	2.90	2.29	2.64	3.51	7.77	9.76	8.75	6.94	6.94
	<i>max</i>	12.53	53.29	59.55	5.31	7.33	19.50	50.85	56.27	34.13	59.55	59.55
	<i>std</i>	1.02	5.67	4.74	0.64	0.72	1.07	6.98	9.28	5.57	5.26	5.26

Statistiques mensuelles Châtelier Surface  
MOY Smin

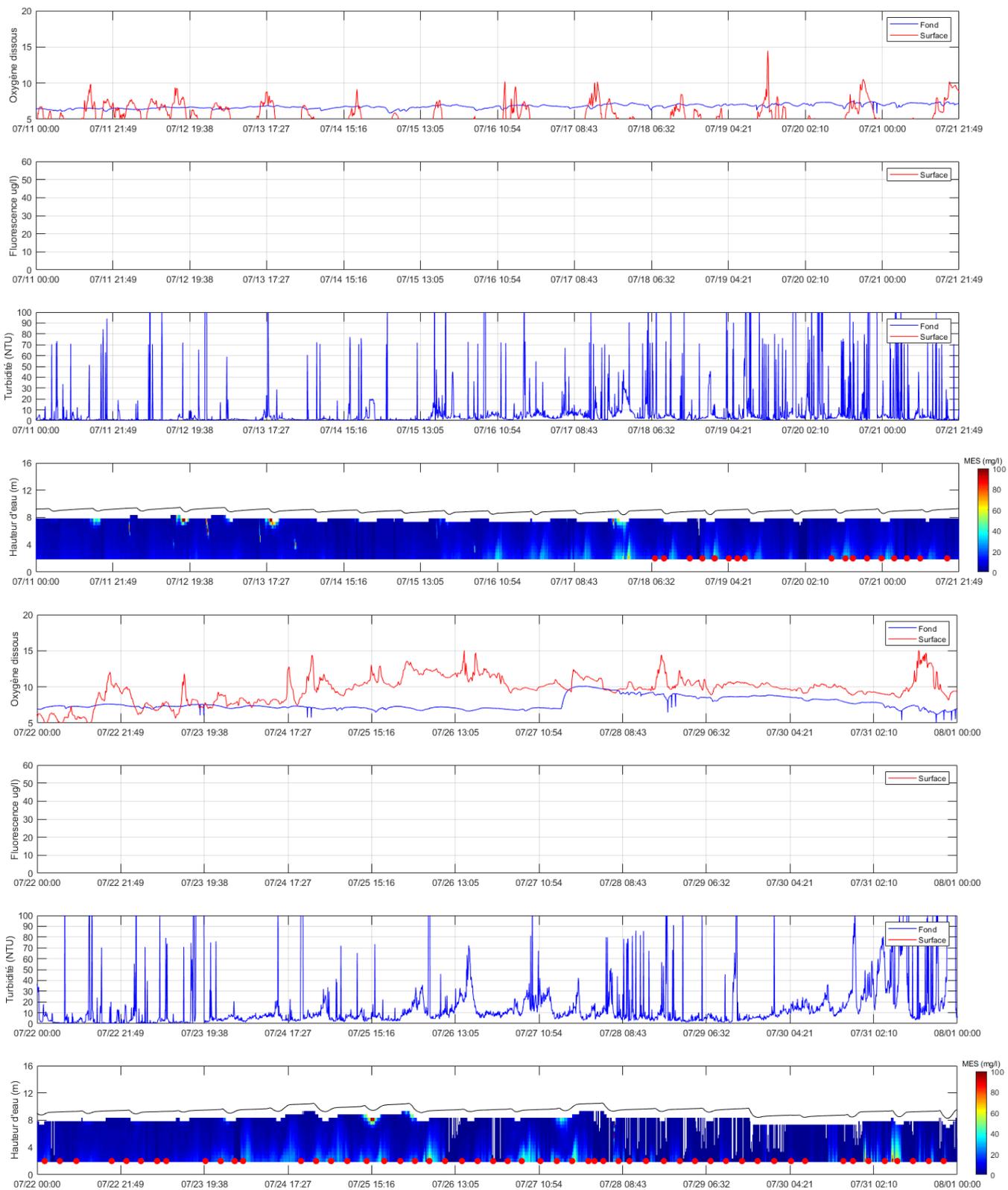
		Statistiques mensuelles Châteleur Fond											
		MOY 5min											
		Oct 2018	Nov 2018	Déc 2018	Jan 2019	Fév 2019	Mars 2019	Avr 2019	Mai 2019	Juin 2019	Juil 2019	Août 2019	
Température (°C)	<i>min</i>	12.45	9.80	10.16	8.70	8.51	9.66	10.89	12.78	14.58	15.79	16.92	
	<i>moy</i>	14.08	11.99	10.77	9.69	9.21	10.45	11.92	13.71	15.93	17.72	18.53	
	<i>max</i>	15.32	13.13	11.38	10.75	9.98	11.35	13.42	15.51	18.66	19.47	20.09	
	<i>std</i>	0.70	0.90	0.37	0.42	0.32	0.33	0.77	0.58	0.81	0.74	0.57	
Salinité (g/L)	<i>min</i>	32.94	29.31	29.47	29.62	20.20	27.03	29.57	28.17	27.00	23.72	10.10	
	<i>moy</i>	34.79	34.99	33.53	33.56	32.58	32.02	33.51	33.16	32.93	34.31	21.99	
	<i>max</i>	35.34	35.57	35.04	34.56	34.11	34.32	34.29	34.29	34.44	35.05	34.41	
	<i>std</i>	0.48	0.41	0.74	0.76	1.97	1.34	0.70	1.21	2.05	0.70	7.42	
Oxygène dissous (mg/L)	<i>min</i>	8.59	9.72	10.46	11.16	11.73	10.48	0.82	1.49	2.28	4.21	3.75	
	<i>moy</i>	9.43	10.25	10.98	11.73	12.09	11.49	11.36	10.99	10.00	7.20	6.15	
	<i>max</i>	9.93	10.93	11.69	12.17	12.36	12.38	12.55	12.86	11.28	10.09	7.40	
	<i>std</i>	0.43	0.27	0.34	0.20	0.11	0.41	0.86	1.34	0.90	0.84	0.61	
Saturation en Oxygène dissous (%)	<i>min</i>	104.85	111.57	117.69	122.85	117.48	117.71	9.57	17.42	28.22	53.64	43.62	
	<i>moy</i>	113.55	118.47	122.59	127.94	129.66	126.14	129.97	130.15	123.63	92.89	75.16	
	<i>max</i>	118.51	123.08	129.22	130.94	135.40	135.38	146.64	155.50	143.07	130.56	96.83	
	<i>std</i>	3.97	1.54	3.18	1.20	2.38	3.44	10.81	15.73	11.58	11.00	9.59	
Turbidité (NTU)	<i>min</i>	0.73	2.70	28.19	1.11	6.15	1.45	0.55	0.20	0.14	0.31	0.45	
	<i>moy</i>	5.76	35.99	109.16	36.42	28.86	32.30	10.44	118.44	118.61	13.18	20.59	
	<i>max</i>	117.69	349.76	349.78	307.10	265.30	349.79	349.76	349.77	349.79	349.72	349.72	
	<i>std</i>	5.27	33.55	63.59	38.37	18.74	39.16	16.40	141.97	153.80	39.83	47.42	
Chlorophylle a (µg/L)	<i>min</i>												
	<i>moy</i>												
	<i>max</i>												
	<i>std</i>												

## **ANNEXE 3 : IMPACT DES CLAPAGES SUR LA STATION CHATELIER**

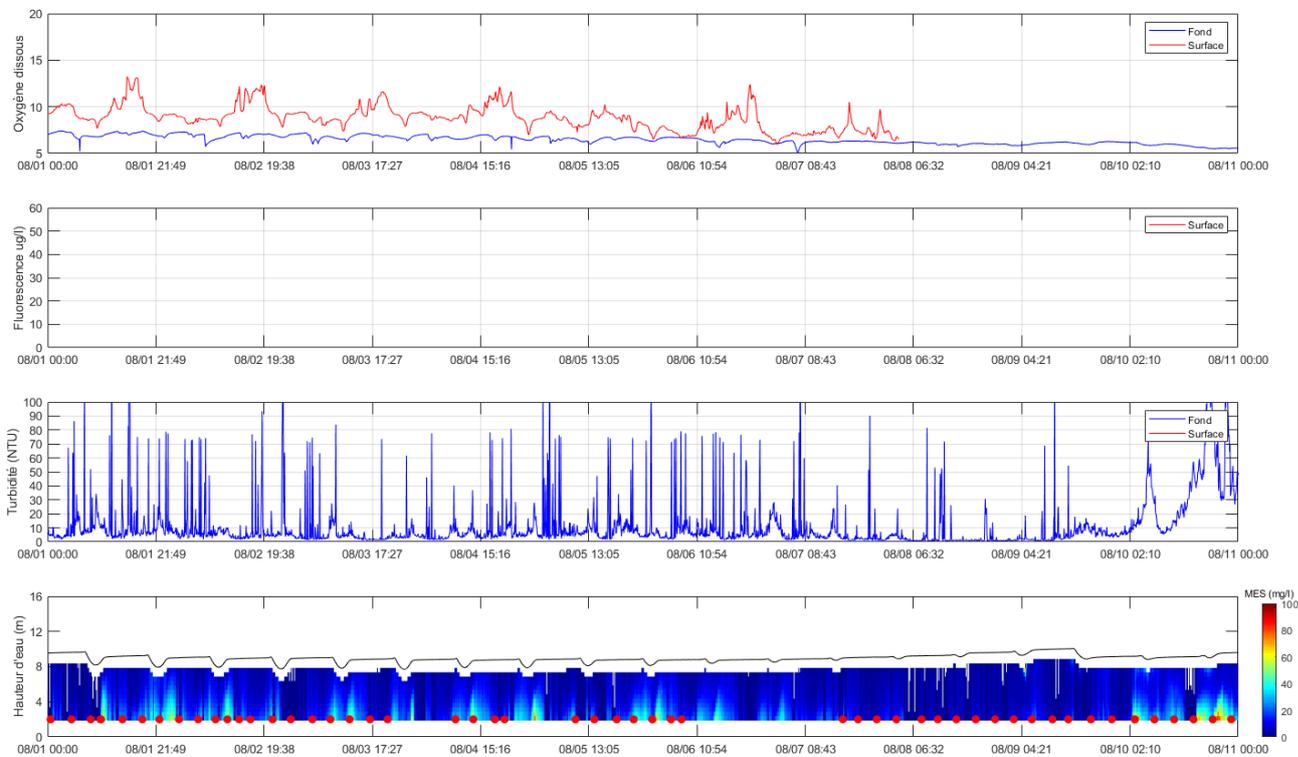
**GPMNSN**  
**DRAGAGES D'ENTRETIEN ET IMMERSIONS A LA LAMBARDE**  
**CAMPAGNE DE MESURES EN MER – ANALYSE DES DONNEES – RA4**



**GMNSN**  
**DRAGAGES D'ENTRETIEN ET IMMERSIONS A LA LAMBARDE**  
**CAMPAGNE DE MESURES EN MER – ANALYSE DES DONNEES – RA4**



**GPMNSN**  
**DRAGAGES D'ENTRETIEN ET IMMERSIONS A LA LAMBARDE**  
**CAMPAGNE DE MESURES EN MER – ANALYSE DES DONNEES – RA4**





[www.creocean.fr](http://www.creocean.fr)

GROUPE KERAN