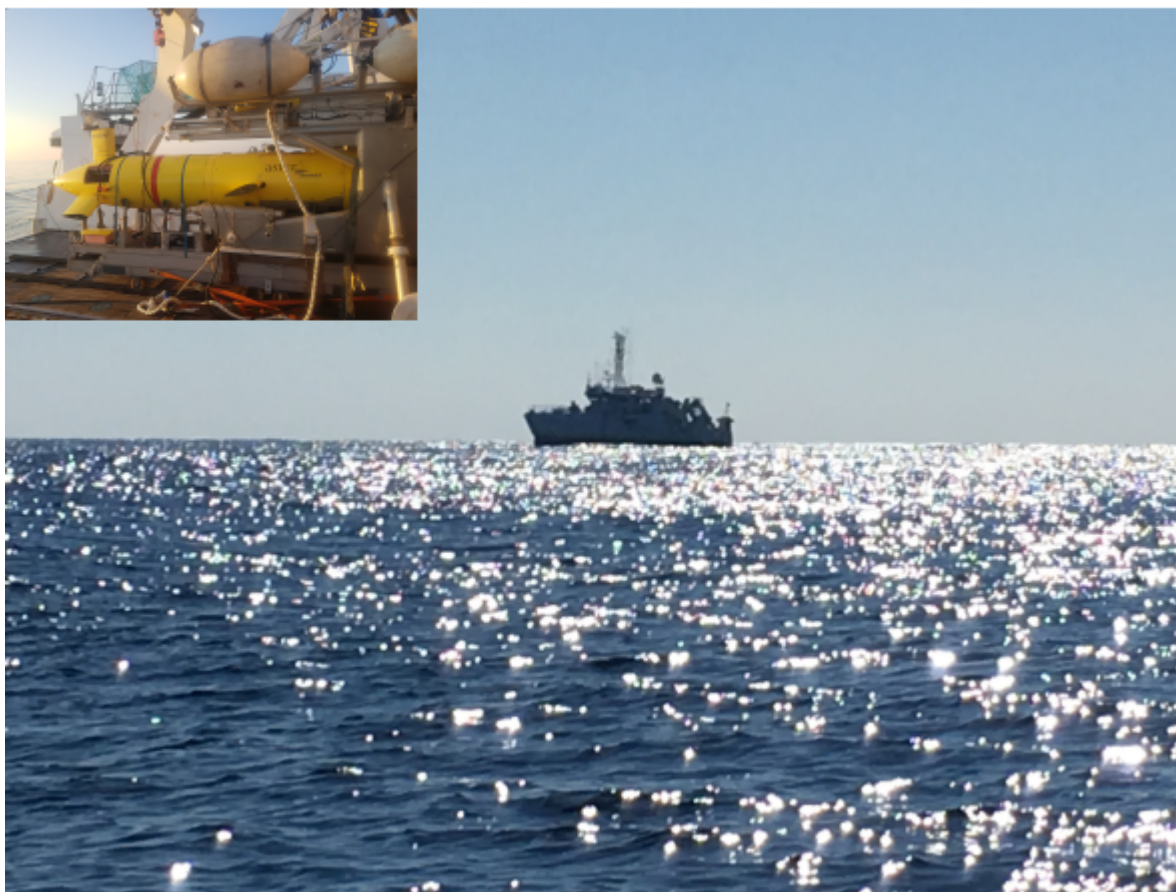


Rapport des campagnes TURBIDENT

Leg1 (Mai 2018) & Leg2 (Octobre 2018)



© Ifremer/L'Europe / AUV AsterX

Fiche documentaire

Titre du rapport : Rapport des campagnes TURBIDENT Leg1 (Mai 2018) & Leg2 (Octobre 2018)	
Référence interne : LOPS/21-01 Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle)	Date de publication : 2021/01/11 Référence de l'illustration de couverture L'Europe / 20181023 Langue(s) : Français
Résumé : Ce rapport dresse le bilan des données obtenues durant les Legs 1 et 2 de la campagne océanographique TURBIDENT (mai-octobre 2018) réalisée dans la zone des Iles d'Or (Toulon) au Banc des Blauquières (Cassis), dans le cadre de l'ANR ASTRID Turbdident. L'objectif de cette campagne était d'acquérir un jeu de données novateur permettant d'apporter une information pertinente sur la couche de surface océanique sous la zone d'illumination du radar HF du MIO, notamment des profils de courant sub-superficiels obtenus à l'aide de courantomètres acoustiques Doppler (ADCP) opérant de façon stabilisée sous la surface depuis un engin sous-marin autonome (AUV) de l'Ifremer, et des profils de températures obtenus à l'aide de lignes de thermistances à bas coût développées en interne, en plus de la réalisation de mesures plus classiques de profils hydrologiques, ADCP tracté et mouillage courantométrique.	
Mots-clés : Turbident, Mastodon-2D, courants, mouillage ADCP, ADCP tracté, AUV, Iles d'Or (Toulon), Banc des Blauquières (Cassis), Méditerranée	
Disponibilité des données de la recherche : libre	
Nom / référence du contrat : <input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif (réf. interne du rapport intermédiaire : ODE/UL/LER-PAC 19-08)	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) : ANR Astrid TURBIDENT	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Ivane PAIRAUD, Ivane.Pairaud@ifremer.fr	IFREMER/ODE/LOPS
Rosalie FUCHS	IFREMER/ODE/LERPAC

Sommaire

1.	Introduction	5
1.1	Le projet TURBIDENT	5
1.2	Les campagnes de mesures.....	6
1.3	Les mouillages	8
2.	Inventaires des données CTD et ADCP	9
2.1	Leg1 : 05-14 Mai 2018	9
2.1.1	Liste et présentation des données acquises	9
2.1.2	Traitement des données	15
2.1.3	Profils CTD Leg1	16
2.2	Leg2 : 18-29 Octobre 2018.....	20
2.2.1	Liste et présentation des données acquises	20
2.2.2	Profils CTD Leg2	27
3.	Lignes de thermistances MASTODON-2D.....	32
3.1	Présentation des données	32
3.2	Traitement des données des lignes MASTODON-2D	34
4.	Mouillage ADCP.....	35
4.1	Présentation des données	36
4.2	Traitement des données de l'ADCP	38
5.	ADCP AUV	38
5.1	Données ADCP.....	39
5.2	Traitement des données de vitesses	40
5.3	Profils de courant mesurés	42
6.	ADCP tracté par poisson	52
6.1	Données ADCP.....	52
6.2	Traitement des données de vitesses	52
6.1	Profils de courant mesurés	53
7.	Images Satellites.....	65
8.	Discussion	67
9.	ANNEXE 1 : CHANGEMENT DE REPERE DES DONNEES ADCP.....	68
9.1	Notations.....	68
9.2	Matrice de transformation faisceau-engin pour le cas général.....	69
9.3	Matrice de transformation appliquée aux mesures depuis l'AUV.....	69
9.4	Matrice de transformation pour l'ADCP orienté vers le haut.....	71

1. Introduction

1.1 Le projet TURBIDENT

Le projet ANR Astrid TURBIDENT (ANR-16-ASTR-0019) visait à optimiser les paramètres des modèles de fermeture turbulente en appliquant une méthode d'assimilation de données originale.

Dans le cadre du projet, il était prévu d'acquérir un jeu de données novateur permettant d'apporter une information pertinente sur la couche de surface océanique en combinant les mesures de courants superficiels par radar HF (opéré par le MIO) et des profils sub-superficiels obtenus à l'aide de courantomètres acoustiques Doppler (ADCP) opérant de façon stabilisée sous la surface depuis un engin sous-marin autonome (AUV) de l'Ifremer, en plus de mesures plus classiques de profils hydrologiques et de mouillages. Complémentaire à la mesure des courants de surface par le radar-HF, l'utilisation de l'AUV permet de mesurer les courants sur les 100 premiers mètres de la colonne d'eau en gardant une haute-résolution dans les premiers mètres sous la surface, grâce à l'utilisation d'un ADCP 1200kHz orienté vers le haut (portée de 15m environ avec une résolution verticale de 0.25 à 0.5m), et d'un ADCP 300kHz regardant vers le bas (portée de 80m environ, résolution verticale de 3-4m). Ce dispositif permet de s'affranchir en grande partie de l'agitation due aux vagues puisque l'engin navigue à 10-15m sous la surface. Les premiers tests réalisés pendant la campagne AUV-COURANTO2016 ont permis de valider le dispositif de mesures et de commencer à mettre en place la chaîne de traitement des données. In fine, l'objectif était de mesurer des profils verticaux de courants horizontaux moyens qui interviennent directement dans les définitions des nombres de Richardson de gradient en fonction desquels les modèles de fermeture turbulente sont exprimés. Un des objectifs du projet était de tester la possibilité d'utiliser conjointement des mesures par radar et par profileurs de courant depuis une immersion de sub-surface pour alimenter la méthode d'identification de paramètres.

Enfin, le jeu unique de mesures de terrain acquis pendant la campagne devait permettre d'améliorer notre compréhension des processus physiques en jeu et de leurs interactions dans la dynamique des flux verticaux à proximité de la surface. Pour cela, le dispositif expérimental a été complété par l'utilisation de profileurs dérivants à haute résolution de façon à échantillonner les flux à l'interface air-mer (Koursk, Ocarina) dans le cadre d'un projet mené en parallèle (LEFE-Turboradar) pendant les campagnes Turbident-LEG1 (mai 2018) et Turbident-LEG2 (octobre 2018), en prenant soin d'avoir des mesures dans les mêmes zones. Des mouillages hydrologiques et courantologiques ont également été déployés sur toute la période entre les deux LEGs de la campagne Turbident (mai à octobre 2018) afin d'échantillonner une plus grande diversité de situations. Le présent rapport présente les jeux de données acquis pendant les campagnes TURBIDENT et par les mouillages.

1.2 Les campagnes de mesures

Les campagnes de mesures ont consisté en 2 Legs de 10 jours chacun, au cours desquels des mesures de courants, d'hydrologie et de météorologie ont été réalisées. Les moyens mis en œuvre sont les suivants :

- Un AUV équipé d'un ADCP 1200kHz pointant vers le haut et d'un ADCP 300kHz pointant vers le bas (Figure 1) pour les mesures de courant.
- Une sonde CTD SBE 19+ V2 pour acquérir les profils hydrologiques à chaque début et fin de radiale, également équipée d'un fluorimètre et d'un turbidimètre (Figure 2).
- Un ADCP 600kHz tracté par un poisson sur le côté du bateau, immergé entre 1.5 et 3m de profondeur pour la mesure des courants le long des radiales (Figure 3).

Parmi les équipements du navire L'Europe (<https://www.ifremer.fr/madida/>), on notera en particulier la présence de :

- Une station météo BATOS (vent, pression, humidité, températures de l'air et de l'eau, rayonnement)
- Un thermosalinomètre (TSG) positionné en-dessous de la coque (2.5m de profondeur, mesure de température, pression et densité/salinité)
- Un Gyrocompas (mesure de cap)

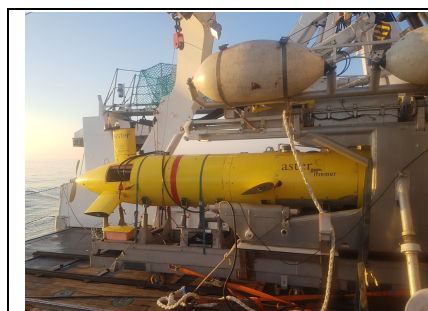


Figure 1: AUV Asterx



Figure 2: CTD SBE19+



Figure 3: ADCP tracté

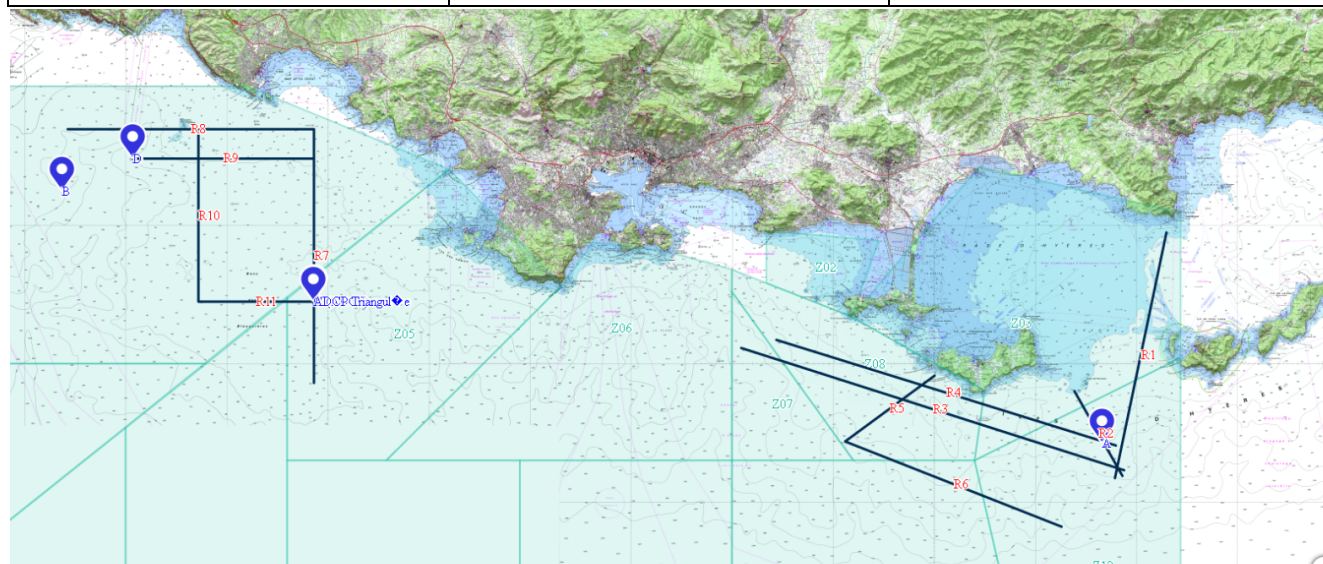


Figure 4 : Cartes des stations et radiales prévues

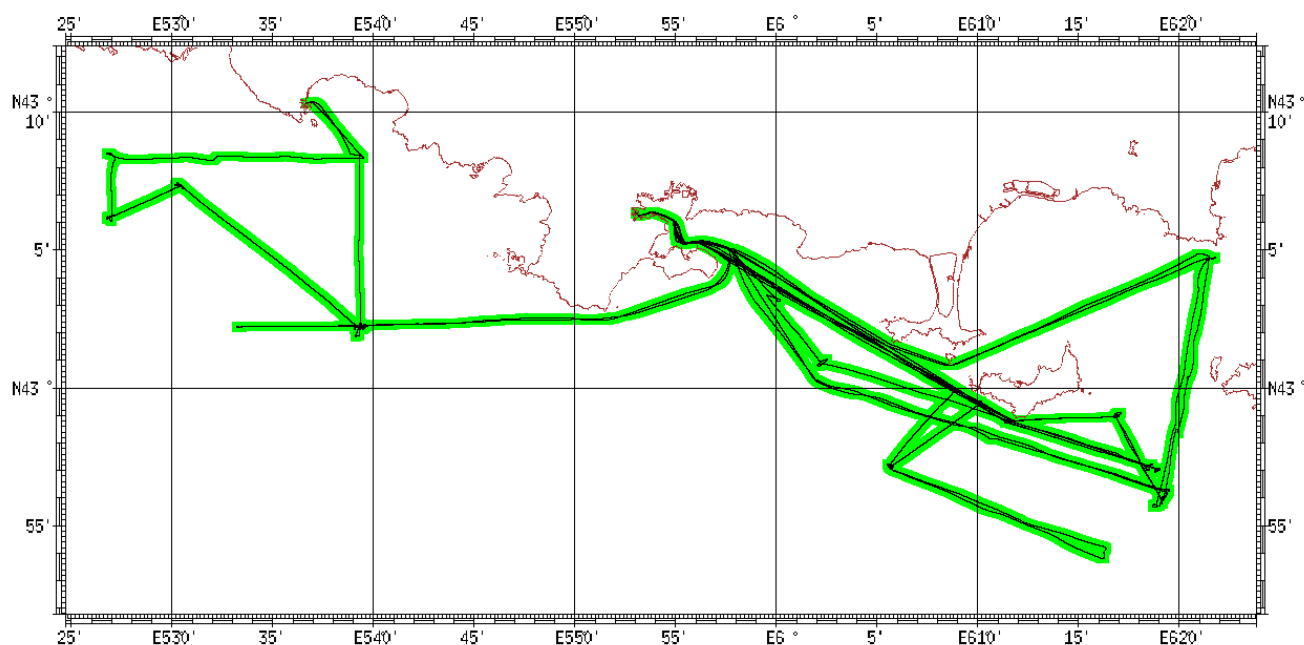


Figure 5 : Trajets de L'Europe pour le Leg1

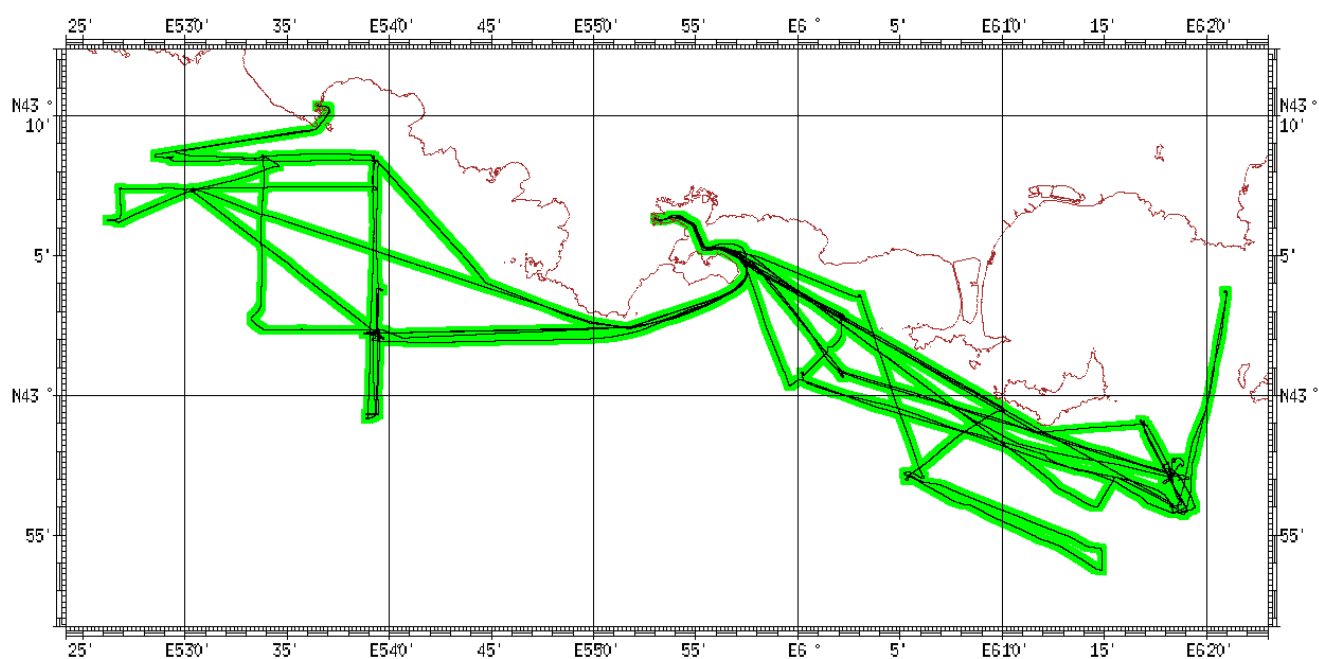


Figure 6 : Trajets de L'Europe pour le Leg2

On notera également le déploiement conjoint des systèmes instrumentaux Kursk-Ocarina depuis un zodiac durant une partie des campagnes, dans le cadre du projet LEFE Turboradar.

1.3 Les mouillages

La

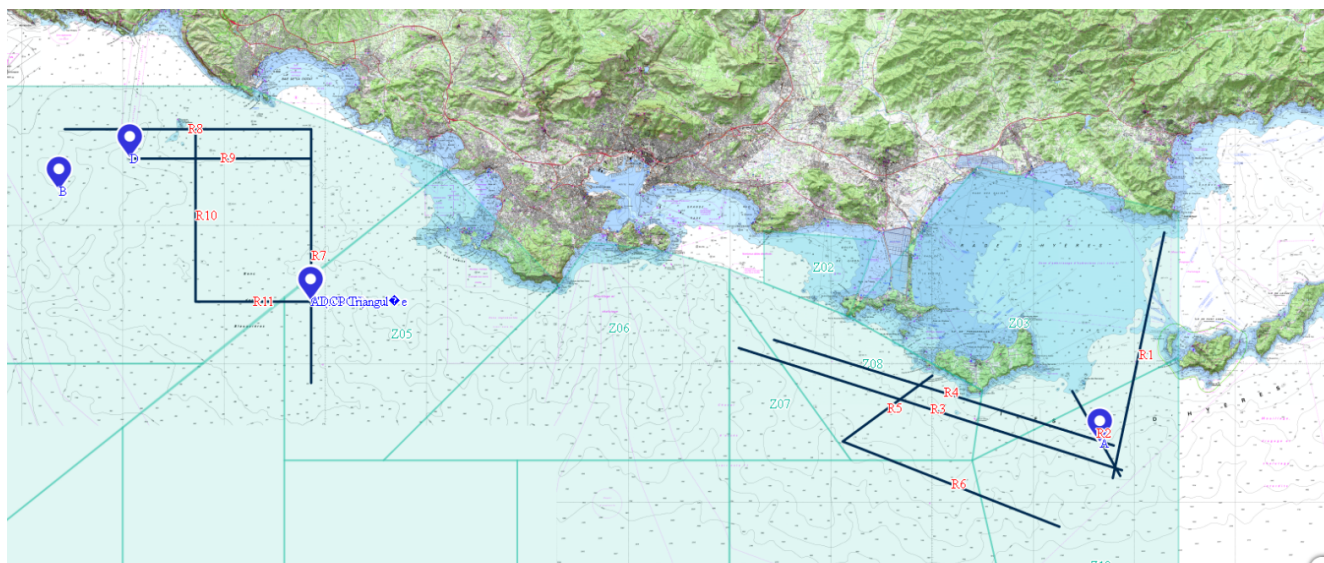


Figure 4 indique la position du mouillage ADCP (300kHz, résolution verticale de 4m) par environ 100m de fond sur le banc des Blauquières (station C), et des lignes de thermistances équipées de capteurs de pression à bas coût MASTODON 2D (par 100 à 200m de fonds, résolution verticale de 10m à plusieurs dizaines de mètres) autour du canyon de Cassidaigne et au large de Toulon (stations A, B, C, D). La figure Figure 7 présente ces dispositifs. Seules les lignes de thermistances B et C ont été récupérées à l'issue de la campagne.



Figure 7 : Cage anti-chalutage et son ADCP (à gauche) et ligne de thermistance MASTODON 2D (à droite)

2. Inventaires des données CTD et ADCP

2.1 Leg1 : 05-14 Mai 2018

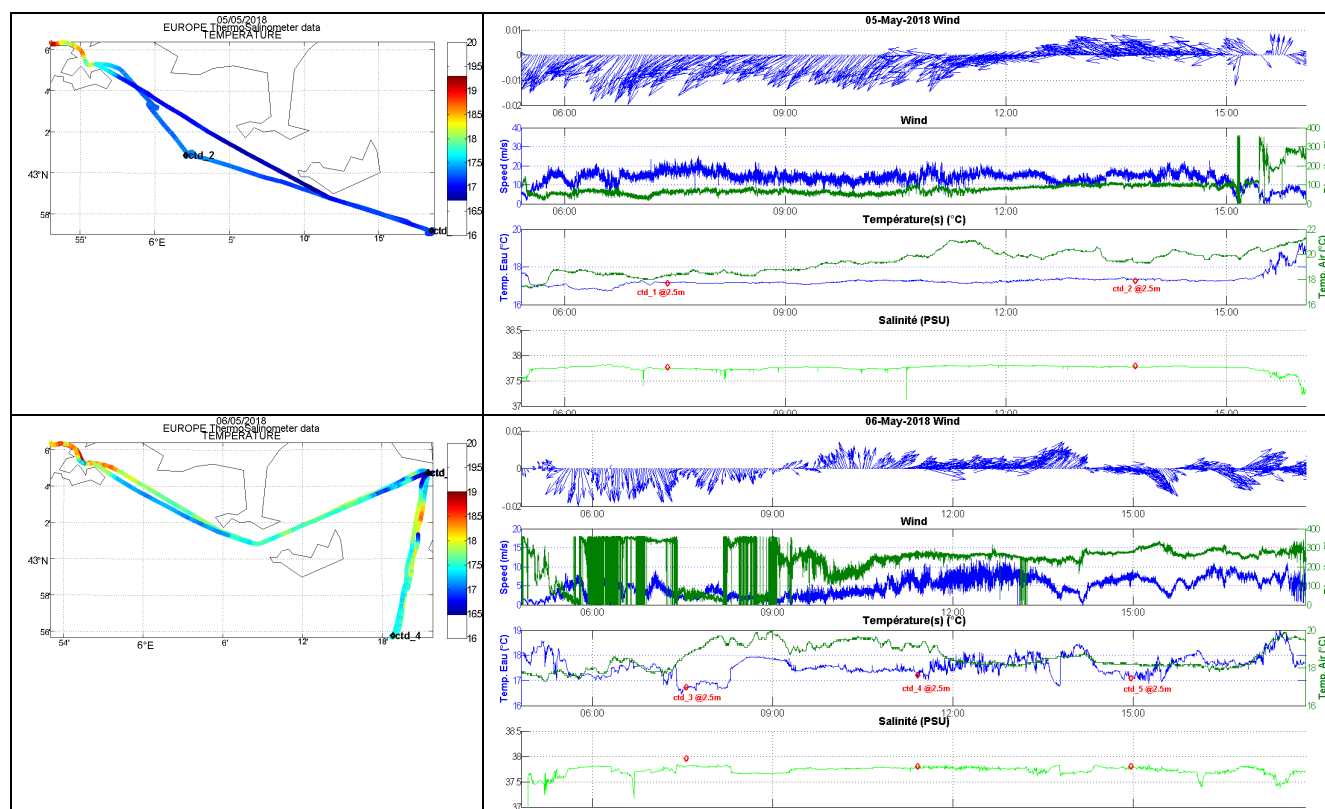
Participants : Philippe FRAUNIE (MIO, Chef de mission), Clément ALDEBERT (MIO), Christophe RAVEL (IFREMER/LERPAC), David LE BERRE (IFREMER/DHYSED), Jennifer GREER (IFREMER/SM-SEEE), Xavier SAINT-LAURENT (Genavir), Wandy KULIK (Genavir), Nicolas DEMARECEAUX (Genavir), Ivane PAIRAUD (IFREMER, à terre)

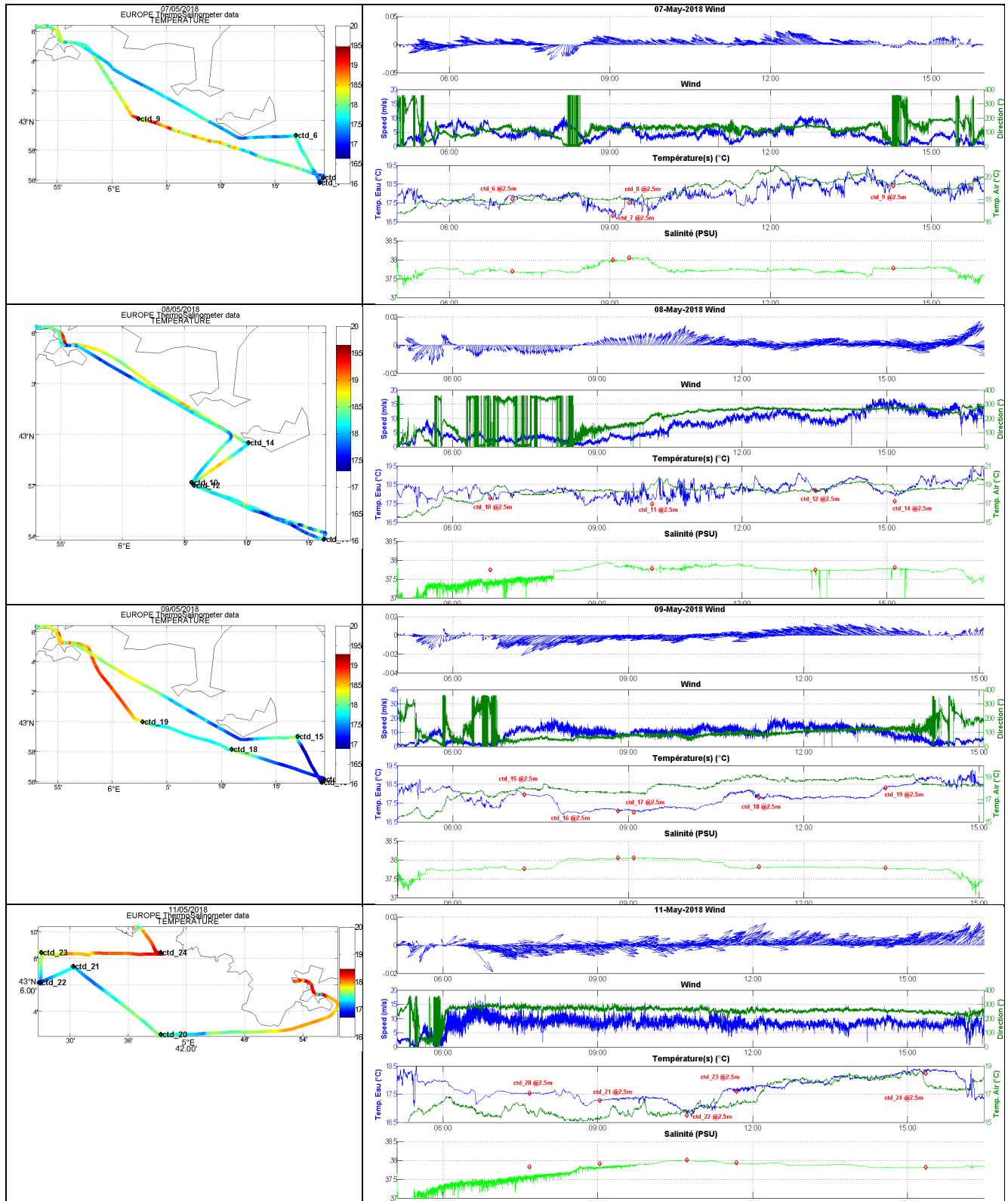
2.1.1 Liste et présentation des données acquises

Journées de mesures	8
Déploiement lignes thermistances MASTODON-2D	4
Déploiement cage ADCP	1
Profils CTD SBE19 + V2	31
Radiales ADCP tracté	14
Radiales AUV	11

Les trajets du navire et les données acquises par le thermosalinographe et la station météorologique sont présentés sur les figures du Tableau 1. La position des profils CTD est répertoriée dans le Tableau 2, les informations correspondant aux radiales ADCP tracté dans le Tableau 3, et celles relatives aux radiales ADCP AUV dans le Tableau 4 avec la navigation engin corrigée associée en Tableau 5.

Tableau 1 : Présentation des mesures TSG, météo (données de L'EUROPE), CTD





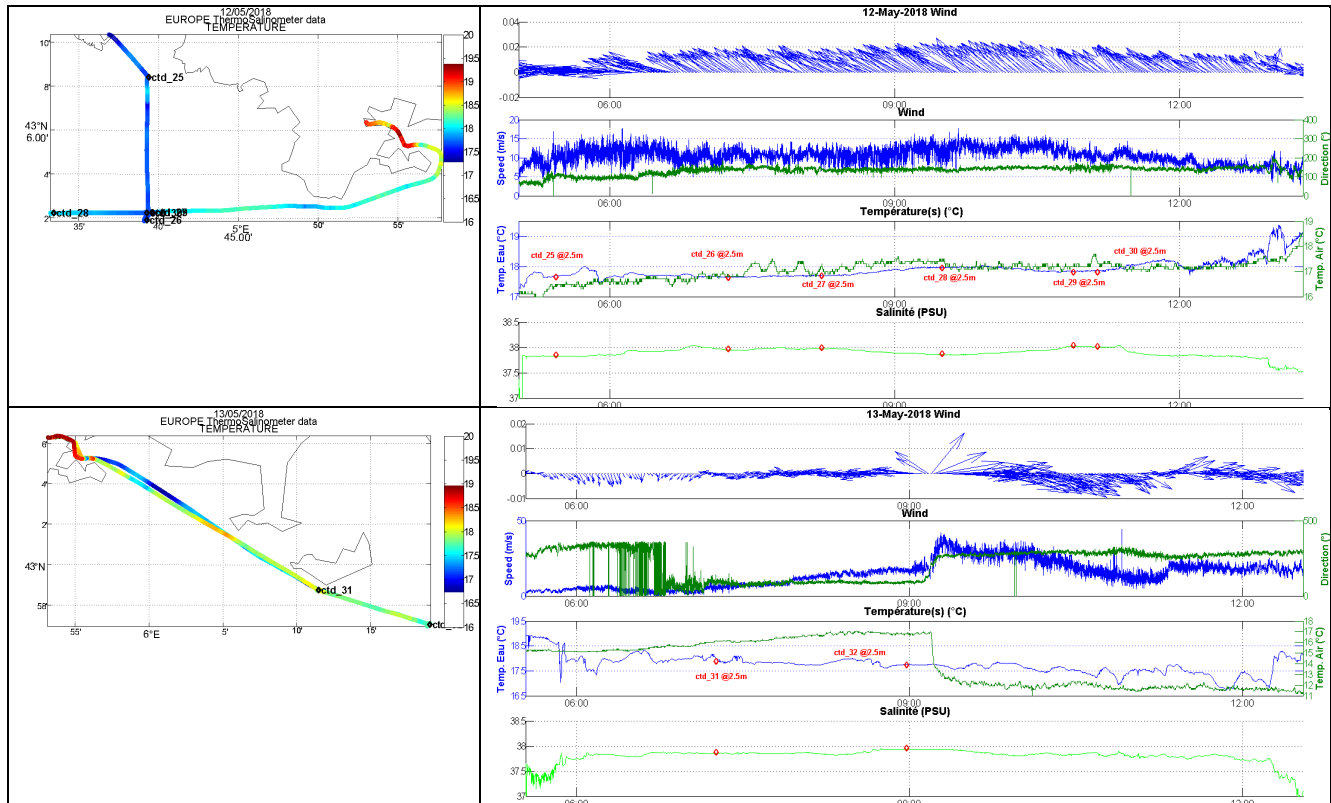


Tableau 2 : Profils CTD Leg1

Cast	Point	Latitude	Longitude	Date TU	Max Depth (m)	Max Fluo (mg/m3)	Transition T° (m)
1	A	42,952762	6,308470	05-May-2018 07:24:11	101	1,25 à 34m	10,00
2		43,014351	6,034724	05-May-2018 13:45:55	101	0,96 à 33m	-
3	R1 N	43,078691	6,357860	06-May-2018 07:33:32	30	1 à >20m	10
4	R1 S	42,929208	6,313773	06-May-2018 11:25:09	101	1,22 à 39m	10
5	R1 N	43,079072	6,358518	06-May-2018 14:58:13	28	1,22 à >20m	10
6	R2 N	42,983440	6,282464	07-May-2018 07:10:51	30	1 à >20m	10
7	R2 S	42,930033	6,318328	07-May-2018 09:03:18	101	1,21 à 28m	11
8		42,936179	6,324038	07-May-2018 09:21:45	101	1 à 50m	12
9	R3 O	43,001983	6,041052	07-May-2018 14:17:36	100	1,24 à 28m	5 et 12
10	R5/R6	42,953089	6,093235	08-May-2018 06:46:56	101	1 à 37m	11
11	R5/R6	42,896940	6,270533	08-May-2018 10:08:35	101	1 à 25m	-
12	R5/R6	42,950207	6,096091	08-May-2018 13:31:26	101	1,19 à 38m	-
14	R5/R6	42,991958	6,169122	08-May-2018 15:09:49	50	1 à >40m	-
15	R2 N	42,983153	6,282745	09-May-2018 07:13:39	33	0,88 au fond	~10m
16	R2 S	42,932278	6,319732	09-May-2018 08:49:36	101	1,14 à 39m	-
17	R3 O	42,935918	6,323548	09-May-2018 09:05:41	102	1,11 à 36m	-
18	sur R3	42,969171	6,182241	09-May-2018 11:13:58	88	1,34 à 47m	-
19	R3 E	42,999895	6,046294	09-May-2018 13:23:56	77	1,8 à 50m	12
20	C	43,037673	5,656100	11-May-2018 07:40:46	90	1,46 à 29,5	10
21	D	43,123227	5,505958	11-May-2018 09:02:13	101	2 à 48m	5
22	B	43,103040	5,448194	11-May-2018 10:43:30	101	1,5 à 40m	-
23	R8 E	43,140447	5,450613	11-May-2018 11:41:04	101	2,14 à 37m	-
24	R8 O	43,140530	5,655970	11-May-2018 15:21:42	76	2,2 à 50m	-
25	R7 N	43,140186	5,656327	12-May-2018 05:25:59	78	1,24 à 51m	-
26	C	43,031556	5,654514	12-May-2018 07:14:50	96	2,1 à 40m	-
27	R11 E	43,037346	5,660221	12-May-2018 08:14:02	90	1,9 à 47m	10
28	R11 O	43,036928	5,557512	12-May-2018 09:30:03	102	1 à 39m	7
29	R11 E	43,037387	5,660593	12-May-2018 10:52:55	98	2 à 39m	7
30	C	43,037266	5,654923	12-May-2018 11:08:26	90	2,23 à 38m	-
31	R4 O	42,978949	6,191111	13-May-2018 07:15:36	47	1 à 37m	9
32	R4 E	42,950352	6,316609	13-May-2018 08:58:43	102	1,17 à 37m	-

Tableau 3 : Fichiers ADCP tracté Leg1

File	Radiale	Date	1st Ensemble	Last Ensemble	% BT data
Turbident_06052018_300010_000000.mat		06-May-2018	07:58:55	08:00:07	88,13559322
Turbident_06052018_300011_000000.mat		06-May-2018	08:01:20	08:04:33	95,59748428
Turbident_06052018_300013_000000.mat	R1 N-S	06-May-2018	08:05:08	11:32:13	70,51835853
Turbident_06052018_300014_000000.mat	R1 S-N	06-May-2018	11:39:13	14:53:16	76,87715991
Turbident_07052018_300014_000000.mat	R2	07-May-2018	07:37:03	08:52:14	53,72771475
Turbident_07052018_300015_000000.mat	R3	07-May-2018	09:35:06	14:28:56	63,19646067
Turbident_08052018_300015_000000.mat	R6 O-E	08-May-2018	07:06:54	10:04:52	0,20543255
Turbident_08052018_300016_000000.mat	R6 E-O	08-May-2018	10:33:36	13:33:08	12,02760806
Turbident_08052018_300017_000000.mat	R5 S-N	08-May-2018	13:40:50	15:05:54	77,10670804
Turbident_09052018_300017_000000.mat	R2	09-May-2018	07:33:02	08:47:06	53,30408555
Turbident_09052018_300018_000000.mat	R3	09-May-2018	09:16:35	13:22:22	68,92104175
Turbident_11052018_300018_000000.mat	R8	11-May-2018	12:03:07	15:30:10	65,25881544
Turbident_12052018_300018_000000.mat	R7	12-May-2018	05:36:22	07:14:18	99,75088229
Turbident_12052018_300019_000000.mat	R11	12-May-2018	08:23:36	09:38:29	97,74640239
Turbident_12052018_300020_000000.mat	R11	12-May-2018	09:40:25	10:53:57	98,01159901
Turbident_13052018_300020_000000.mat	R4	13-May-2018	07:22:37	08:56:21	83,51029252
Turbident_13052018_300021_000000.mat	R4	13-May-2018	09:16:42	09:47:15	60,46511628

Tableau 4 : Fichiers ADCPs AUV Leg1

File	Radiale	Date	1st Ensemble	Last Ensemble	% BT data
ADCP-DOWN_05052018_083510.mat	R4 E-O	05-May-2018	08:35:12	08:56:49	62,83464567
ADCP-DOWN_05052018_090053.mat	R4 E-O	05-May-2018	09:00:53	09:25:59	100
ADCP-DOWN_05052018_093253.mat	R4 E-O	05-May-2018	09:32:54	11:30:58	100
ADCP-DOWN_05052018_113109.mat	R4 E-O	05-May-2018	11:31:10	11:57:56	100
ADCP-DOWN_05052018_115802.mat	R4 E-O	05-May-2018	11:58:02	12:22:57	100
ADCP-DOWN_05052018_122312.mat	R4 E-O	05-May-2018	12:23:14	13:10:57	79,89652624
ADCP-UP_05052018_083510.mat	R4 E-O	05-May-2018	08:35:10	08:56:43	0
ADCP-UP_05052018_090053.mat	R4 E-O	05-May-2018	09:00:54	09:25:56	0
ADCP-UP_05052018_093253.mat	R4 E-O	05-May-2018	09:32:53	11:30:57	0
ADCP-UP_05052018_113109.mat	R4 E-O	05-May-2018	11:31:09	11:57:54	0
ADCP-UP_05052018_115801.mat	R4 E-O	05-May-2018	11:58:01	12:22:59	0
ADCP-UP_05052018_122312.mat	R4 E-O	05-May-2018	12:23:12	13:10:56	0
ADCP-DOWN_06052018_080254.mat	R1 N-S	06-May-2018	08:02:55	09:23:48	100
ADCP-DOWN_06052018_092352.mat	R1 N-S	06-May-2018	09:23:54	11:19:16	60,10273973
ADCP-DOWN_06052018_114251.mat	R1 S-N	06-May-2018	11:42:53	13:17:42	58,73905429
ADCP-DOWN_06052018_131944.mat	R1 S-N	06-May-2018	13:19:46	14:52:09	100
ADCP-UP_06052018_080254.mat	R1 N-S	06-May-2018	08:02:55	09:23:46	0
ADCP-UP_06052018_092352.mat	R1 N-S	06-May-2018	09:23:53	11:19:15	0
ADCP-UP_06052018_114250.mat	R1 S-N	06-May-2018	11:42:52	13:17:42	0

ADCP-UP_06052018_131944.mat	R1 S-N	06-May-2018	13:19:45	14:52:08	0
ADCP-DOWN_07052018_073853.mat	R2 NO-SE	07-May-2018	07:38:55	08:52:17	78,37091578
ADCP-DOWN_07052018_093725.mat	R3 E-O	07-May-2018	09:37:27	14:13:16	64,97963214
ADCP-UP_07052018_073853.mat	R2 NO-SE	07-May-2018	07:38:55	08:52:15	0
ADCP-UP_07052018_093725.mat	R3 E-O	07-May-2018	09:37:28	14:13:14	0
ADCP-DOWN_08052018_071252.mat	R6 O-E	08-May-2018	07:12:54	10:31:53	12,24226804
ADCP-DOWN_08052018_103237.mat	R6 E-O	08-May-2018	10:32:39	13:25:49	9,271889401
ADCP-DOWN_08052018_134748.mat	R5 S-N	08-May-2018	13:47:50	15:05:13	86,68758404
ADCP-UP_08052018_071252.mat	R6 O-E	08-May-2018	07:12:55	10:31:52	0
ADCP-UP_08052018_103237.mat	R6 E-O	08-May-2018	10:32:39	13:25:47	0
ADCP-UP_08052018_134748.mat	R5 S-N	08-May-2018	13:47:51	15:05:11	0
ADCP-DOWN_09052018_073557.mat	R2	09-May-2018	07:36:01	08:46:12	78,64357864
ADCP-DOWN_09052018_091724.mat	R3	09-May-2018	09:17:28	13:57:04	58,14711922
ADCP-UP_09052018_073557.mat	R2	09-May-2018	07:35:59	08:46:10	0
ADCP-UP_09052018_091724.mat	R3	09-May-2018	09:17:28	13:57:03	0
ADCP-DOWN_11052018_121035.mat	R8	11-May-2018	12:10:40	15:14:14	88,24500275
ADCP-UP_11052018_121035.mat	R8	11-May-2018	12:10:40	15:14:13	0

Pour le traitement des données de l'ADCP-UP de l'AUV (orienté vers le haut), une navigation 'vraie' propre est nécessaire pour le post-traitement des données de courantométrie (afin de pouvoir retrancher la vitesse AUV des données brutes de courant total). Le résultat du post-traitement des navigations de chaque plongée de l'AUV est réalisé par les équipes de Genavir (S. Béraud) et Ifremer (M.E. Bouhier).

Tableau 5 : Fichiers navigation AUV Leg1 retraités

Nom plongée	Module	Commentaires
TURBIDENT-1-01	ADCP	SLF : 05/05/2018 à 08H36 DF : 05/05/2018 à 16H10 - Plongée non traitée fichier Phins postpro trop petits
TURBIDENT-1-02	ADCP	SLF : 06/05/2018 à 08H03 DF : 06/05/2018 à 14H53
TURBIDENT-1-03	ADCP	SLF : 07/05/2018 à 07H39 DF : 05/05/2018 à 14H12 - Plongée non traitée fichier Phins postpro trop petits
TURBIDENT-1-04	ADCP	SLF : 08/05/2018 à 07H13 DF : 08/05/2018 à 15H05 - Plongée non traitée fichier Phins postpro trop petits
TURBIDENT-1-05	ADCP	SLF : 09/05/2018 à 07H36 DF : 09/05/2018 à 13H26
TURBIDENT-1-06	ADCP	SLF : 10/05/2018 à 12H10 DF : 10/05/2018 à 15H15 - Plongée non traitée fichier Phins postpro trop petits

2.1.2 Traitement des données

Les données issues du TSG (Thermosalinographe), météorologiques et de navigation sont issues des équipements du navire océanographique L'EUROPE.

Les données se présentent comme suit:

- TSG : 18EU11-TURBIDENT_01\ARCHIV_NMEA\thsal*-EU_THSAL.nme contient les données du thermosalinographe à une fréquence de 0.16 Hz (toutes les 6 secondes)
- Météo : 18EU11-TURBIDENT_01\ARCHIV_NMEA\meteo\ *-EU_METBA.nme contient les paramètres météorologiques en fonction de la date TU à une fréquence d'1Hz
- Nav : 18EU11-TURBIDENT_01\REJEU\18EU11-TURBIDENT_01.nav contient les positions GPS en fonction de la date TU à une fréquence d'1Hz.

Le descriptif des formats de fichiers NMEA de L'EUROPE est disponible à l'adresse https://www.ifremer.fr/madida/documents/formet/ArchivageNmea_Europe_v1.html (accès avec login ifremer extranet)

Tableau 6 : Description format des fichiers NMEA

Thermosalinomètre											
\$PRTSA	JJ/MM/YY	hh:mm:ss.sss	THSAL	XX	0000.00	XX.XXX	XXX.XXX	XXX.XXX	XXX.XXX	XXX.XX	XXX.XXX
Header	Date	Heure	Header	Flag	Reserved	Conductivité	Temperature à la prise d'eau	Salinité	Anomalie de densité (densité - 1000)	Vitesse du son	Température dans la cuve

Météo Batos														
\$PRTSA	JJ/MM/YY	hh:mm:ss.sss	BATOS	XX	XXXX.XXX	XXX.XXX	XXX.XX	XXXX.XX	XXXX.XX	XXXX.X	XXXXX.X	XXXXX.X	XXXXX.X	XXXXX.X
Header	Date	Heure	Header	Flag	Temperature de l'air	Température de l'eau	Humidité	Pression	Radiation	Point de rosée	Vitesse vent apparent	Direction vent apparent	Vitesse vent vrai	Direction vent vrai

Phins								
\$PRTSA	JJ/MM/YY	hh:mm:ss.sss	PHINS	XX	XXX.XX	XXX.XX	XXX.XX	XXX.XX
Header	Date	Heure	Header	Flag	Cap	Rouls	Tangage	Pilonnement

Les figures ont été produites à l'aide d'un jeu de fonctions développées sous Matlab.

- Compute_DATA_Path.m : Fonction principale qui fait appel aux différents outils de lecture des fichiers de données
 - Read_Meteo.m
 - Read_TSG.m
 - Read_Navigation.m
 - Read_CTD.m

Aucun traitement spécifique n'est appliqué sur les données NMEA à part un ré-échantillonnage à 1 donnée /min pour des questions de rapidité de traitement et lisibilité des figures.

Le listing des données ADCP (tracté et AUV) est réalisé via la fonction Matlab Read_RdiMatInfo.m à partir des *.mat exportés avec l'outil RDI WinADCP. Les données sont listées en indiquant pour

chaque fichier les dates du premier et dernier ensemble, ainsi que le pourcentage d'ensembles ayant des données de Bottom Track (détection du fond et vitesse de l'engin associée).

2.1.3 Profils CTD Leg1

La Figure 8 illustre la position des stations CTD listées dans le Tableau 2, et dont les profils mesurés de fluorescence et d'hydrologie sont tracés sur les figures du Tableau 7.

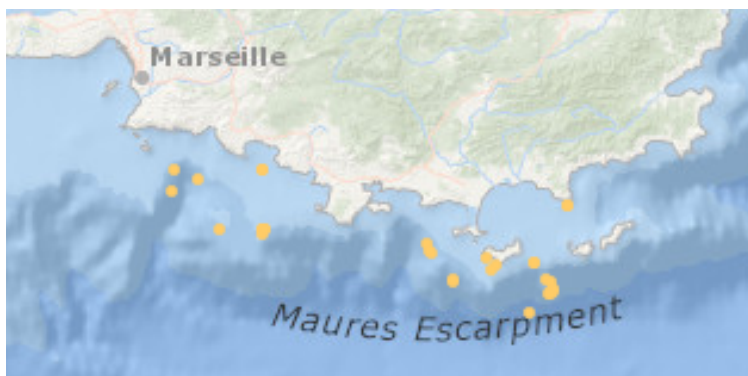
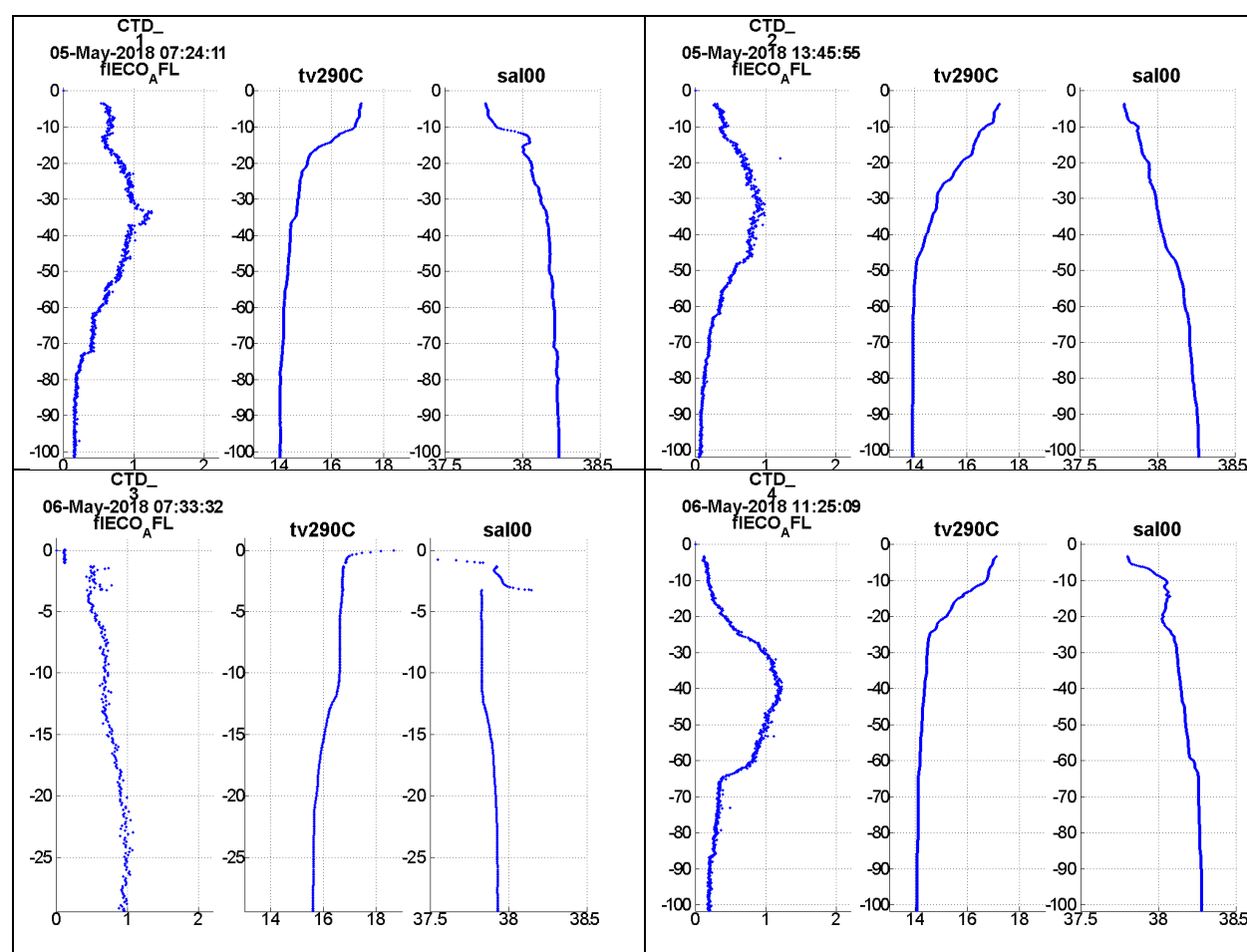
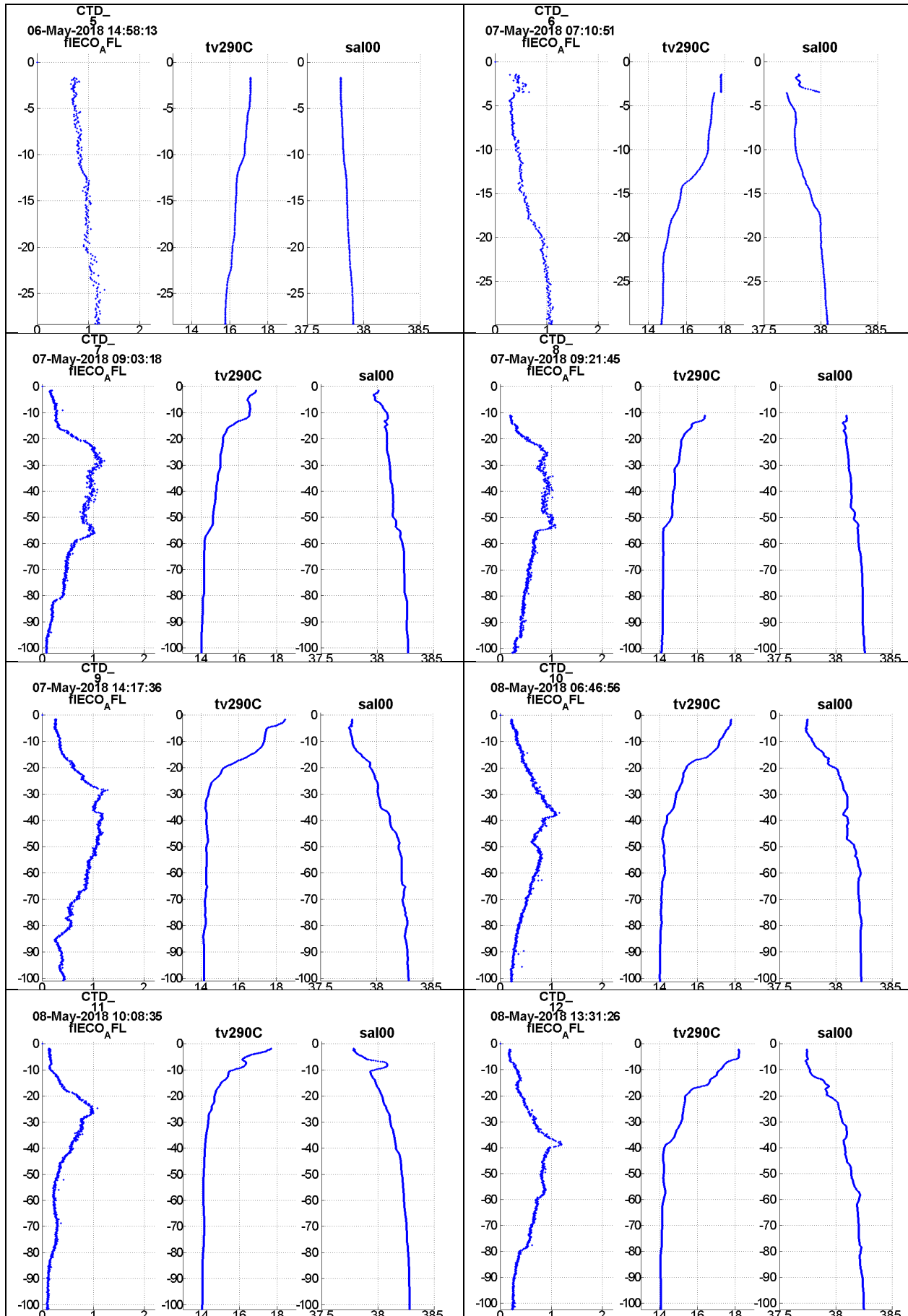
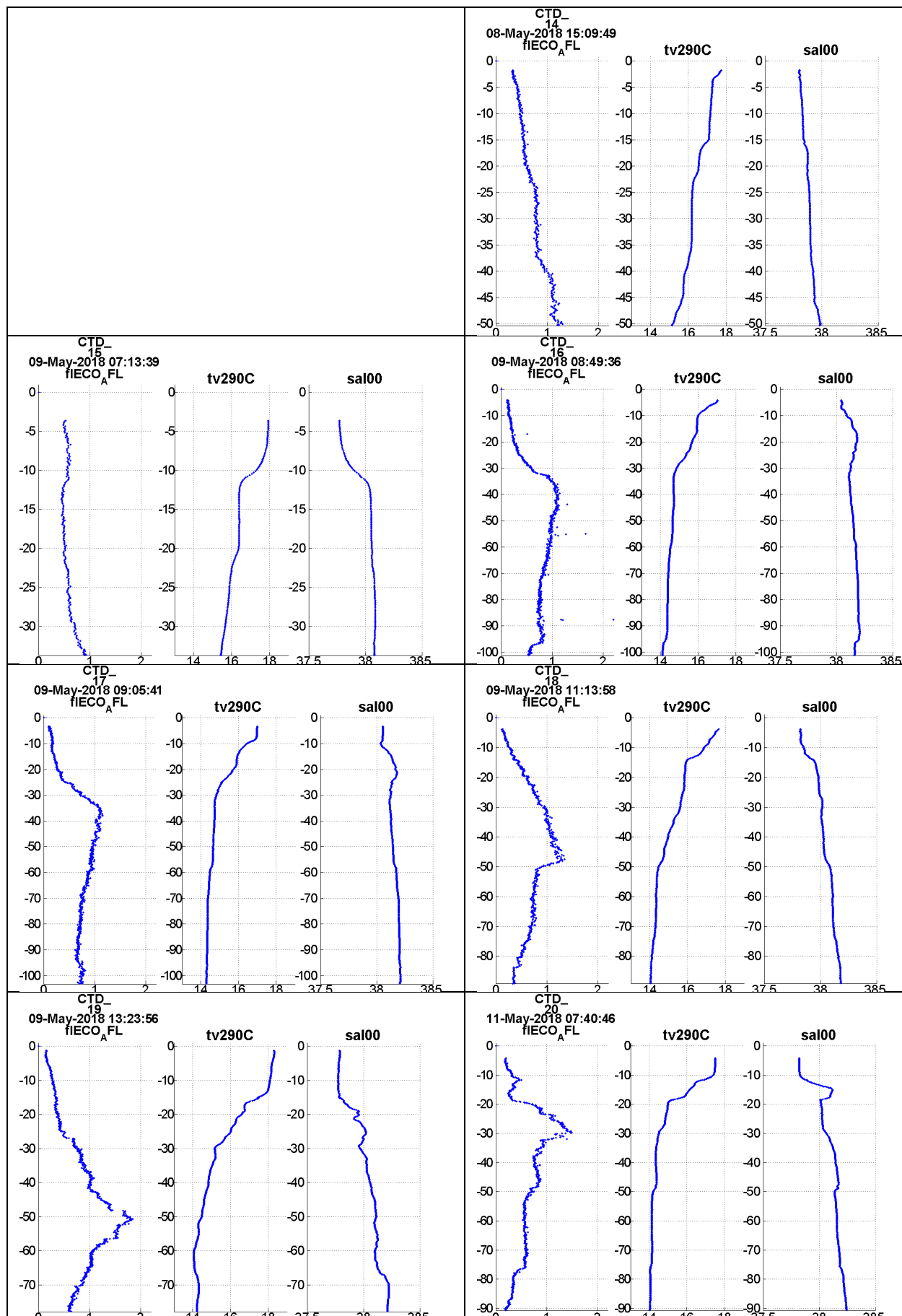


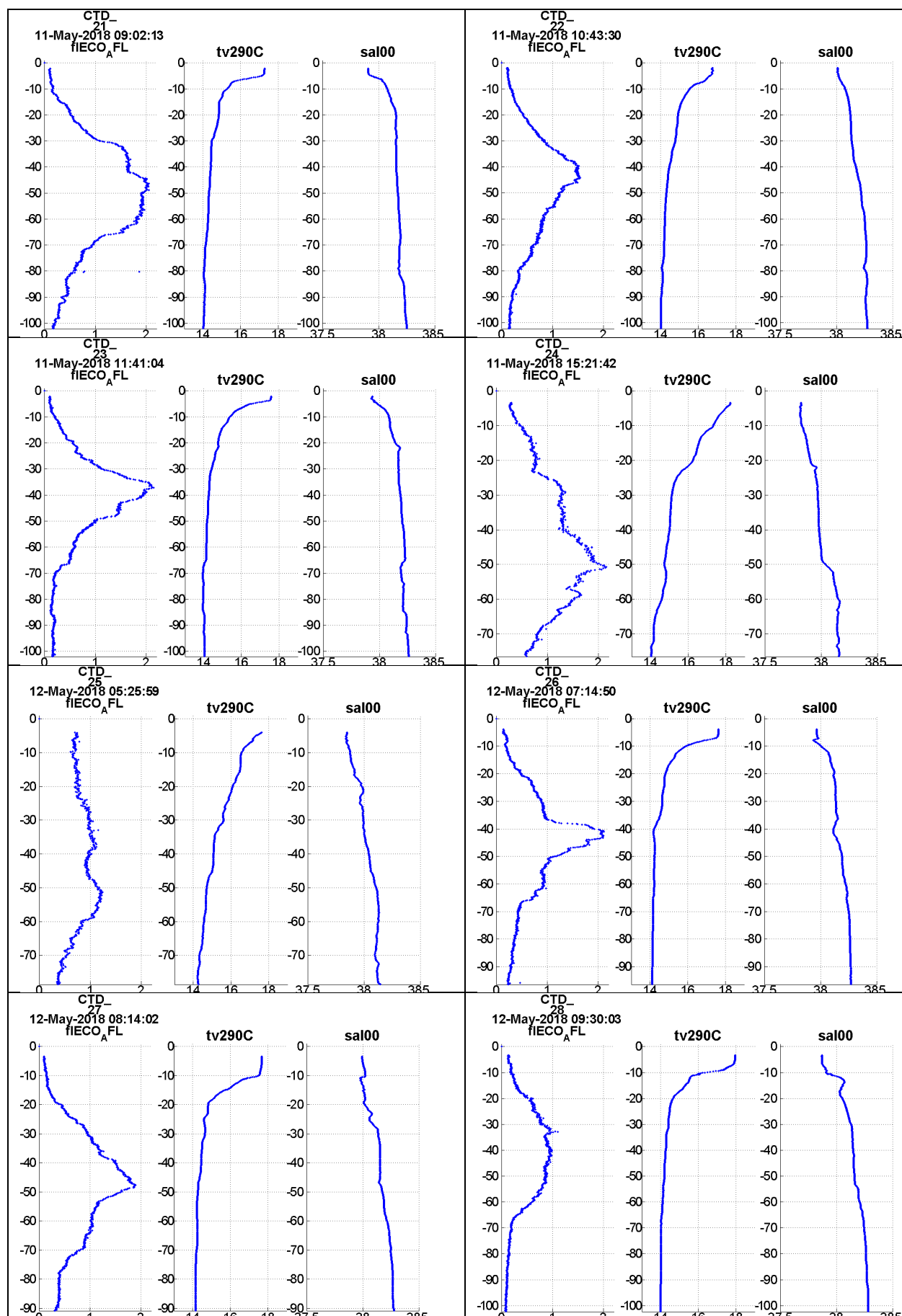
Figure 8 : Positions des profils CTD durant le LEG1

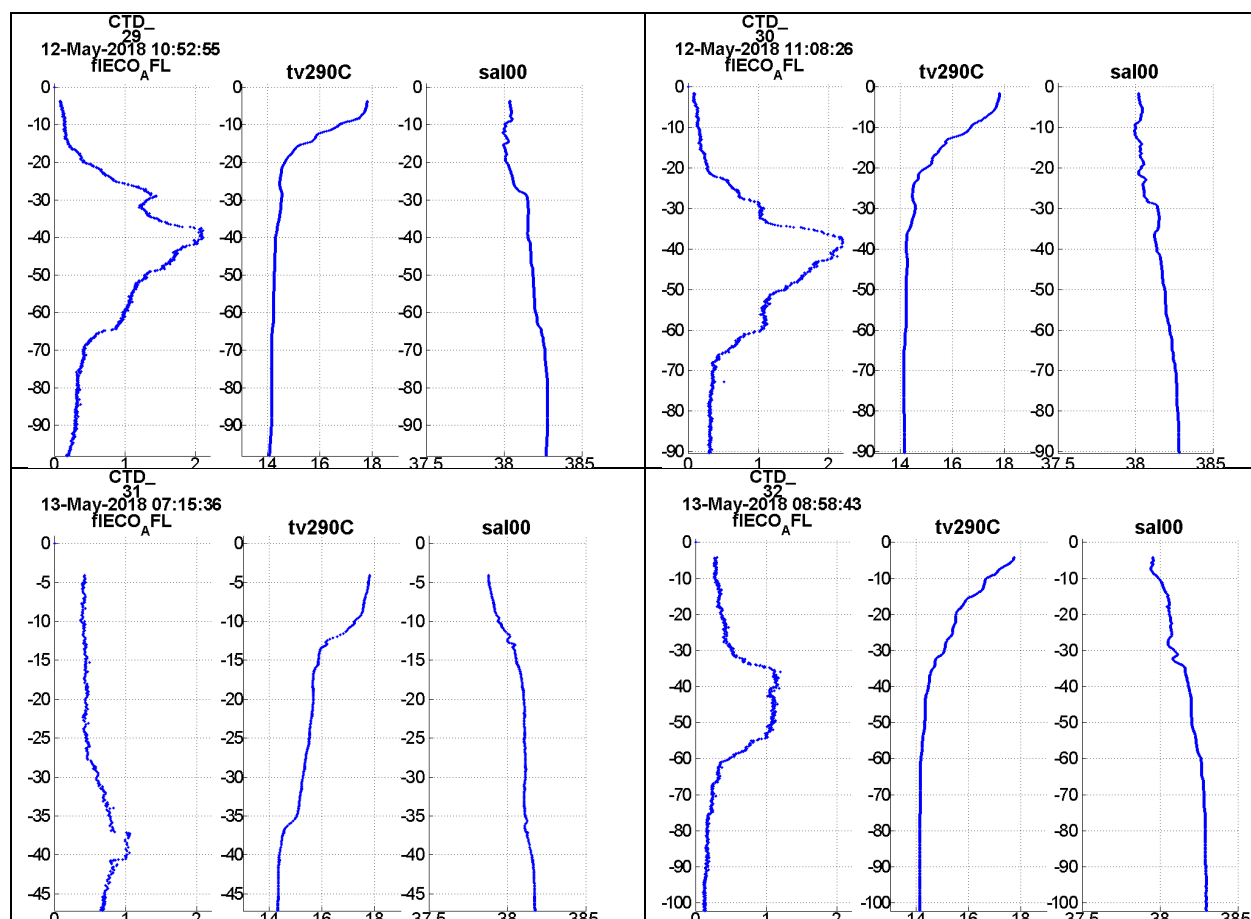
Tableau 7 : Profils de fluorescence, température et salinité mesurés par la sonde CTD durant le LEG1











2.2 Leg2 : 18-29 Octobre 2018

Participants : Rosalie FUCHS (IFREMER/LERPAC, Chef de mission), Christophe RAVEL (IFREMER/LERPAC), Valérie GARNIER (IFREMER/LOPS), Clément ALDEBERT (MIO), Xavier SAINT-LAURENT (Genavir), Wandy KULIK (Genavir), Nicolas DEMARECEAUX (Genavir), Bastien AGOSTINI (Genavir)

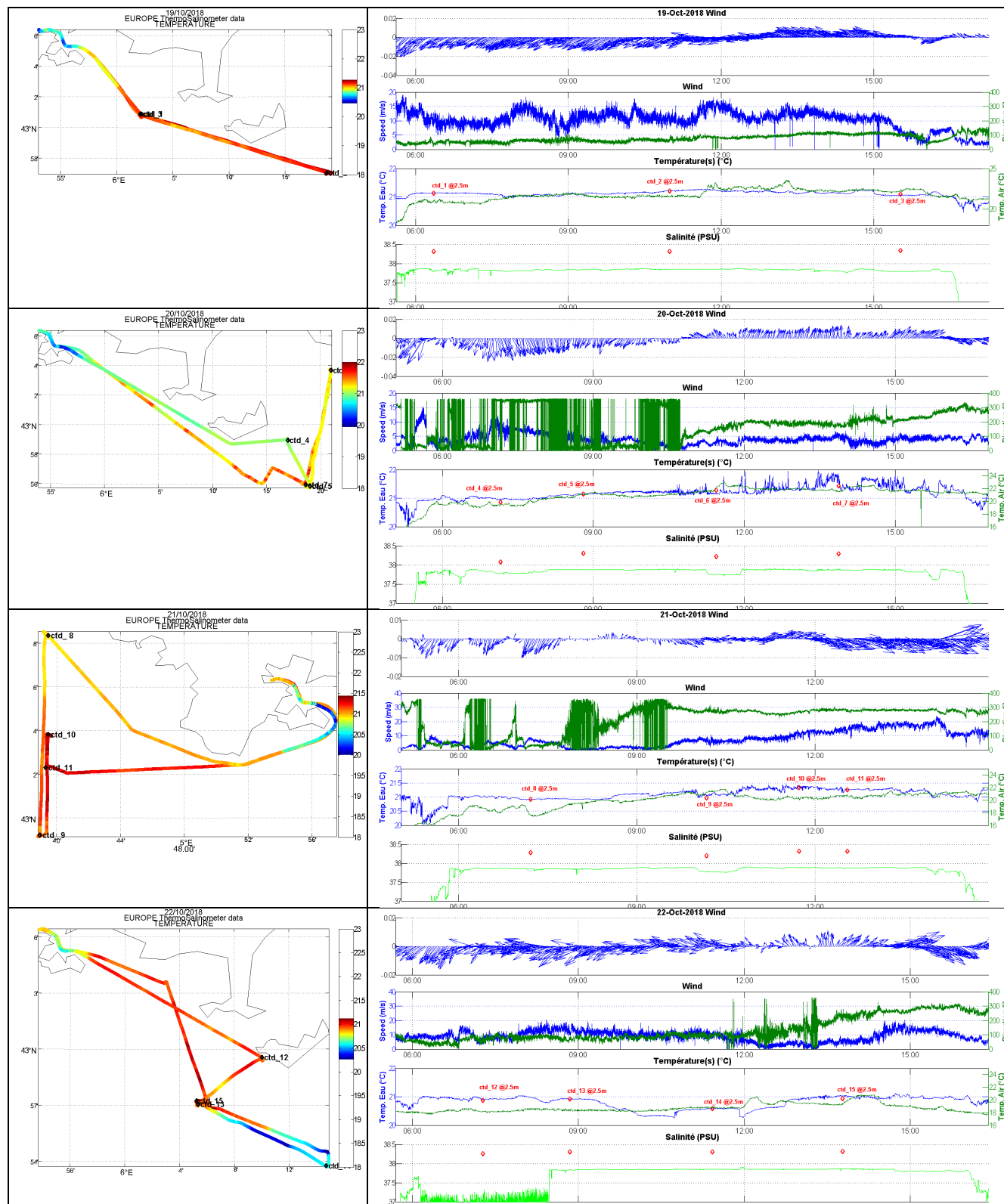
2.2.1 Liste et présentation des données acquises

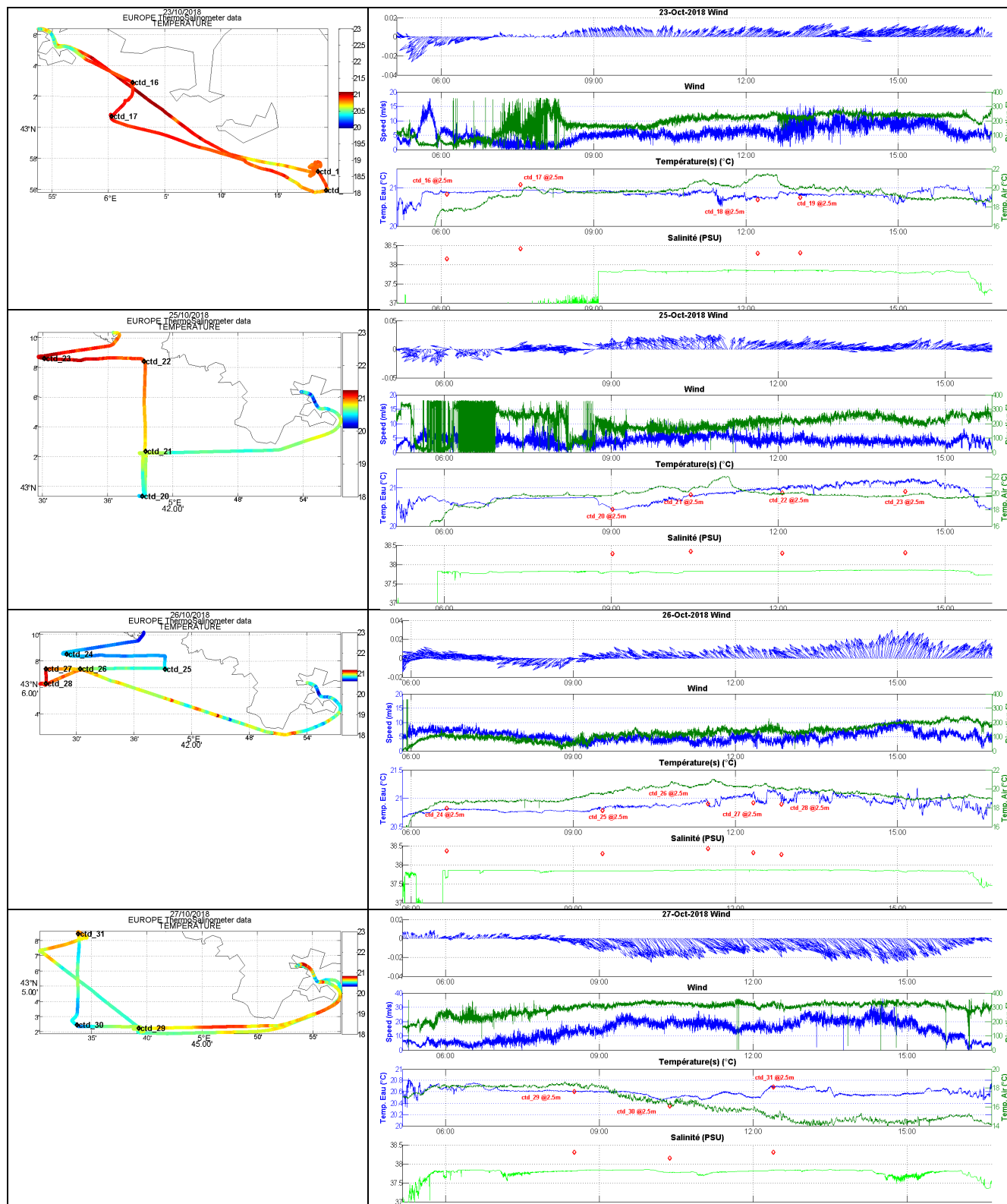
Journées de mesures	9
Récupération lignes thermistances MASTODON-2D	2 (B et C)
Récupération cage ADCP	0.5 (Partie flottante avec instruments seulement)
Profils CTD SBE19 + V2	34
Radiales ADCP tracté	20 (165 miles)
Radiales AUV	20

Les trajets du navire et les données acquises par le thermosalinographe et la station météorologique sont présentés sur les figures du Tableau 8. La position des profils CTD est répertoriée dans le Tableau 9, les informations correspondant aux radiales ADCP tracté dans le

Tableau 10, et celles relatives aux radiales ADCP AUV dans le Tableau 11 avec la navigation engin corrigée associée en Tableau 12.

Tableau 8: Présentation des mesures TSG, météo (données de L'EUROPE) Leg2





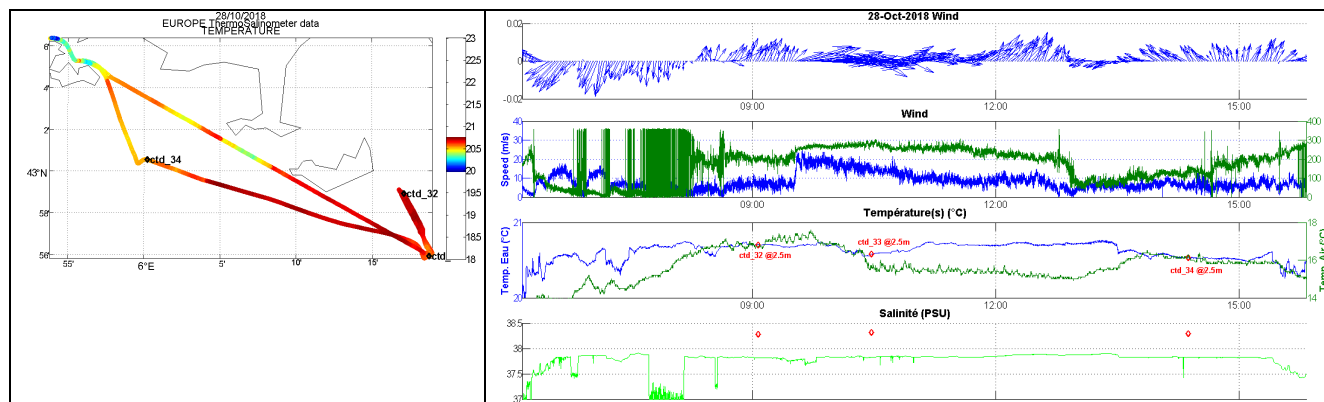


Tableau 9 : Profils CTD Leg2

Cast	Point	Latitude	Longitude	Date TU	Max Depth (m)	Max Fluo (mg/m3)	Thermocline (m)
1	R4 O	43,014660	6,036621	19/10/2018 06:21	102,5	~0,3 jusqu'à 70m	70,85
2	R4 E	42,950468	6,311793	19/10/2018 10:59	226,5	0,43 à 59m	64
3	R4 O	43,014483	6,034856	19/10/2018 15:31	101	~0,3 jusqu'à 70m	74
4	R2 N	42,982401	6,282591	20/10/2018 07:09	41	0,56 à 2,5m	-
5	R2 S	42,930300	6,316765	20/10/2018 08:48	250	0,38 à 68	55
6	R1 N	43,061034	6,349926	20/10/2018 11:26	47	0,53 entre 30-40m	-
7	R1 S	42,932009	6,310450	20/10/2018 13:52	248	0,49 à 67m	61
8	R7 N	43,139117	5,657567	21/10/2018 07:13	81	0,31 entre 10 et 45m	70
9	R7 S	42,986793	5,649097	21/10/2018 10:10	142	0,49 à 75m	69
10	entre C et R7 N	43,063397	5,657674	21/10/2018 11:43	81	~0,45 autour de 45m	72
11	C	43,038363	5,655056	21/10/2018 12:32	90	0,45 autour de 50m	71
12	R5 N	42,992548	6,167227	22/10/2018 07:16	51	0,5 à 3m	-
13	R5 S	42,950773	6,089342	22/10/2018 08:50	252	>0,3 jusqu'à 50m	58
14	R6 E	42,895835	6,244989	22/10/2018 11:25	255	0,54 à 70m	56
15	R6 O	42,953883	6,087472	22/10/2018 13:46	247	0,42 à 45m	53
16		43,048443	6,035714	23/10/2018 06:07	65	0,27 à 54m	58
17	R3 O	43,011799	6,004916	23/10/2018 07:33	253	0,4 à 44m	55
18	R2 S	42,931981	6,321895	23/10/2018 12:14	252	0,64 à 79m	53
19	A	42,952253	6,310195	23/10/2018 13:04	190	0,56 à 63m	45/66
20	R7 S	42,988742	5,652894	25/10/2018 09:01	146	0,64 à 60m	40/54
21	C	43,039309	5,658283	25/10/2018 10:25	93	0,47 à 53m	56
22	R7 N	43,140100	5,655722	25/10/2018 12:04	79	0,86 à 31m	63

23	~R8	43,143168	5,502030	25/10/2018 14:17	106	0,48 à 39 et 69m	63
24	~R8 O	43,141722	5,482845	26/10/2018 06:39	188	0,4 jusqu'à 65m	60
25	R9 E	43,123103	5,653504	26/10/2018 09:32	89	0,59 à 38m	56
26	D	43,123486	5,506700	26/10/2018 11:29	174	0,46 entre 39 et 62m	60
27	R9 O	43,123210	5,446802	26/10/2018 12:19	203	0,49 à 36m	59
28	B	43,104643	5,446893	26/10/2018 12:51	122	0,53 à 43m	58
29	C	43,037487	5,654513	27/10/2018 08:31	96	0,58 à 66m	51
30	R11 O	43,040787	5,561403	27/10/2018 10:22	109	0,67 à 61m	48
31	R10 N	43,140650	5,563099	27/10/2018 12:23	75	0,5 jusqu'à 20m	50
32	R2 N	42,981619	6,284890	28/10/2018 09:04	46	-	-
33	R2 S	42,931623	6,312298	28/10/2018 10:27	250	0,6 à 54m	47
34	R3 O	43,009134	6,003556	28/10/2018 14:22	252	0,58 à 64m	44

Tableau 10 : Fichiers ADCP tracté Leg2

File	Radiale	Date	1st Ensemble	Last Ensemble	% BT data
Turbident02_300_20181019_003_000000.mat	R4 E-O	19-oct-18	06:57:01	11:01:48	79,69
Turbident02_300_20181019_004_000000.mat		19-oct-18	11:03:01	11:42:30	0,00
Turbident02_300_20181019_005_000000.mat	R4 O-E	19-oct-18	11:42:44	15:14:25	91,00
Turbident02_300_20181020_007_000000.mat	R2 N-S	20-oct-18	07:53:04	08:55:08	44,02
Turbident02_300_20181020_008_000000.mat		20-oct-18	08:55:21	09:08:09	0,00
Turbident02_300_20181020_009_000000.mat	R1 S-N	20-oct-18	09:19:11	11:26:05	74,36
Turbident02_300_20181020_010_000000.mat	R1 N-S	20-oct-18	11:26:20	14:11:32	69,69
Turbident02_300_20181021_006_000000.mat	R7 N-S	21-oct-18	07:46:11	10:12:14	99,04
Turbident02_300_20181021_007_000000.mat		21-oct-18	10:12:52	10:34:01	78,02
Turbident02_300_20181021_008_000000.mat	R7 S-N	21-oct-18	10:34:14	11:44:33	99,74
Turbident02_300_20181021_009_000000.mat		21-oct-18	11:44:46	11:53:20	98,10
Turbident02_300_20181022_004_000000.mat	R5 N-S	22-oct-18	07:43:34	08:49:32	79,93
Turbident02_300_20181022_005_000000.mat		22-oct-18	08:49:47	09:16:13	0,00
Turbident02_300_20181022_006_000000.mat	R6 O-E	22-oct-18	09:16:28	11:26:15	0,00
Turbident02_300_20181022_007_000000.mat		22-oct-18	11:26:33	11:46:38	0,00
Turbident02_300_20181022_008_000000.mat		22-oct-18	11:46:53	11:58:51	0,00
Turbident02_300_20181022_009_000000.mat	R6 E-O	22-oct-18	12:06:20	13:47:33	11,94
Turbident02_300_20181023_003_000000.mat		23-oct-18	06:35:33	07:47:28	41,56
Turbident02_300_20181023_003_004_000000.mat		23-oct-18	06:35:33	06:43:42	97,99
Turbident02_300_20181023_004_000000.mat	R3 O-E	23-oct-18	07:47:52	12:03:59	57,02
Turbident02_300_20181023_006_000000.mat	R2 S-N	23-oct-18	12:04:52	13:03:00	0,00
Turbident02_300_20181023_007_000000.mat		23-oct-18	13:03:18	13:11:36	5,61
Turbident02_300_20181025_003_000000.mat	R7 S-N	25-oct-18	09:28:57	12:02:26	97,90
Turbident02_300_20181025_004_000000.mat	R8 E-O	25-oct-18	12:02:53	13:30:25	98,52
Turbident02_300_20181025_005_000000.mat	R8 E-O	25-oct-18	13:35:37	14:07:47	56,12

Turbident02_300_20181026_006_000000.mat	R8 O-E	26-oct-18	07:16:26	09:32:54	82,49
Turbident02_300_20181026_007_000000.mat	R9 E-O	26-oct-18	09:33:11	11:23:01	98,54
Turbident02_300_20181026_008_000000.mat		26-oct-18	11:23:38	11:45:03	1,14
Turbident02_300_20181026_009_000000.mat		26-oct-18	11:45:24	11:49:04	0,00
Turbident02_300_20181026_010_000000.mat		26-oct-18	12:02:35	12:22:21	0,00
Turbident02_300_20181027_003_000000.mat	R11 E-O	27-oct-18	09:03:33	10:19:56	98,86
Turbident02_300_20181027_004_000000.mat		27-oct-18	10:20:14	10:49:40	86,86
Turbident02_300_20181027_005_000000.mat	R10 S-N	27-oct-18	10:49:55	12:28:46	99,26
Turbident02_300_20181028_003_000000.mat	R2 N-S	28-oct-18	09:22:46	10:30:47	49,18
Turbident02_300_20181028_004_000000.mat	R3 E-O	28-oct-18	10:31:00	14:37:55	53,42

Tableau 11 : Fichiers ADCPs AUV Leg2

File	Radiale	Date	1st Ensemble	Last Ensemble	% BT data
ADCP-DOWN_19102018_070329.mat	R4 O-E	19-oct-18	07:07:41	10:53:49	94,37
ADCP-DOWN_19102018_114013.mat	R4 E-O	19-oct-18	11:44:26	16:05:13	79,29
ADCP-UP_19102018_070329.mat	R4 O-E	19-oct-18	07:05:51	10:52:00	0,00
ADCP-UP_19102018_114013.mat	R4 E-O	19-oct-18	11:42:37	16:03:19	0,00
ADCP-DOWN_20102018_074832.mat	R2 N-S	20-oct-18	07:52:48	08:47:31	77,85
ADCP-DOWN_20102018_091607.mat	R1 S-N	20-oct-18	09:20:24	11:39:57	87,91
ADCP-DOWN_20102018_113841.mat	R1 N-S	20-oct-18	11:42:59	13:47:15	77,68
ADCP-UP_20102018_074832.mat	R2 N-S	20-oct-18	07:51:00	08:45:42	0,00
ADCP-UP_20102018_091607.mat	R1 S-N	20-oct-18	09:18:35	11:38:08	0,00
ADCP-UP_20102018_113840.mat	R1 N-S	20-oct-18	11:41:09	13:45:27	0,00
ADCP-DOWN_21102018_074621.mat	R7 N-S	21-oct-18	07:50:43	10:13:50	99,93
ADCP-DOWN_21102018_102729.mat	R7 S- point C	21-oct-18	10:31:52	11:45:48	99,86
ADCP-UP_21102018_074621.mat	R7 N-S	21-oct-18	07:48:54	10:12:04	0,00
ADCP-UP_21102018_102729.mat	R7 S- point C	21-oct-18	10:30:02	11:44:00	0,00
ADCP-DOWN_22102018_073827.mat	R5 N-S	22-oct-18	07:42:48	08:45:22	88,36
ADCP-DOWN_22102018_090857.mat	R6 O-E	22-oct-18	09:13:20	11:22:42	7,56
ADCP-DOWN_22102018_114434.mat	R6 E-O	22-oct-18	11:48:57	14:19:32	3,97
ADCP-UP_22102018_073826.mat	R5 N-S	22-oct-18	07:41:00	08:43:34	0,00
ADCP-UP_22102018_090856.mat	R6 O-E	22-oct-18	08:43:34	11:20:54	0,00
ADCP-UP_22102018_114434.mat	R6 E-O	22-oct-18	11:47:10	14:17:46	0,00
ADCP-DOWN_23102018_064553.mat	R3 O-E	23-oct-18	06:50:19	12:02:06	49,03
ADCP-DOWN_23102018_123629.mat	R2 S-N	23-oct-18	12:40:57	13:03:34	40,17
ADCP-UP_23102018_064553.mat	R3 O-E	23-oct-18	06:48:33	12:00:18	0,00
ADCP-UP_23102018_123629.mat	R2 S-N	23-oct-18	12:39:11	13:01:47	0,00
ADCP-DOWN_25102018_093454.mat	R7 S-N	25-oct-18	09:39:26	12:02:02	99,95
ADCP-DOWN_25102018_121816.mat	R8 E-O	25-oct-18	12:22:50	14:26:23	87,63

ADCP-UP_25102018_093454.mat	R7 S-N	25-oct-18	09:37:40	12:00:16	0,00
ADCP-UP_25102018_121816.mat	R8 E-O	25-oct-18	12:21:04	14:24:44	0,00
ADCP-DOWN_26102018_091053.mat		26-oct-18	09:15:28	09:31:48	100,00
ADCP-DOWN_26102018_094055.mat		26-oct-18	09:45:30	12:07:33	72,23
ADCP-DOWN_26102018_121819.mat		26-oct-18	12:22:54	12:38:20	23,27
ADCP-UP_26102018_091053.mat		26-oct-18	09:13:42	09:30:04	0,00
ADCP-UP_26102018_094055.mat	R9 E-O	26-oct-18	09:43:44	12:05:49	0,00
ADCP-UP_26102018_121819.mat		26-oct-18	12:21:10	12:36:35	0,00
ADCP-DOWN_27102018_090719.mat		27-oct-18	09:11:57	10:16:06	100,00
ADCP-DOWN_27102018_103536.mat		27-oct-18	10:40:15	12:18:53	100,00
ADCP-UP_27102018_090719.mat	R11 E-O	27-oct-18	09:10:12	10:14:22	0,00
ADCP-UP_27102018_103536.mat	R10 S-N	27-oct-18	10:38:30	12:17:10	0,00

Tableau 12 : Fichiers navigation AUV Leg2 retraités

Nom plongée	Module	Commentaires
TURBIDENT-201	ADCP	SLF : 19/10/2018 à 07H06 DF : 19/10/2018 à 15H36
TURBIDENT-202	ADCP	SLF : 20/10/2018 à 07H51 DF : 20/10/2018 à 13H47 - Plongée non traitée absence du fichier Phins postpro
TURBIDENT-203	ADCP	SLF : 21/10/2018 à 07H48 DF : 21/10/2018 à 11H42
TURBIDENT-204	ADCP	SLF : 22/10/2018 à 07H40 DF : 22/10/2018 à 13H43
TURBIDENT-205	ADCP	SLF : 23/10/2018 à 06H48 DF : 23/10/2018 à 13H00
TURBIDENT-206	ADCP	SLF : 25/10/2018 à 09H37 DF : 25/10/2018 à 14H13
TURBIDENT-207	ADCP	SLF : 26/10/2018 à 07H11 DF : 26/10/2018 à 12H37
TURBIDENT-208	ADCP	SLF : 27/10/2018 à 09H09 DF : 27/10/2018 à 12H16
TURBIDENT-209	ADCP	SLF : 28/10/2018 à 09H28 DF : 28/10/2018 à 14H15

2.2.2 Profils CTD Leg2

La Figure 9 illustre la position des stations CTD listées dans le Tableau 8, et dont les profils mesurés de fluorescence et d'hydrologie sont tracés sur les figures du Tableau 13.

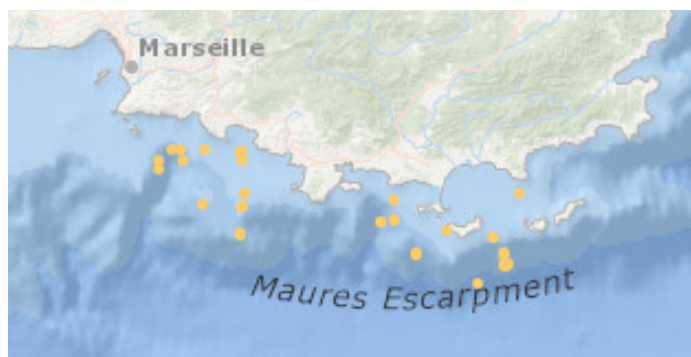
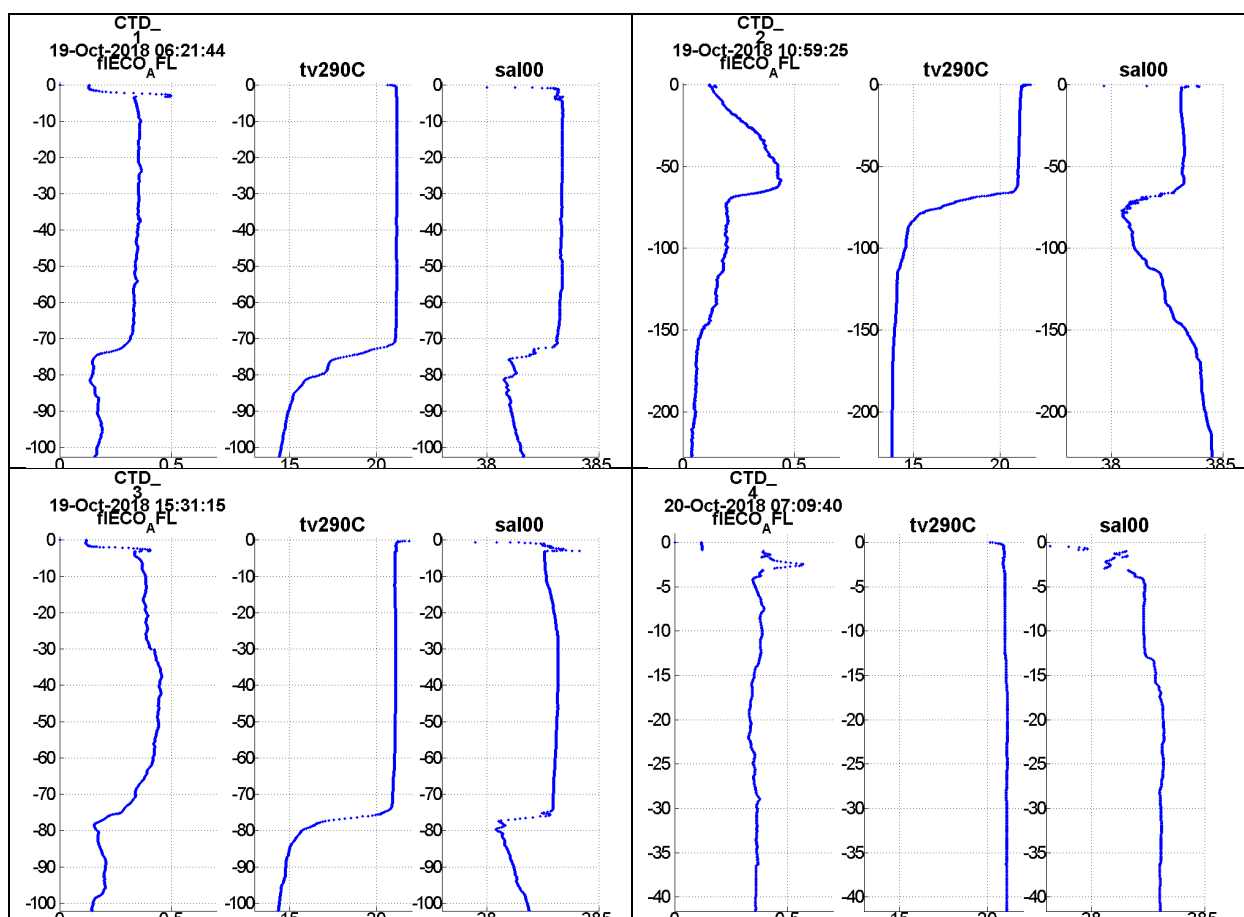
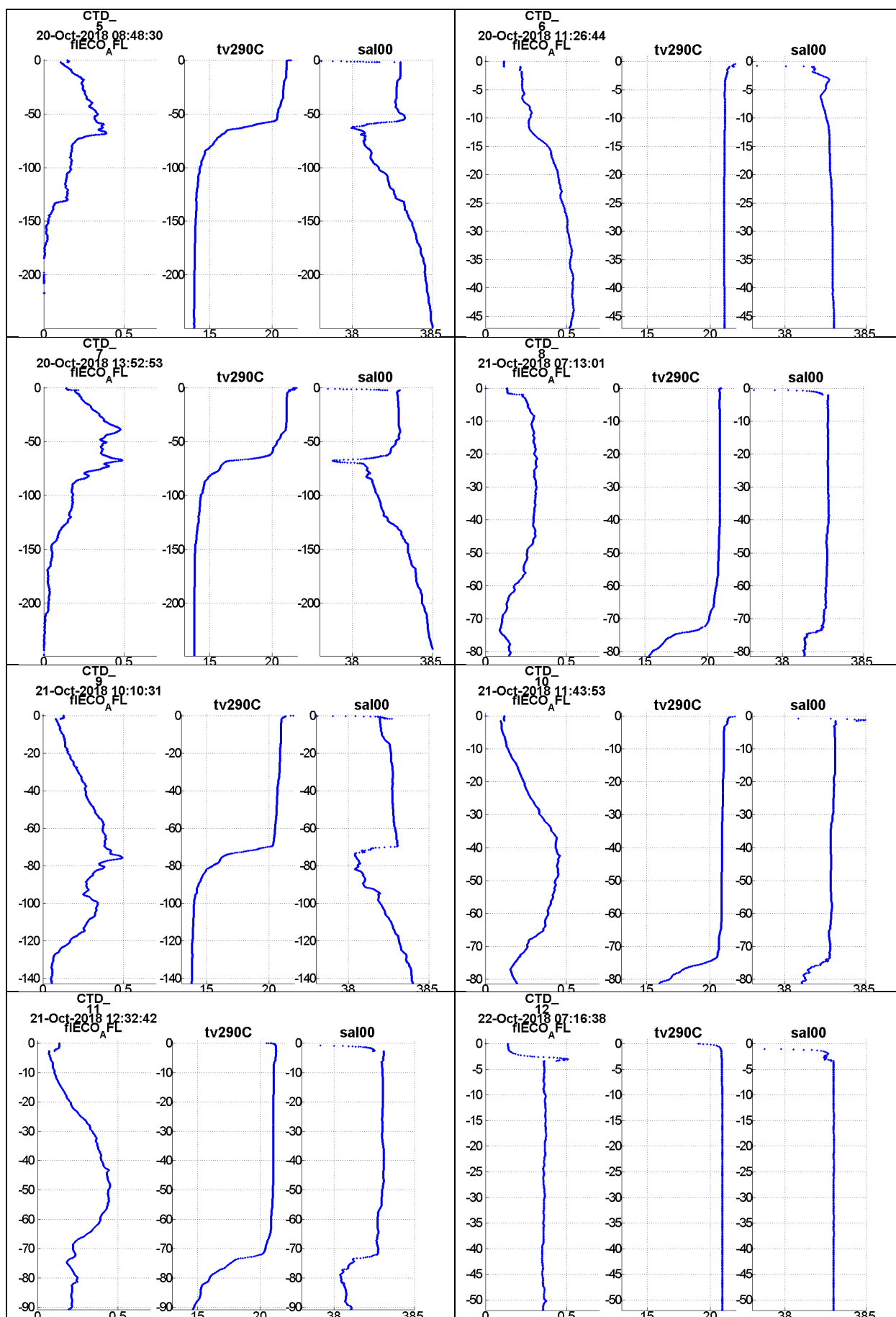
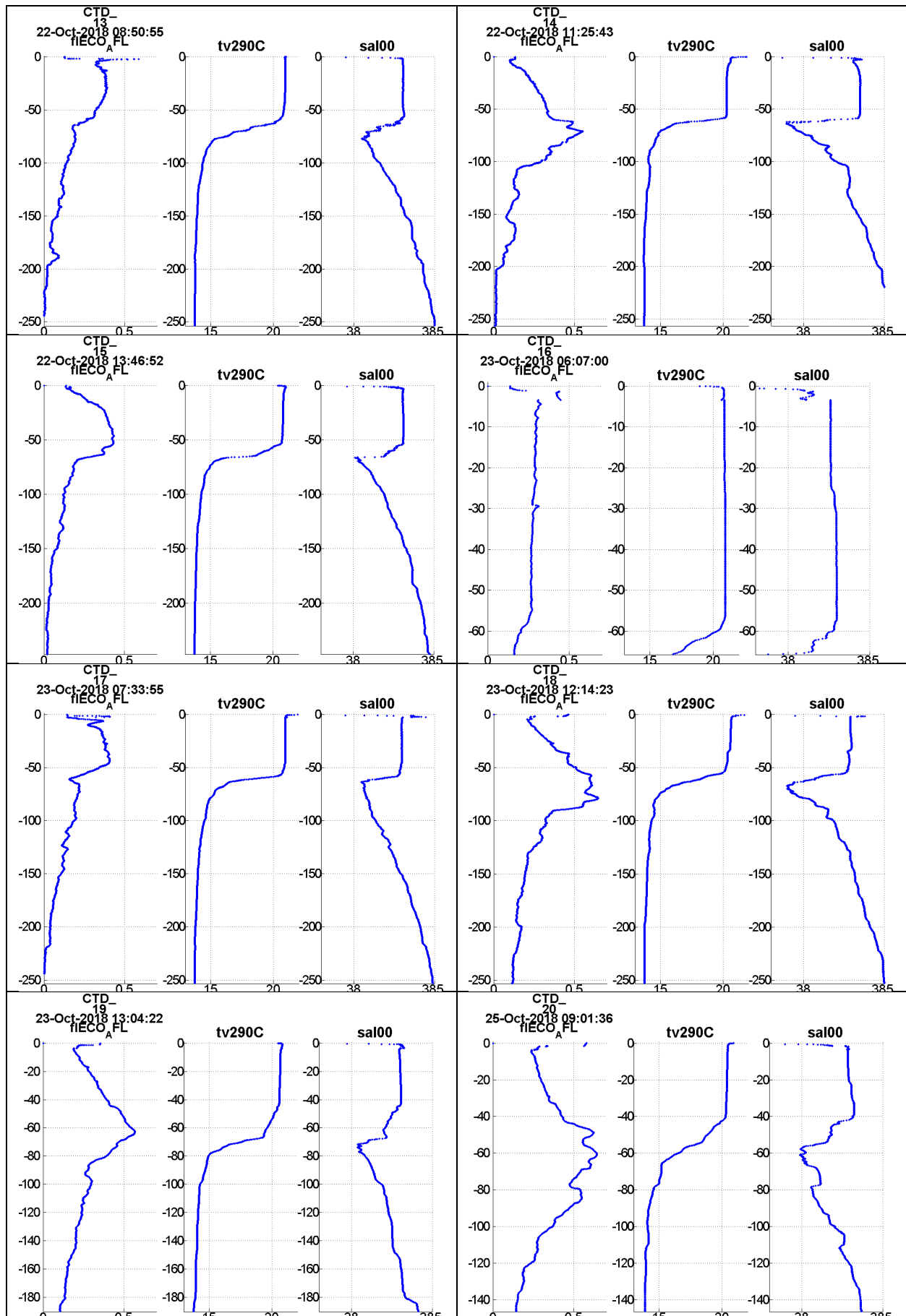


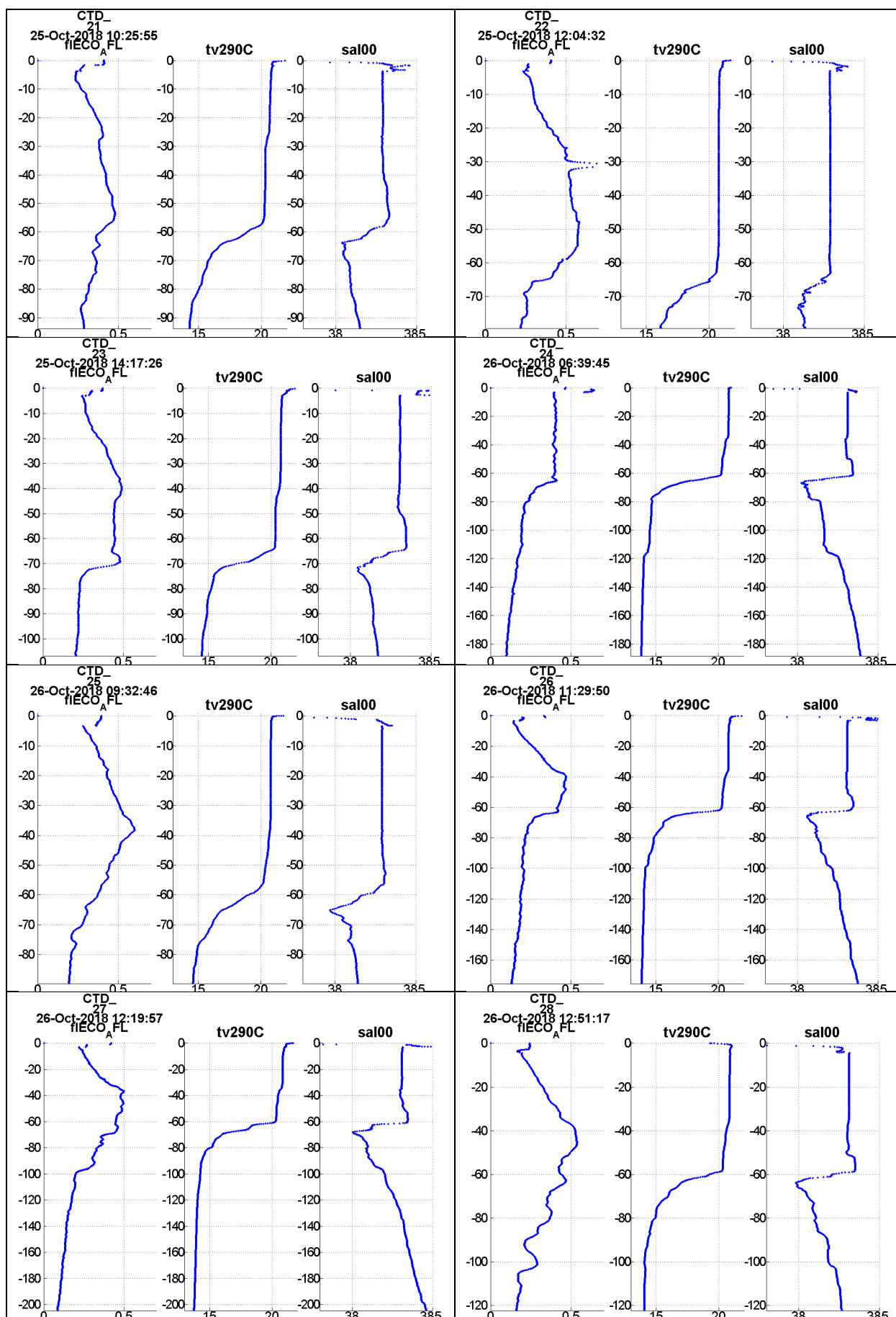
Figure 9 : Positions des profils CTD durant le LEG2

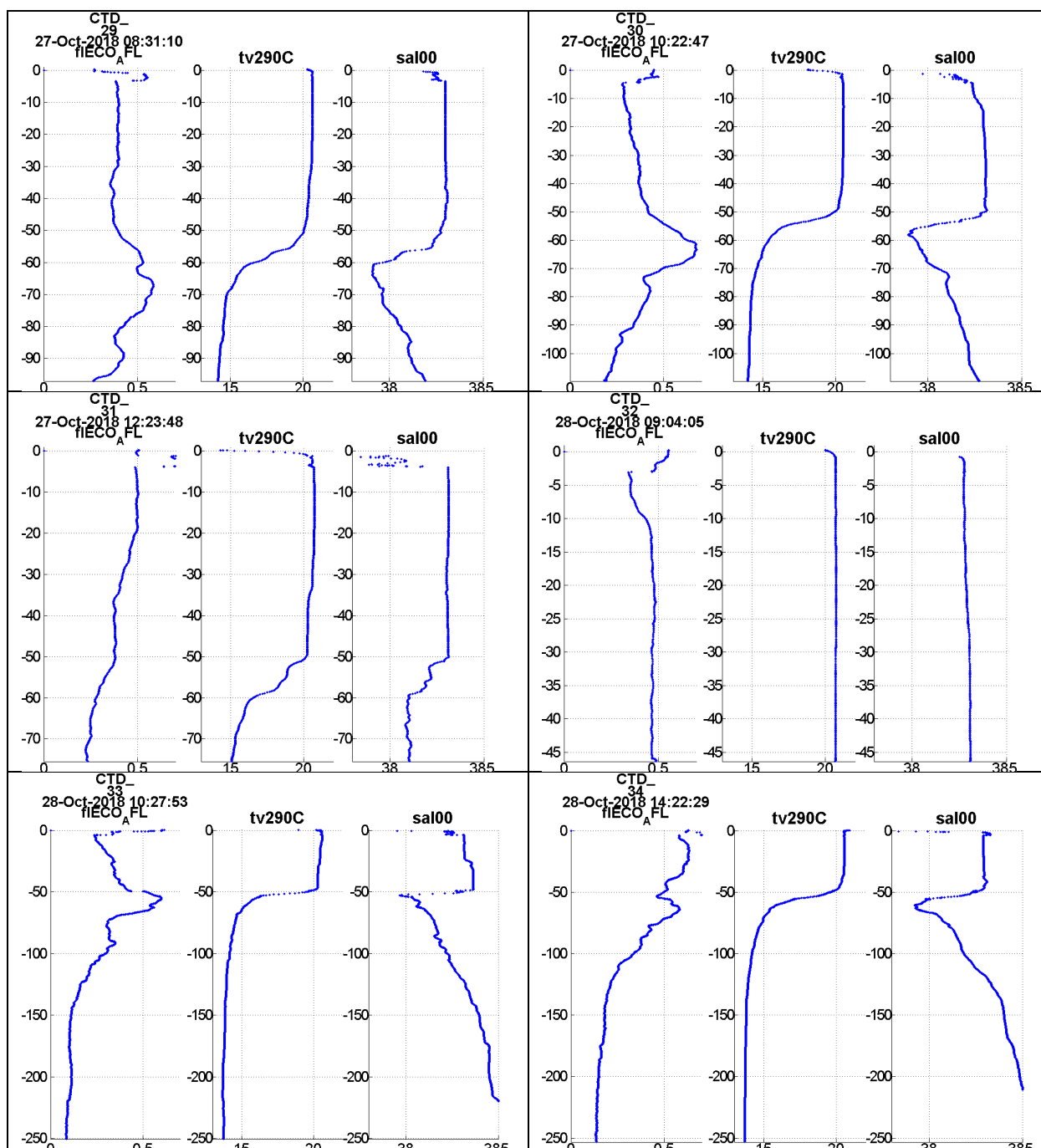
Tableau 13 : Profils de fluorescence, température et salinité mesurés par la sonde CTD durant le LEG2











3. Lignes de thermistances MASTODON-2D

Quatre lignes de thermistance MASTODON-2D ont été déployées au cours du Leg1 aux stations A, B, C et D (Figure 4). Seules les lignes des stations B et C ont pu être récupérées lors du Leg2.

Nom	Latitude	Longitude	Profondeur du fond
MASTODONS A	N 42°57.0969'	E 06°18.2987'	210m
MASTODONS B	N 43°06.1893	E 5°26.8285'	120m
MASTODONS C	N 43°02.2358'	E 5°39.3411'	100m
MASTODONS D	N 43°07.3658'	E 5°30.3700'	190m

3.1 Présentation des données

Tableau 14: Fichiers du MASTODON B

File	ID	Mean Depth (m)	Longitude	Latitude
mastodonB_turbident125_115_17260_26_10_2018_14_46_50.txt	17260	7,6	5,4471	43,1032
mastodonB_turbident125_105_17250_26_10_2018_14_35_14.txt	17250	18,9	5,4471	43,1032
mastodonB_turbident125_90_17246_26_10_2018_14_48_10.txt	17246	34,1	5,4471	43,1032
mastodonB_turbident125_75_17237_26_10_2018_14_49_33.txt	17237	49,3	5,4471	43,1032
mastodonB_turbident125_60_17268_26_10_2018_14_39_59.txt	17268	64,8	5,4471	43,1032
mastodonB_turbident125_45_17241_26_10_2018_14_43_11.txt	17241	79,9	5,4471	43,1032
mastodonB_turbident125_30_17286_26_10_2018_14_55_48.txt	17286	94,4	5,4471	43,1032
mastodonB_turbident125_20_17264_26_10_2018_14_44_46.txt	17264	104,67	5,4471	43,1032
mastodonB_turbident125_10_17248_26_10_2018_14_57_27.txt	17248	114,8	5,4471	43,1032
capteur endommagé - impossibilité de décharger les données	17242	-		
mastodonB_turbident125_largeur_03061_26_10_2018_15_02_24.txt	3061	123,1	5,4471	43,1032

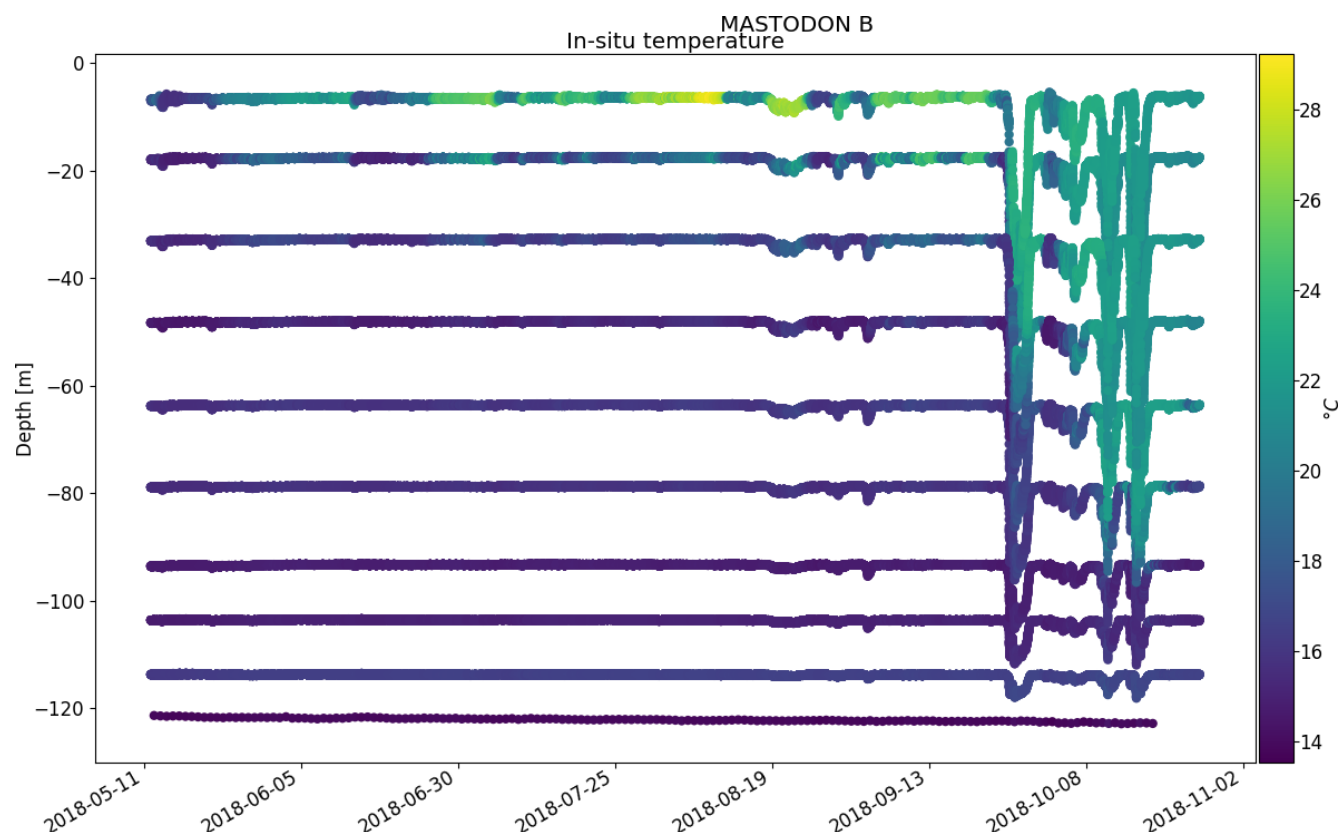


Tableau 15 : Fichiers du MASTODON C

File	ID	Mean Depth (m)	Longitude	Latitude
turbidentC_turbident100_90_17283_27_10_2018_15_06_26.txt	17283	15,6	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_80_17265_27_10_2018_15_08_05.txt	17265	20,8	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_60_17251_27_10_2018_15_09_26.txt	17251	41,1	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_50_17262_27_10_2018_15_11_05.txt	17262	51,4	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_40_17269_27_10_2018_15_12_27.txt	17269	61,7	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_30_17253_27_10_2018_15_15_25.txt	17253	71,7	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_20_17266_27_10_2018_15_20_40.txt	17266	81,8	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_10_17281_27_10_2018_15_23_58.txt	17281	91,8	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_0_17257_27_10_2018_15_25_35.txt	17257	101,8	5,6557	43,0373
turbidentC_turbident100_cone_06145_27_10_2018.txt	6145	102,2	5,6557	43,0373

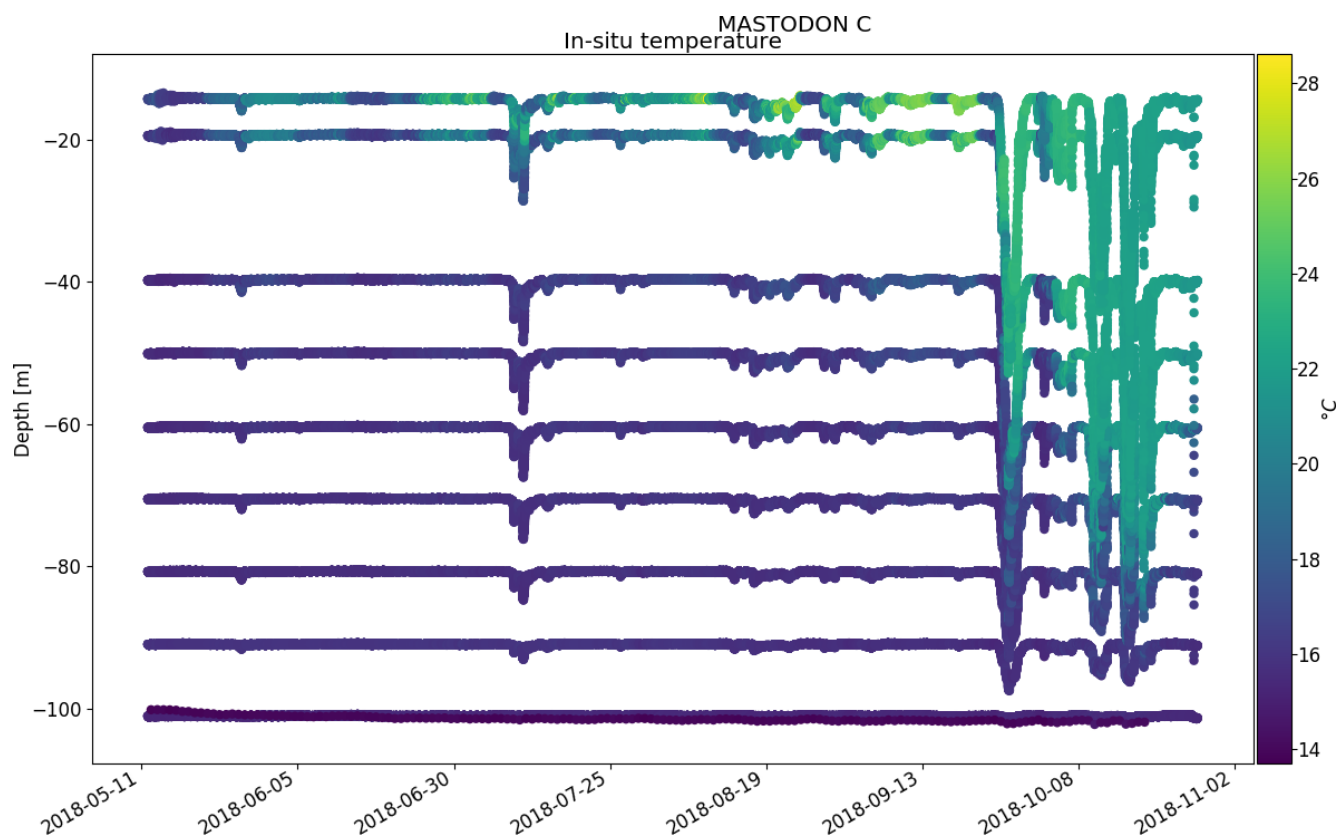


Figure 11: Température(degrees Celsius) mesurée à la station C

3.2 Traitement des données des lignes MASTODON-2D

Les données issues des capteurs de température-pression sont traitées avec le code python `mastodon.py` développé par V. Garnier. Ce dernier permet de lire un ou plusieurs des fichiers correspondant chacun à une immersion sur la ligne, la pression atmosphérique moyenne à la surface (10.13 dbars) est soustraite des données de pression pour évaluer la profondeur des capteurs sous la surface. Les données pré et post déploiement ne sont pas prises en compte sur les graphiques. Des outils matlab sont également disponibles pour représenter les données de différentes manières (à partir du programme `read_mastodon.m`).

4. Mouillage ADCP

L'ADCP benthique a été déployé au point C ($43^{\circ}02.2325'N$ $5^{\circ}39.3371'E$,

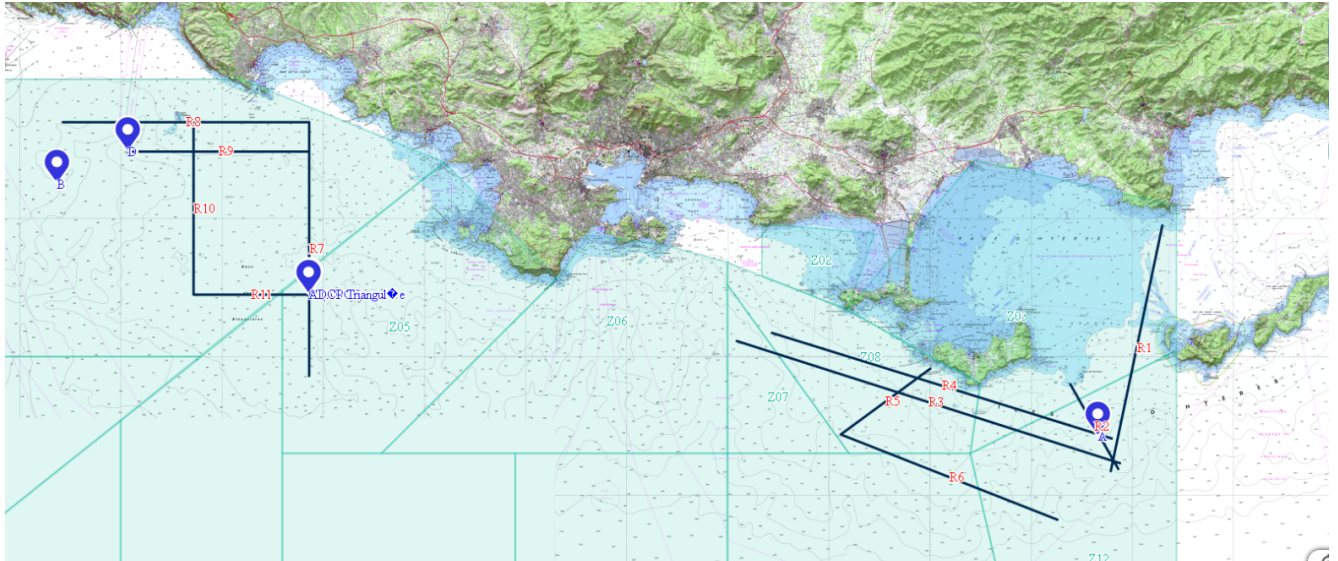


Figure 4) par 100m de fond environ, et a enregistré des données en immersion du 11/05/2018 07h15 TU au 04/11/2018 20h00 TU.

4.1 Présentation des données

La Figure 12 présente les données de l'ADCP en station, traitées en utilisant des critères de qualité (Figure 13). La Figure 14 présente les données auxiliaires.

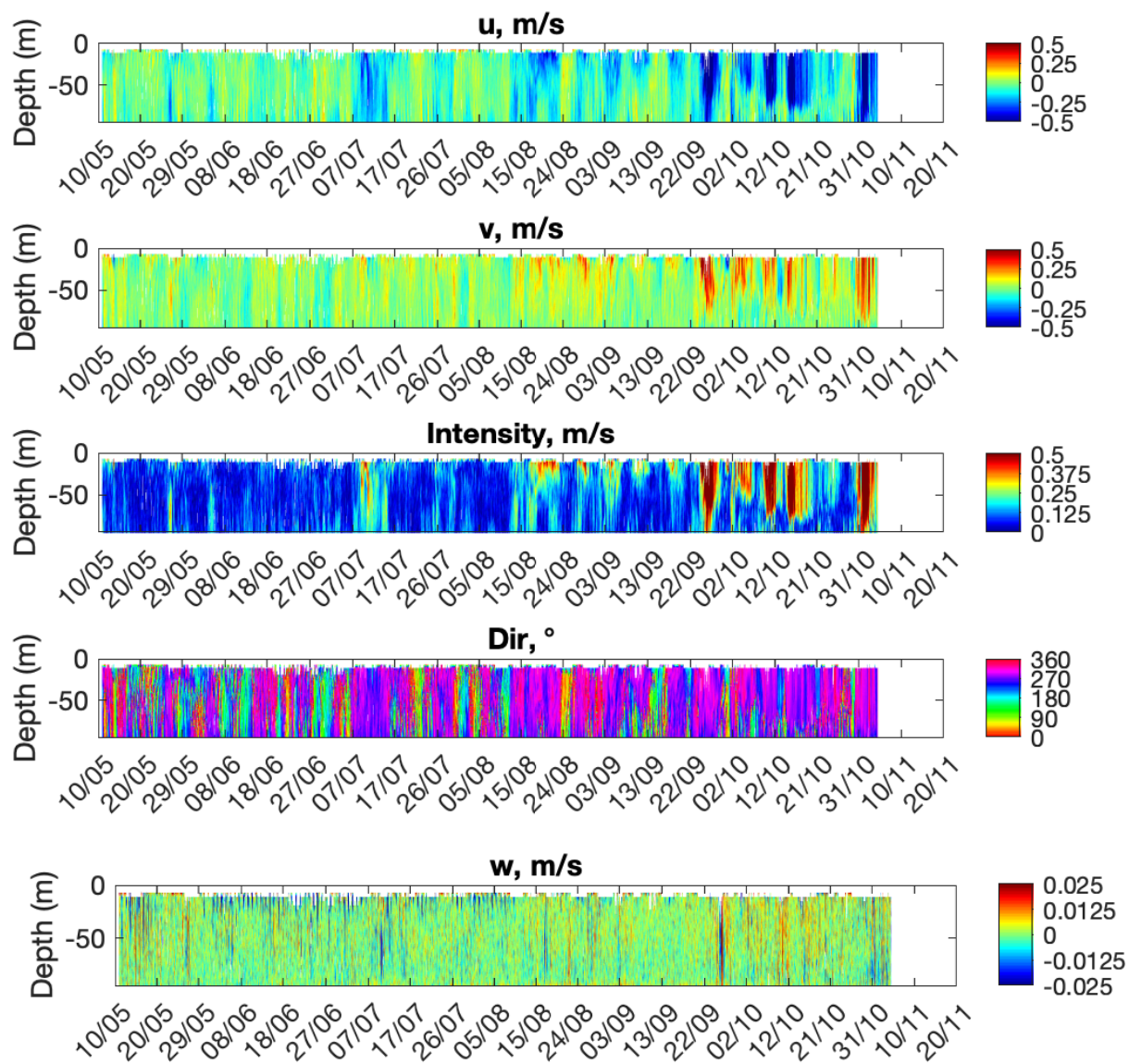


Figure 12: Données de courants horizontaux et verticaux après traitement

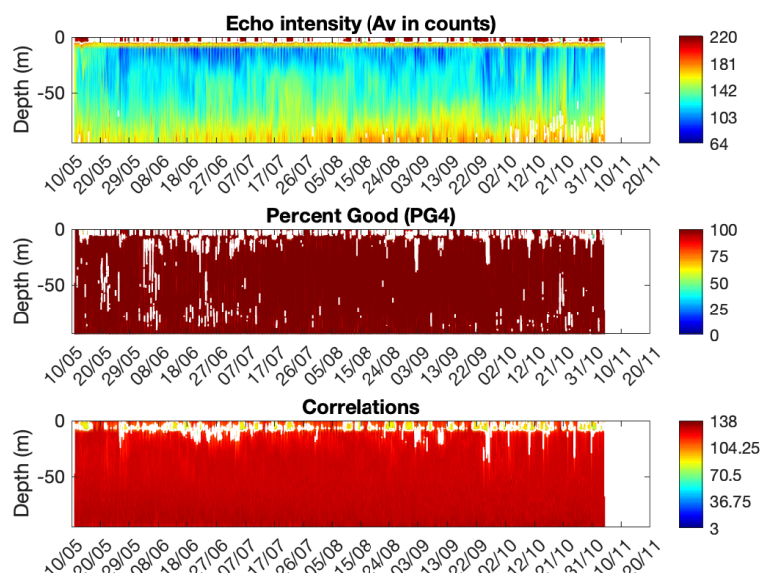


Figure 13: Données utilisées pour le contrôle qualité : intensité rétrodiffusée, pourcentage de bonnes données et corrélations. Les zones entourées de blanc correspondent aux données rejetées

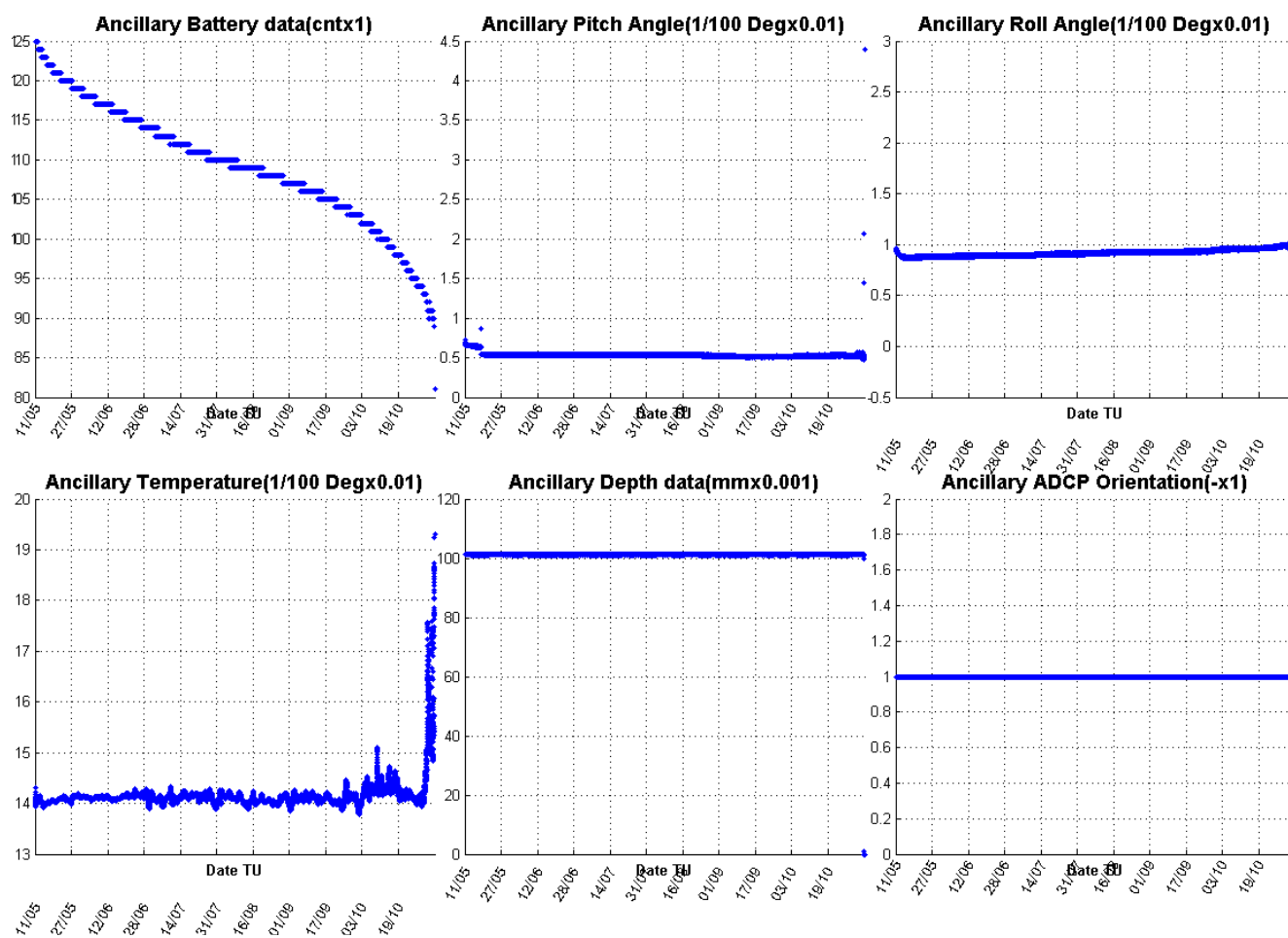


Figure 14: Données auxiliaires fournies par l'ADCP : tension de la batterie, tangage, roulis, température mesurée, profondeur mesurée par le capteur de pression, orientation de l'ADCP

4.2 Traitement des données de l'ADCP

Les données de l'ADCP benthique ont été traitées avec la fonction matlab `adcp_station.m`.

Les critères de sélection sont définis à l'intérieur de la fonction pour un ADCP 300kHz, et peuvent être modifiés dans le programme.

Le fichier final contenant les données de courant traitées et les informations sur le mouillage et le traitement est créé au format netcdf (`ADCP_blaquieres.nc`).

Pour les Figure 12 et Figure 14, les critères utilisés sont les suivants :

Profondeur :	immersion >5m (on ne garde pas les données lorsqu'il est en surface) et repérage surface en utilisant le capteur de pression de l'ADCP et en soustrayant 6% de la colonne d'eau près de la surface (contamination par les lobes secondaires)
Pitch/roll :	<10°
Amplitude de corrélation :	>=100 (valeur moyenne sur les faisceaux)
Intensité d'écho :	<192 (valeur moyenne sur les faisceaux, élimination des données aériennes)
Percent Good PG4:	compris entre 80 et 100% (pourcentage de valeurs correctes)
Maximum de courant :	1.5 m/s

5. ADCP AUV

Le traitement des données AUV fait intervenir une chaîne de traitement spécifique développée pour cet instrument en langage matlab, mais reprenant certaines fonctionnalités des programmes utilisés pour les stations fixes (par exemple pour la qualification des données et la sauvegarde des variables traitées).

Les données de vitesses sont lues dans leur format natif (binaire) et tous les changements de repère et autres opérations sont réalisés par la chaîne de traitement. Celle-ci s'adapte automatiquement à la situation rencontrée, selon que l'ADCP vers le bas intercepte le fond ou pas par exemple (utilisation du bottom track pour calculer la vitesse de référence). Lors de l'enregistrement des fichiers, les trames de navigation sont hybridées aux données de l'ADCP, de sorte qu'il est possible d'utiliser les données d'attitude et de positionnement de la centrale inertielle PHINS de l'AUV enregistrées en temps-réel. Durant la campagne, les données produites par la centrale inertielle n'étaient pas toujours bonnes, aussi on utilise également les données issues du post-traitement de la navigation PHINS pour calculer la vitesse de référence de l'engin (avec la vitesse des courants $V_{réelle} = V_{mesurée} - V_{ref}$) et pour positionner les données. L'utilisation d'un ADCP orienté vers le haut (1200kHz, $dz=0.25m$) conjointement à l'ADCP orienté vers le bas (300kHz, $dz=4m$), rend cependant le traitement des données complexe. C'est notamment le cas lorsqu'on souhaite utiliser les informations du bottom track de l'ADCP orienté vers le bas comme navigation de référence pour recalculer les courants à partir des vitesses mesurées par l'ADCP orienté vers le haut.

5.1 Données ADCP

Les courants acquis le long des radiales AUV sont représentés suivant des transects verticaux (selon la latitude/longitude/temps) ou horizontaux (à profondeur constante). Le capteur de température de l'ADCP permet également de disposer de la température à la profondeur de l'AUV, mais ces données ne sont pas représentées ici.

Tableau 16 : Fichiers enregistrés par l'AUV et navigation corrigée associés. En gras, fichiers dont les données ont été prétraitées pour enlever des valeurs aberrantes acquises en dehors du transect (calibration, mauvais positionnement, etc...), ou pour ajouter les données du fichier suivant (noms en gris) le long du même transect.

Plongée AUV n°	Nom fichier nav corrigée	Nom fichier ADCP Down	Nom fichier ADCP Up
1		ADCP05052018_083512.ens ADCP05052018_090056.ens ADCP05052018_093255.ens ADCP05052018_113111.ens ADCP05052018_115803.ens ADCP05052018_122314.ens	ADCP05052018_083511.ens ADCP05052018_090054.ens ADCP05052018_093257.ens ADCP05052018_113110.ens ADCP05052018_115803.ens ADCP05052018_122313.ens
2	TURBIDENT-1-02.txt	ADCP06052018_080256.ens ADCP06052018_092353.ens ADCP06052018_114252.ens ADCP06052018_131947.ens	ADCP06052018_080256.ens ADCP06052018_092353.ens ADCP06052018_114251.ens ADCP06052018_131945.ens
3		ADCP07052018_073855.ens ADCP07052018_093728.ens	ADCP07052018_073856.ens ADCP07052018_093728.ens
4		ADCP08052018_071255.ens ADCP08052018_103238.ens ADCP08052018_134750.ens	ADCP08052018_071255.ens ADCP08052018_103238.ens ADCP08052018_134750.ens
5	TURBIDENT-1-05.txt	ADCP09052018_073557.ens ADCP09052018_091725.ens	ADCP09052018_073557.ens ADCP09052018_091728.ens
6		ADCP11052018_121037.ens	ADCP11052018_121038.ens
1	TURBIDENT-201.txt	ADCP19102018_070331.ens ADCP19102018_114016.ens	ADCP19102018_070330.ens ADCP19102018_114015.ens
2		ADCP20102018_074835.ens ADCP20102018_091609.ens ADCP20102018_113842.ens	ADCP20102018_074833.ens ADCP20102018_091608.ens ADCP20102018_113842.ens
3	TURBIDENT-203.txt	ADCP21102018_074622.ens ADCP21102018_102734.ens	ADCP21102018_074622.ens ADCP21102018_102730.ens
4	TURBIDENT-204.txt	ADCP22102018_073827.ens ADCP22102018_090857.ens ADCP22102018_114434.ens	ADCP22102018_073826.ens ADCP22102018_090856.ens ADCP22102018_114434.ens
5	TURBIDENT-205.txt	ADCP23102018_064553.ens ADCP23102018_123630.ens	ADCP23102018_064553.ens ADCP23102018_123631.ens
6	TURBIDENT-206.txt	ADCP25102018_093455.ens ADCP25102018_121817.ens	ADCP25102018_093455.ens ADCP25102018_121817.ens

7	TURBIDENT-207.txt	ADCP26102018_091056.ens ADCP26102018_094057.ens	ADCP26102018_091053.ens ADCP26102018_094056.ens
8	TURBIDENT-208.txt	ADCP27102018_090722.ens ADCP27102018_103537.ens	ADCP27102018_090721.ens ADCP27102018_103537.ens

5.2 Traitement des données de vitesses

La première étape du traitement des données ADCP consiste à convertir les données de courant mesurées le long des faisceaux de l'ADCP (beam) dans le repère terrestre. Pour un ADCP orienté vers le bas, on obtient (voir calcul en Annexe 1) :

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a * ((CH * CR + SH * SP * SR) * (B_1 - B_2) + (SH * CP) * (B_4 - B_3)) + (CH * SR - SH * SP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \\ a * ((-SH * CR + CH * SP * SR) * (B_1 - B_2) + (CH * CP) * (B_4 - B_3)) + (-SH * SR - CH * SP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \\ a * ((-CP * SR) * (B_1 - B_2) + SP * (B_4 - B_3)) + (CP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

avec:

- CH=cos(H+EA), SH=sin(H+EA), où H (heading) est le cap mesuré par le compas de l'ADCP ou la centrale inertielle PHINS, et EA le désalignement du faisceau 3 de l'ADCP par rapport à l'avant de l'AUV spécifié par l'utilisateur
- CR=cos(R), SR=sin(R), CP=cos(P), SP=sin(P), où R (roll) est le roulis et P (pitch) le tangage de l'AUV, mesurés par les capteurs d'attitude de l'ADCP
- a=1.4619, b=0.2660
- B1, B2, B3, B4 les vitesses mesurées dans le repère des faisceaux de l'ADCP

Pour un ADCP orienté vers le haut, on a :

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a * ((CH * CR + SH * SP * SR) * (B_1 - B_2) - (SH * CP) * (B_4 - B_3)) - (CH * SR - SH * SP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \\ -a * ((-SH * CR + CH * SP * SR) * (B_1 - B_2) - (CH * CP) * (B_4 - B_3)) - (-SH * SR - CH * SP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \\ -a * ((-CP * SR) * (B_1 - B_2) - SP * (B_4 - B_3)) - (CP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

u,v,w correspondent aux vitesses totales mesurées, auxquelles il faut retrancher la vitesse de l'engin pour obtenir les courants. Cette dernière est estimée soit à partir du bottom track de l'ADCP, soit de la navigation temps réel stockée dans les fichiers ADCP, soit de la navigation corrigée à posteriori. Dans le même état d'esprit, le cap H est issu soit de la mesure par le compas ADCP, soit de la centrale inertielle (information temps réel ou navigation corrigée). Les valeurs de cap sont proches dans la plupart des cas. La vitesse de référence choisie par ordre de priorité est :

- La vitesse bottom track lorsque disponible, le cap étant fourni par le compas de l'ADCP pour celui orienté vers le bas
- La vitesse estimée par la centrale inertielle PHINS et corrigée à posteriori lorsque le fond n'est pas vu par l'ADCP
- La vitesse estimée par la centrale inertielle PHINS insérée en temps réel dans les trames ADCP lorsque ni le bottom track (profondeur du fond trop importante) ni la navigation corrigée (trajets trop courts ou manque d'informations) ne sont disponibles

En effet, il arrive que la navigation ne soit pas cohérente en temps réel. Dans tous les cas des corrections sont appliquées en utilisant les informations de localisation complémentaires acquises par le système de positionnement acoustique (GAPS).

Concernant les valeurs de cap, le compas de l'ADCP DOWN (orienté vers le bas) se comporte bien, par contre il n'est pas possible d'utiliser le compas de l'ADCP UP (orienté vers le haut), à cause de perturbations magnétiques (différence de cap mesuré par rapport à celui de la centrale inertielle non constante, alors qu'elle l'est pour l'ADCP DOWN). Le cap servant à calculer les courants pour l'ADCP UP est donc celui fourni par la navigation (navigation corrigée si disponible, ou navigation temps réel, lorsque le cap navigation présente une variance inférieure à 0.5°). Dans un souci de cohérence, pour le calcul des vitesses bottom track (BT), on prend la même source de cap que pour le calcul des vitesses totales. Pour l'ADCP DOWN, lorsque la vitesse de référence utilisée provient du BT, le cap compas ADCP est utilisé dans le calcul de la vitesse totale, mais lorsque l'information de vitesse de référence provient de la navigation, alors le cap navigation associé est utilisé.

Les données de position (latitude, longitude) sont données par la navigation corrigée lorsque celle-ci est disponible, et sinon par les positions enregistrées au cours du temps dans le fichier à partir des informations fournies par la centrale inertielle PHINS en temps-réel. Dans les fichiers finaux, on ne garde que les données avec des positionnements cohérents par rapport à la radiale effectuée (pas les données acquises lors des tests du matin quand l'AUV est sur le pont loin de la radiale, ni lorsque les positions enregistrées ne sont pas bonnes).

Comme pour toutes données de vitesse ADCP, on utilise des critères pour le contrôle qualité :

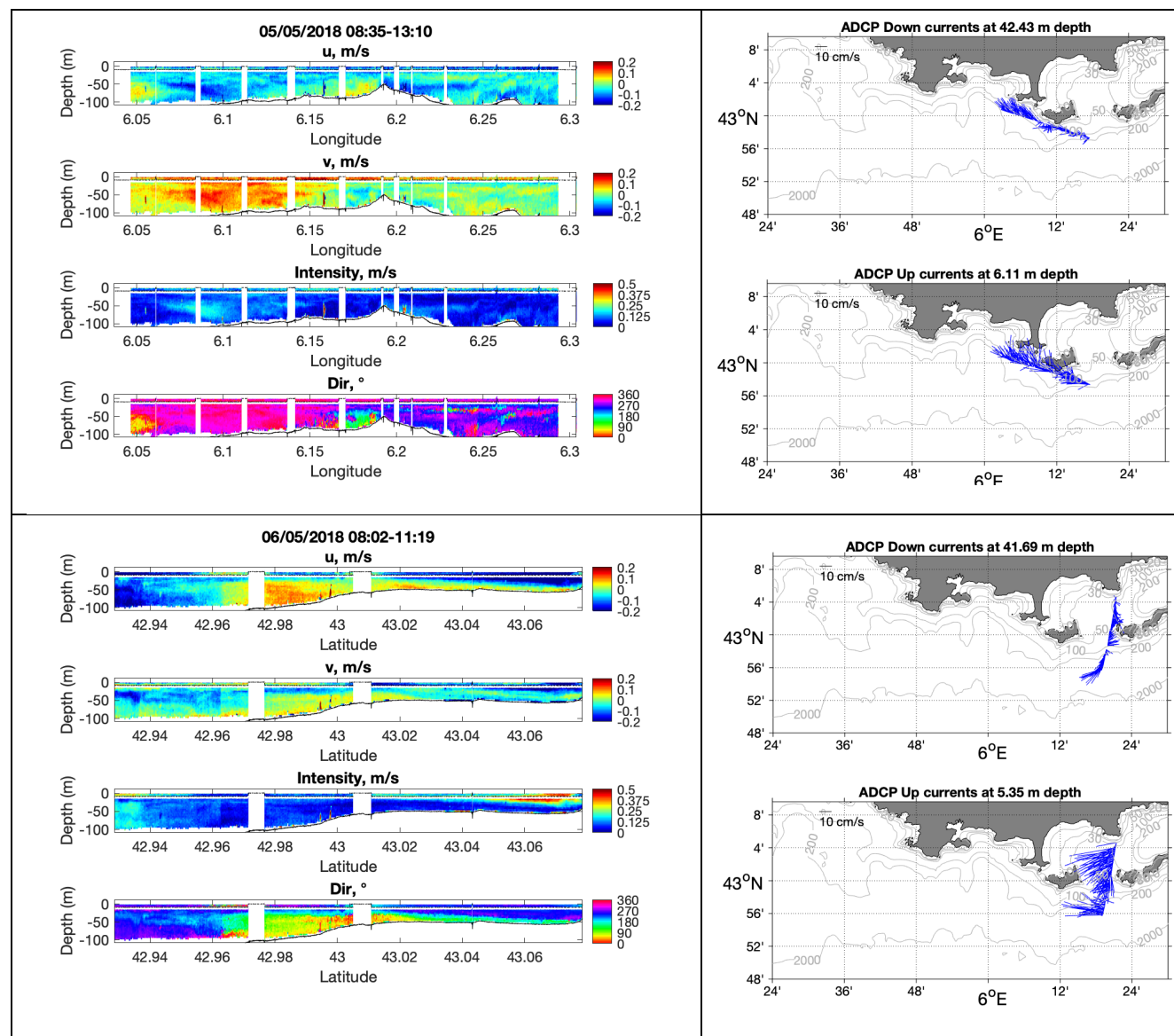
Profondeur :	immersion AUV >2m (on ne garde pas les données lorsqu'il est en surface soumis à l'agitation des vagues), élimination des 6% de la hauteur d'eau proche du fond si elle est vue par le BT (lobes secondaires) pour ADCP DOWN et repérage surface en utilisant le maximum d'intensité de l'écho pour ADCP UP et le capteur de pression de l'ADCP UP (on enlève la cellule au-dessous)
Pitch/Roll :	<10°
Amplitude de corrélation :	>=80 (valeur moyenne sur les faisceaux)
Intensité d'écho :	<192 (valeur moyenne sur les faisceaux, élimination du fond et de la surface)
Percent Good PG4:	compris entre 97 et 100% (pourcentage de valeurs correctes)
Maximum de courant :	2 m/s
Vitesse minimum de l'AUV :	0,25 Nœuds
Bin 2 ADCP DOWN :	on écarte les valeurs aberrantes pour lesquelles l'amplitude du courant est supérieure à 1,5 fois l'amplitude au niveau du bin du dessus
Rejet des poissons :	test sur l'intensité de l'écho rétrodiffusé

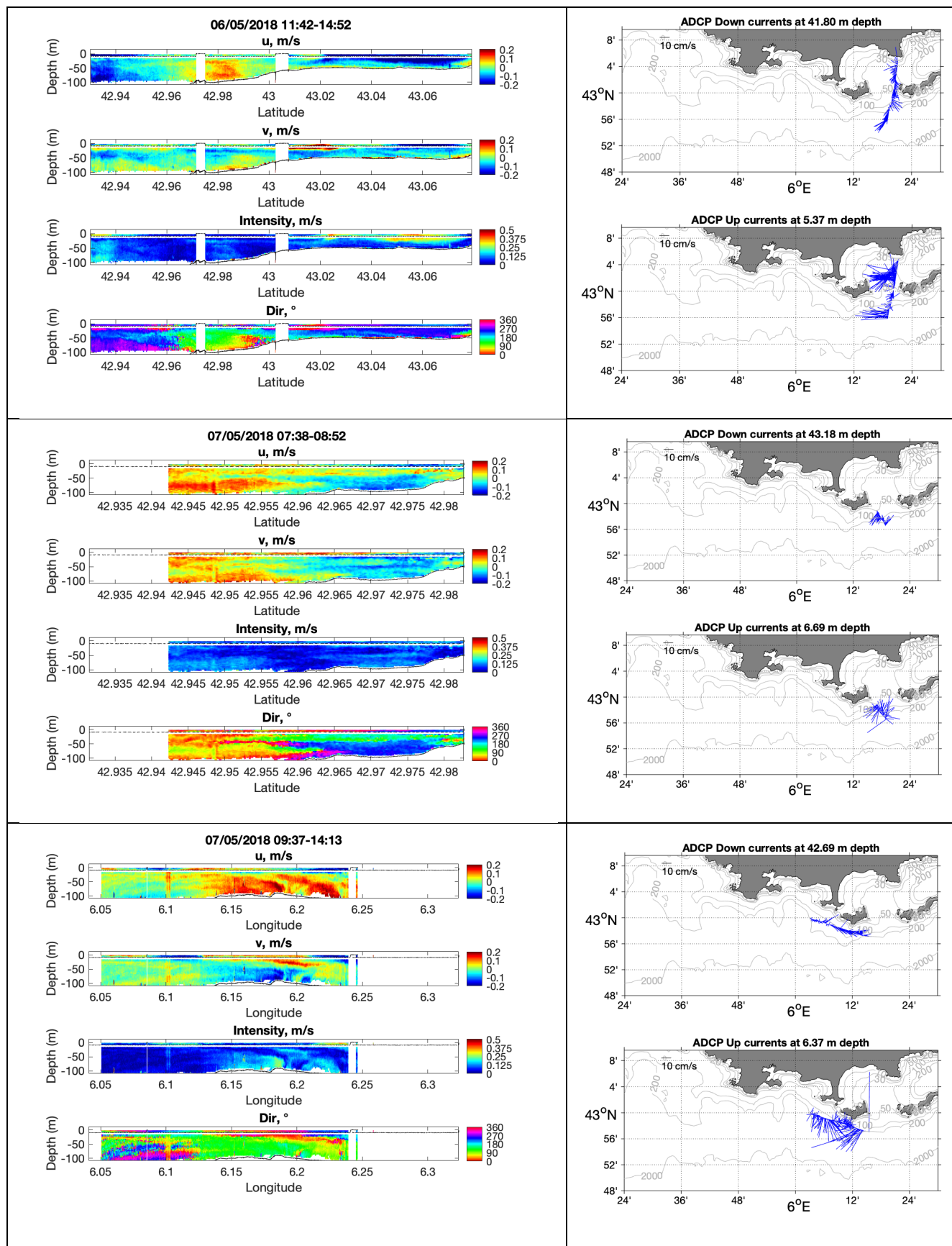
Concernant le rejet des profondeurs impactées par la présence de poissons, on procède ainsi. On compare pour chaque cellule de profondeur les valeurs d'écho selon les 4 faisceaux pour trouver les niveaux d'écho le plus élevé et les deux plus bas. Si la différence entre la valeur maximum et celle du deuxième minimum est supérieure à 50 counts, alors on considère que les vitesses selon les 4 faisceaux, et donc à cette cellule de profondeur, sont mauvaises.

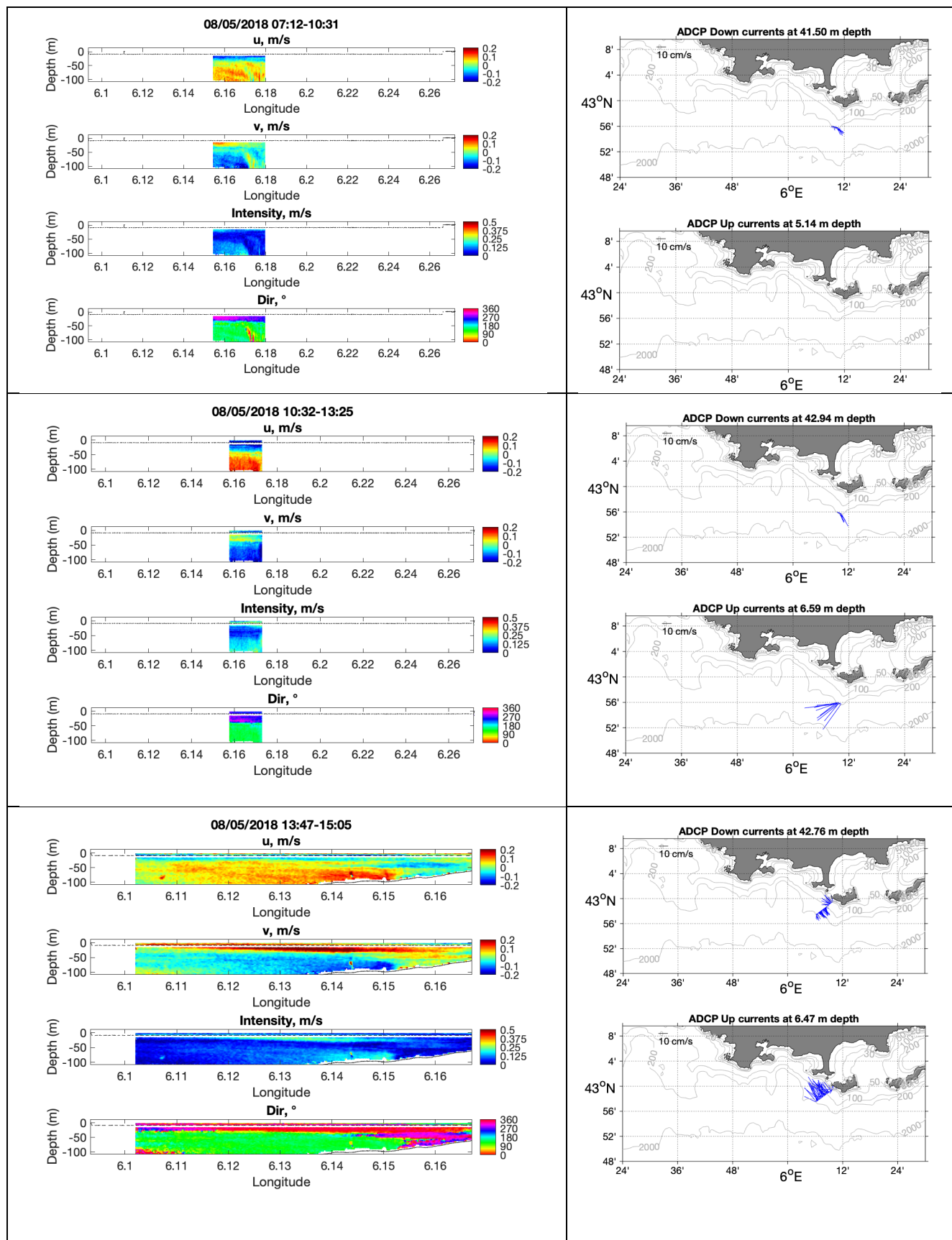
Enfin, les données de navigation temps-réel pendant le LEG1 ne sont pas utilisées pour corriger les vitesses lorsque le fond n'est plus à portée car elles ne sont pas de qualité suffisante.

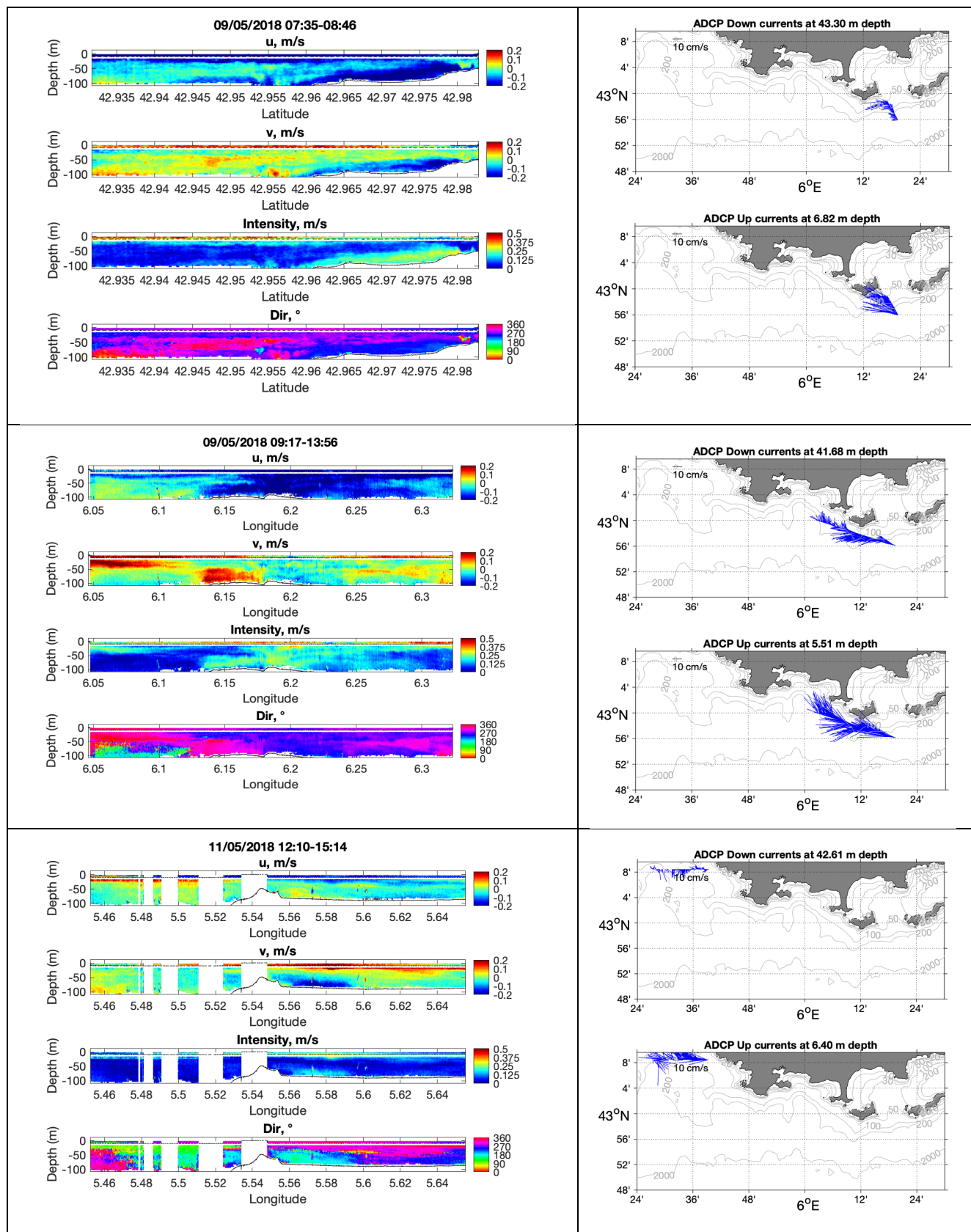
5.3 Profils de courant mesurés

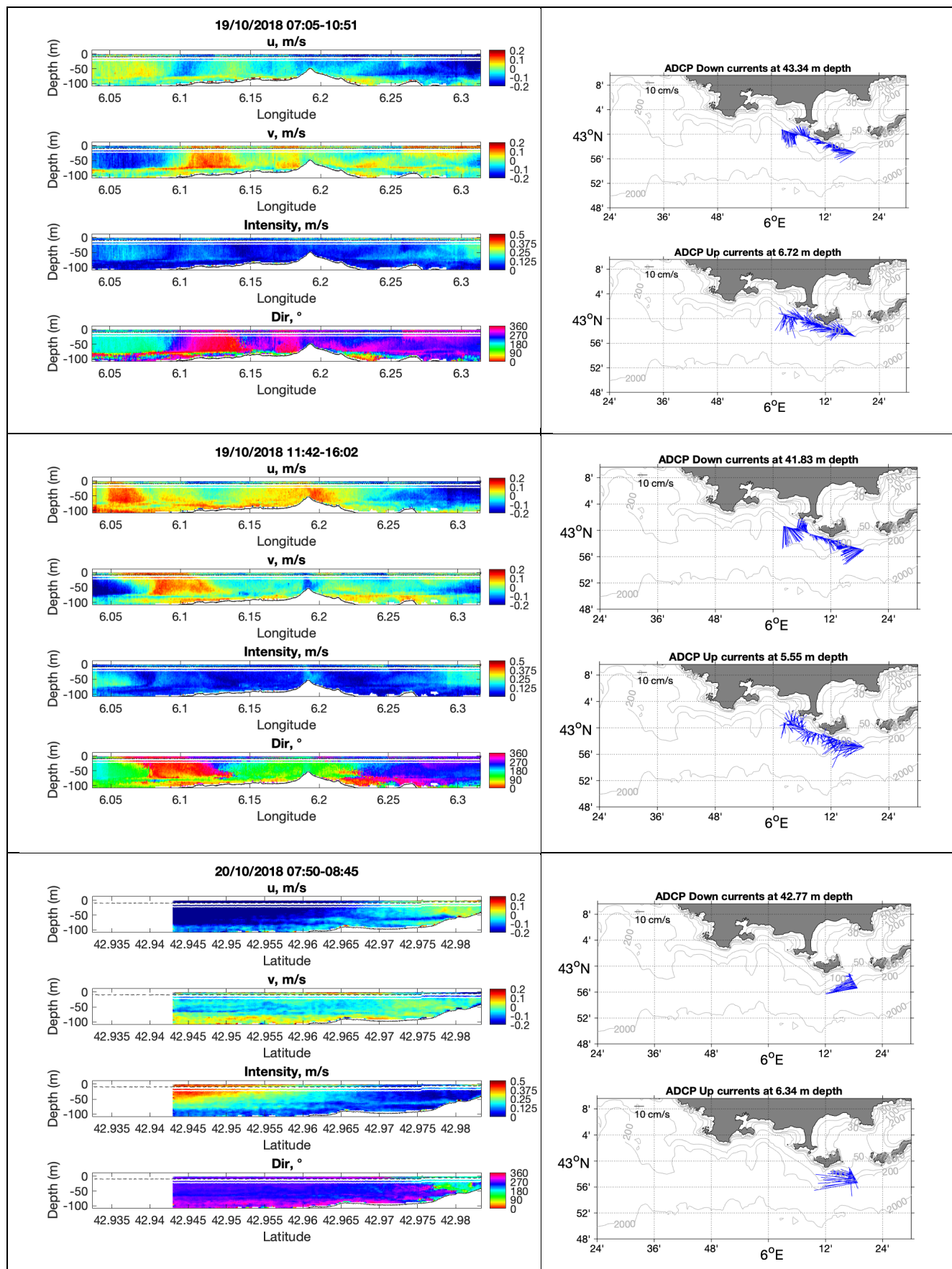
Tableau 17: Profils de courant mesurés par les ADCP AUV durant les Leg1 et Leg2. A gauche les profils de courant, à droite les coupes horizontales des courants vers 6m et 43m de profondeur (courants moyennés sur 30s).

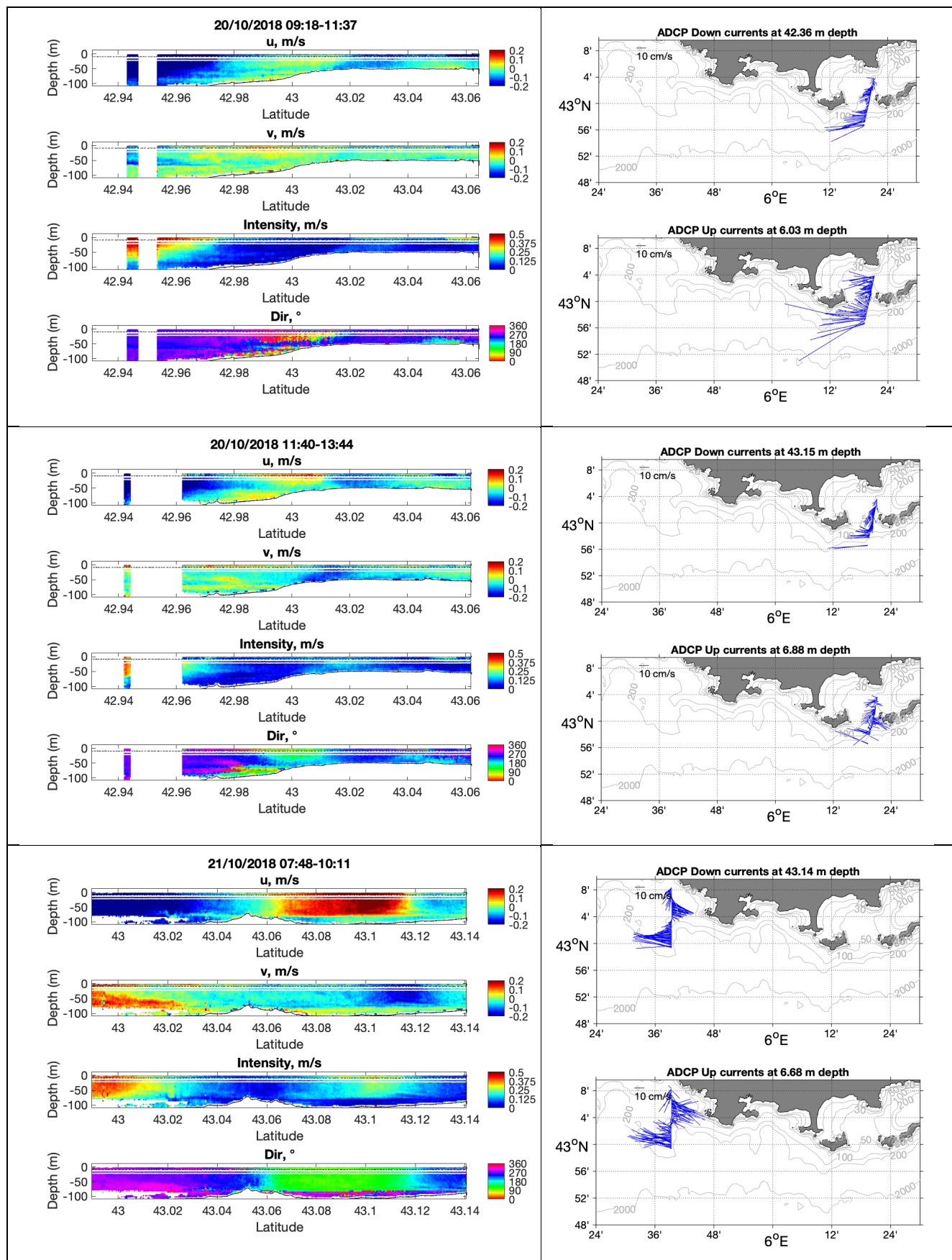


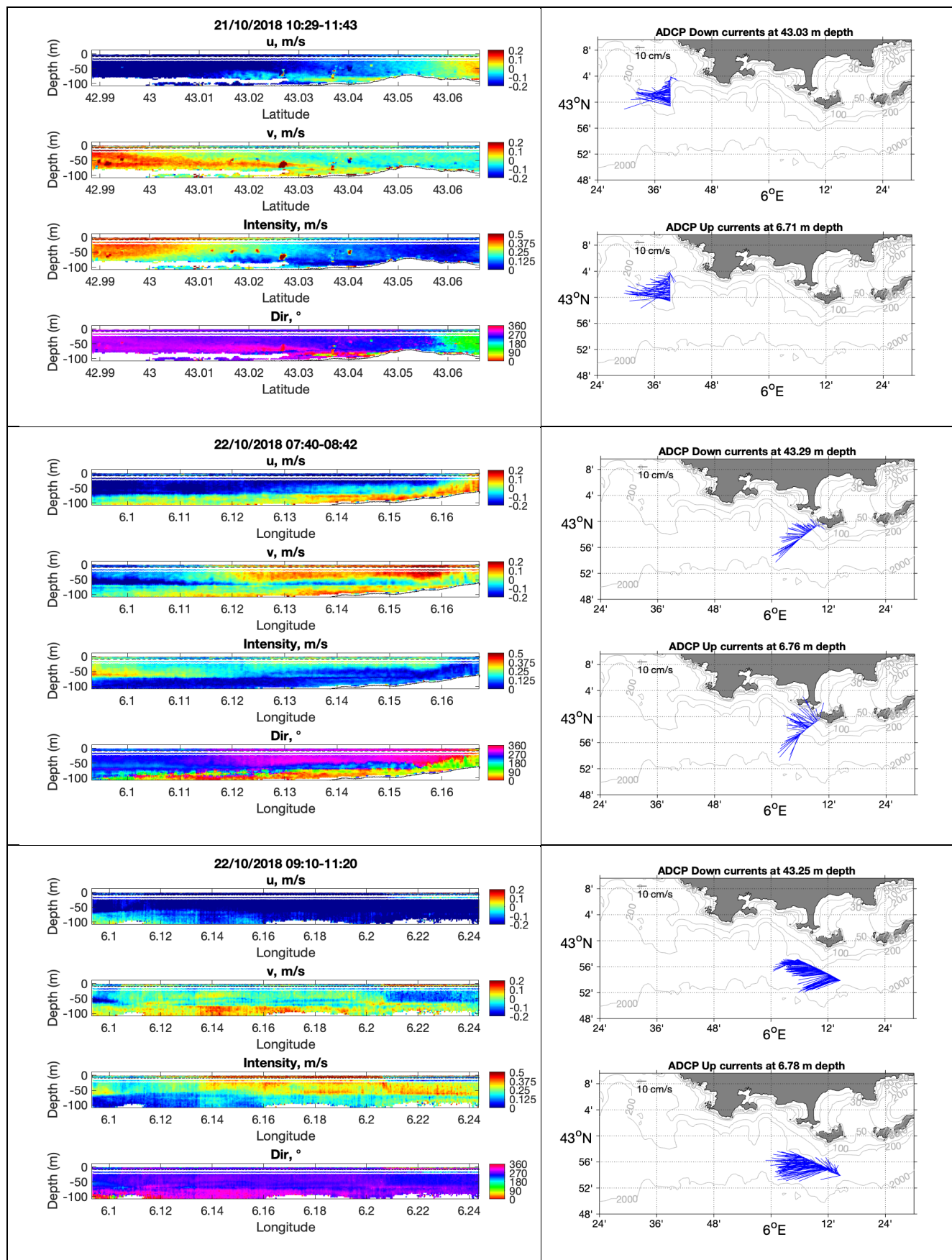


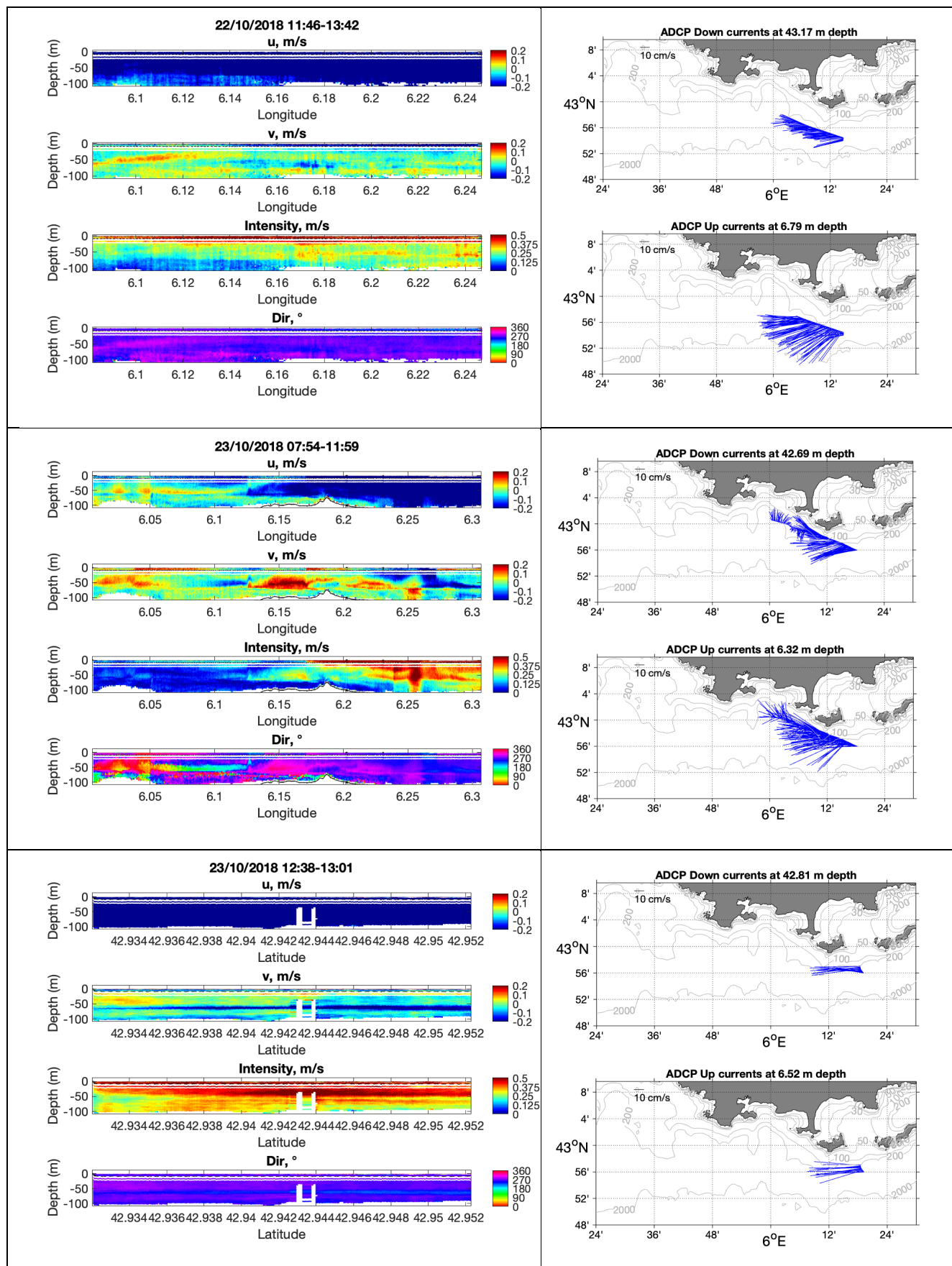


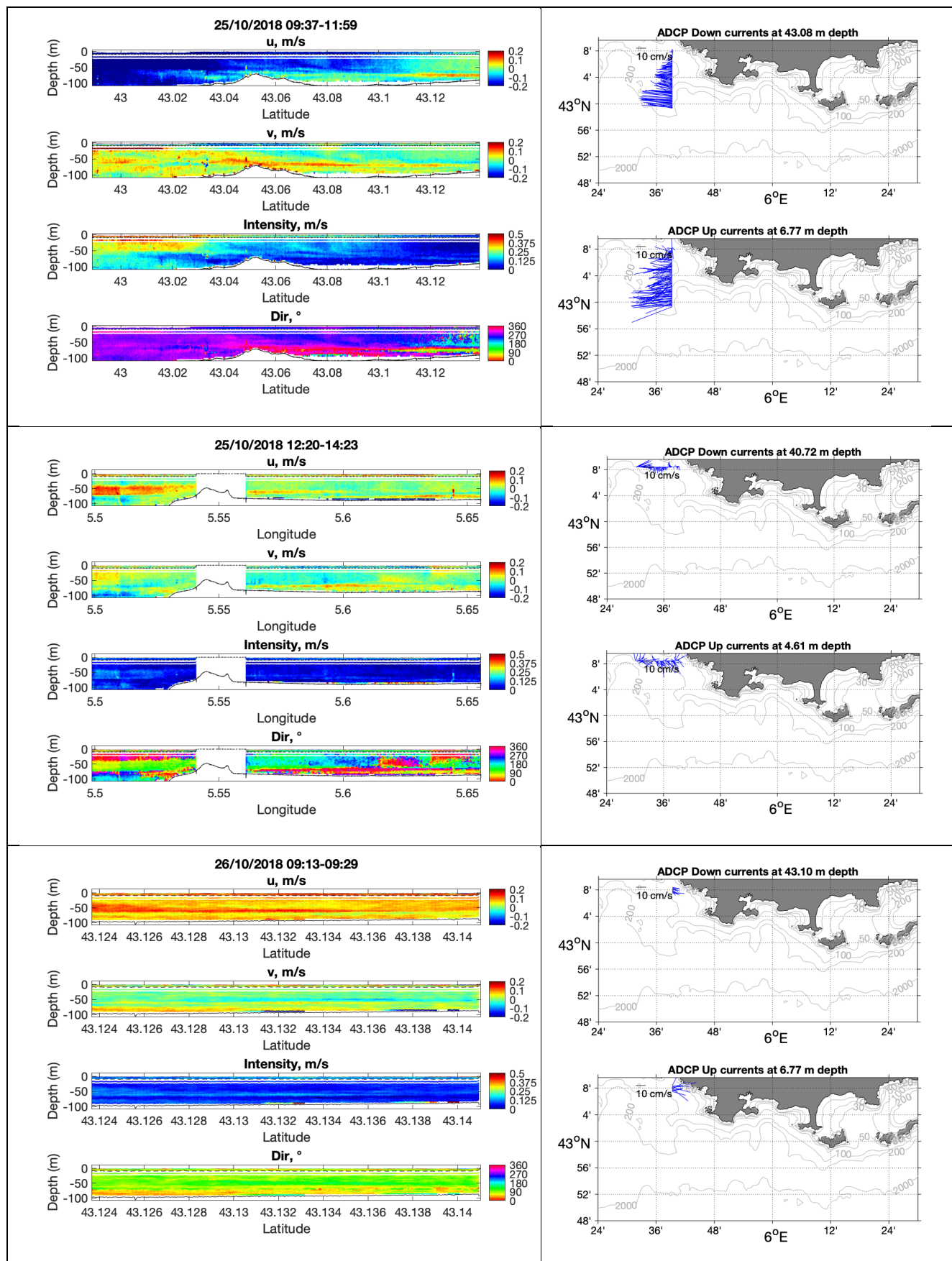


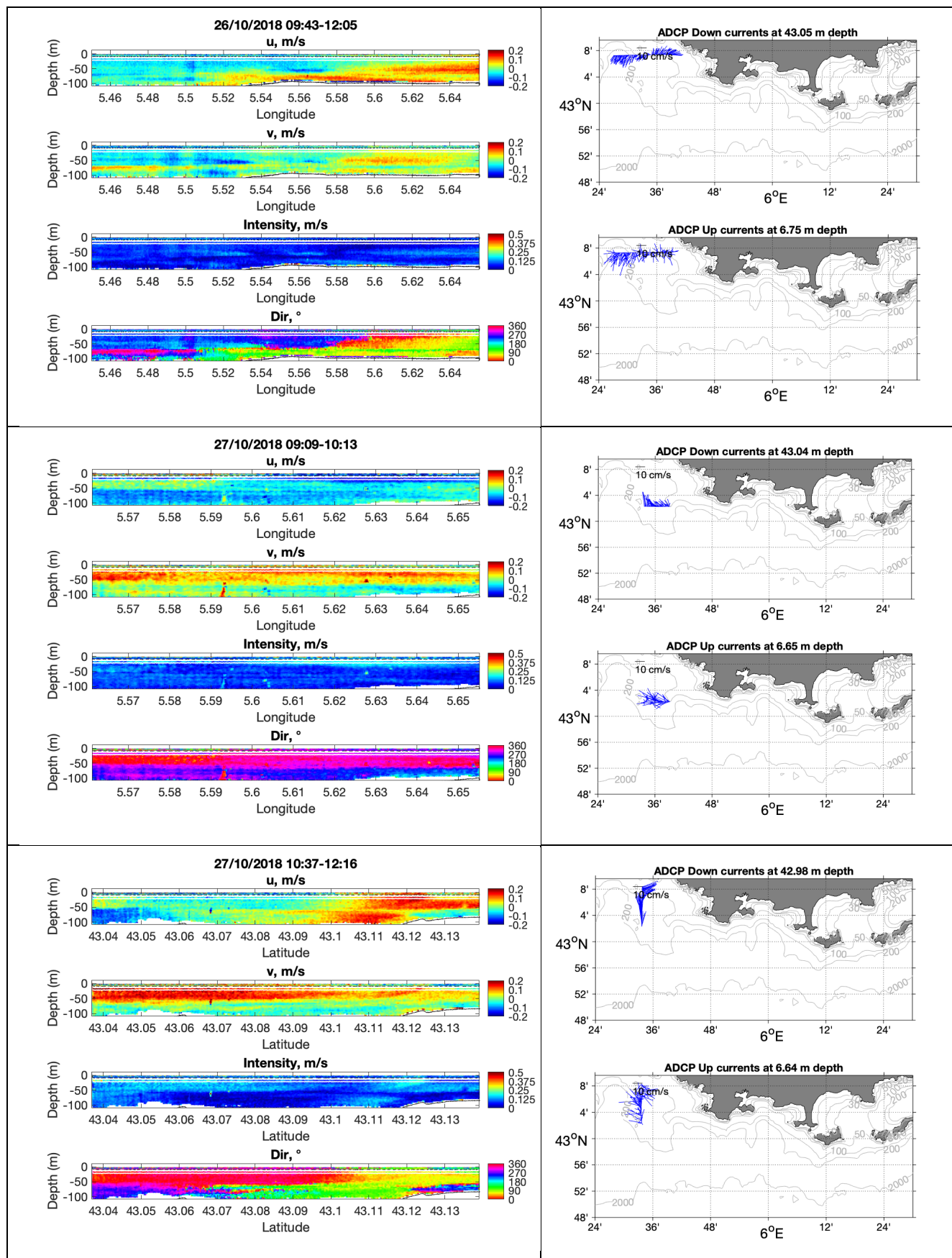












6. ADCP tracté par poisson

Parallèlement au dispositif AUV, des données de vitesses ont été mesurées par un ADCP 300kHz tracté sur le côté du navire à l'aide d'un poisson ayant pour rôle de stabiliser l'ADCP par rapport au déploiement sur une perche, limitant ainsi le tangage/roulis et les variations de cap.

6.1 Données ADCP

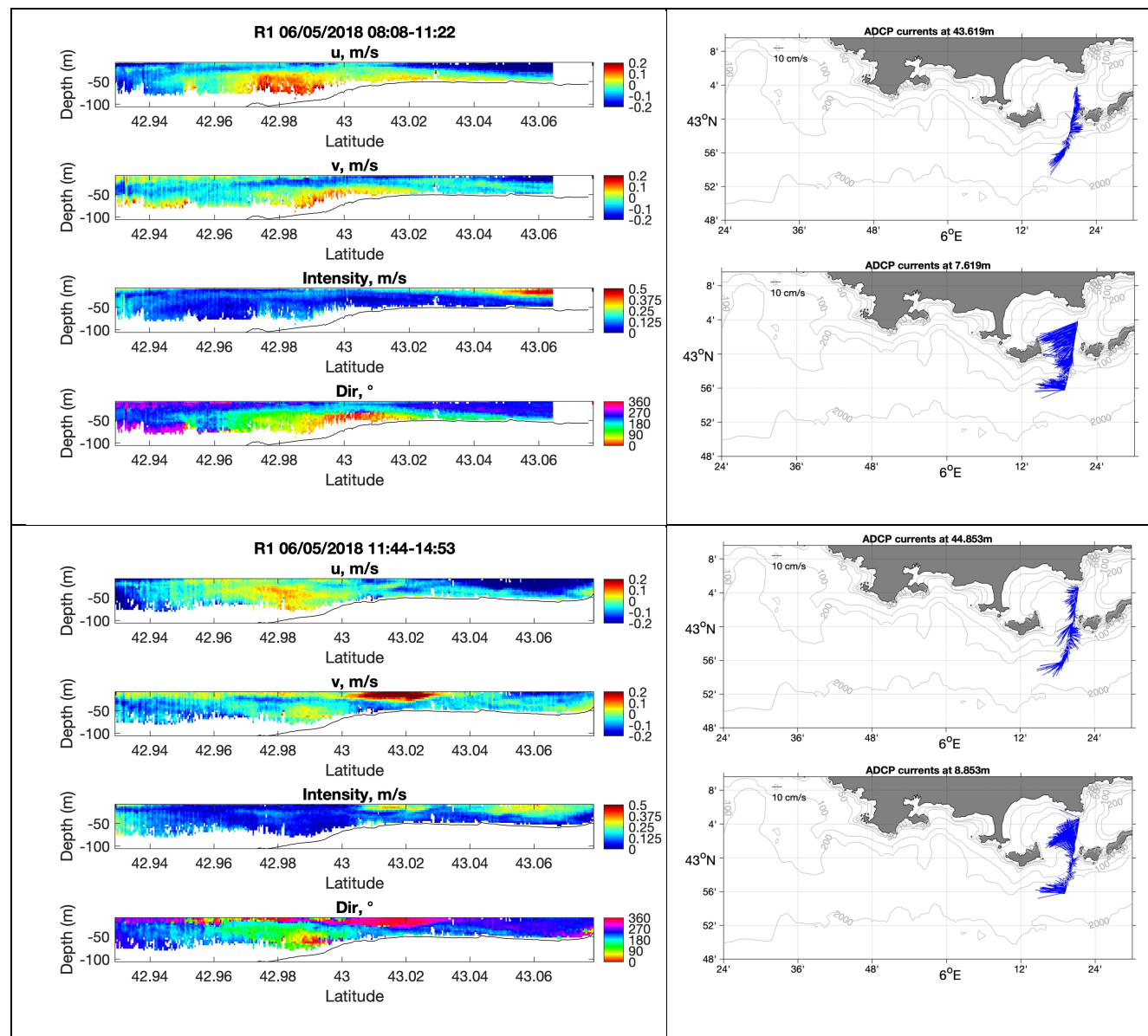
6.2 Traitement des données de vitesses

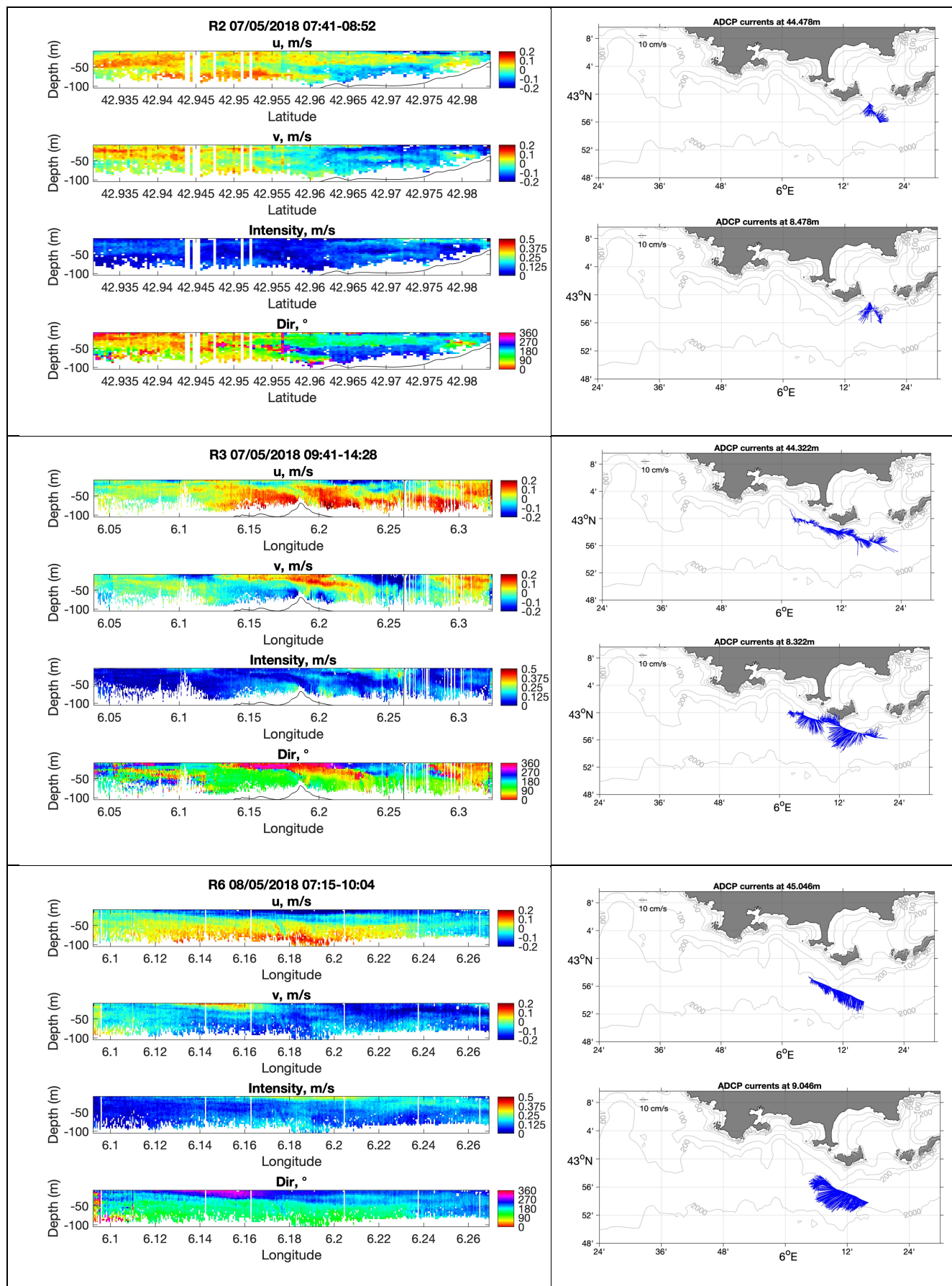
Le GPS du navire fournit un positionnement précis du poisson. La comparaison avec la trajectoire prévue en utilisant le bottom track et le compas de l'ADCP sur le poisson permet d'estimer la correction de cap à appliquer aux mesures du compas interne de l'ADCP, principalement liée à un positionnement approximatif de l'ADCP dans le poisson (angle d'environ 45° du beam 3 avec l'avant du poisson, mais avec une incertitude pouvant atteindre quelques degrés). Lorsque le fond est à portée, la vitesse de référence utilisée pour estimer les courants marins est issue des mesures de courant bottom track. Sinon, c'est la vitesse du navire (GPS) qui est prise comme référence, avec toutes les incertitudes associées (effet de la houle et du roulis/tangage sur le tangon provoquant parfois des à-coups dans la vitesse d'avancée du poisson notamment). Les courants ainsi obtenus par grand fond sont souvent de qualité moindre par rapport aux mesures réalisées par petits fonds.

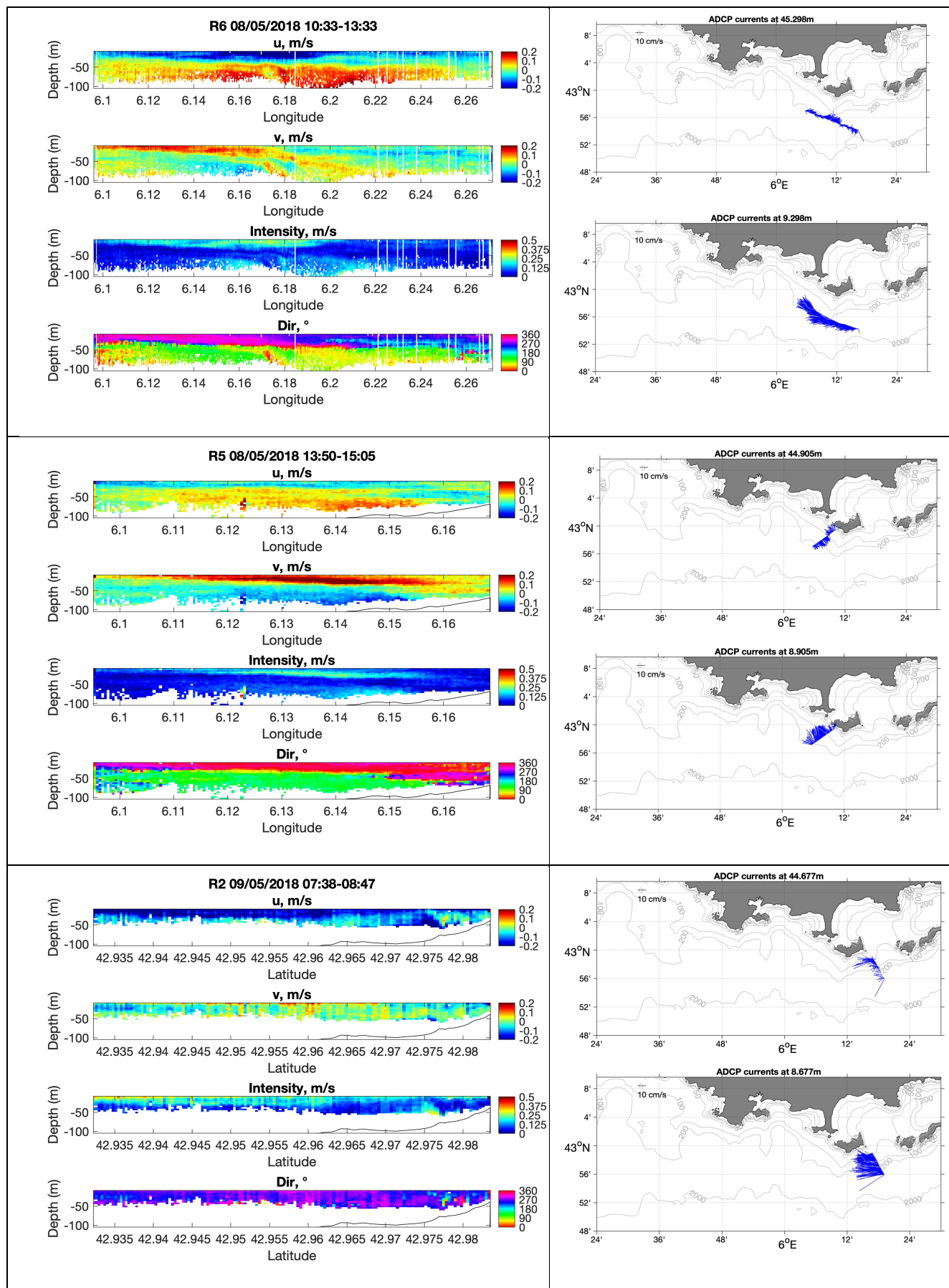
Le traitement des fichiers est réalisé à l'aide des outils du constructeur Teledyne-RDI, et de programmes matlab. A l'issue du traitement, des fichiers netcdf sont fournis. Le contrôle qualité appliqué à ces fichiers est le même que celui pour les fichiers ADCP AUV (cf chapitre précédent).

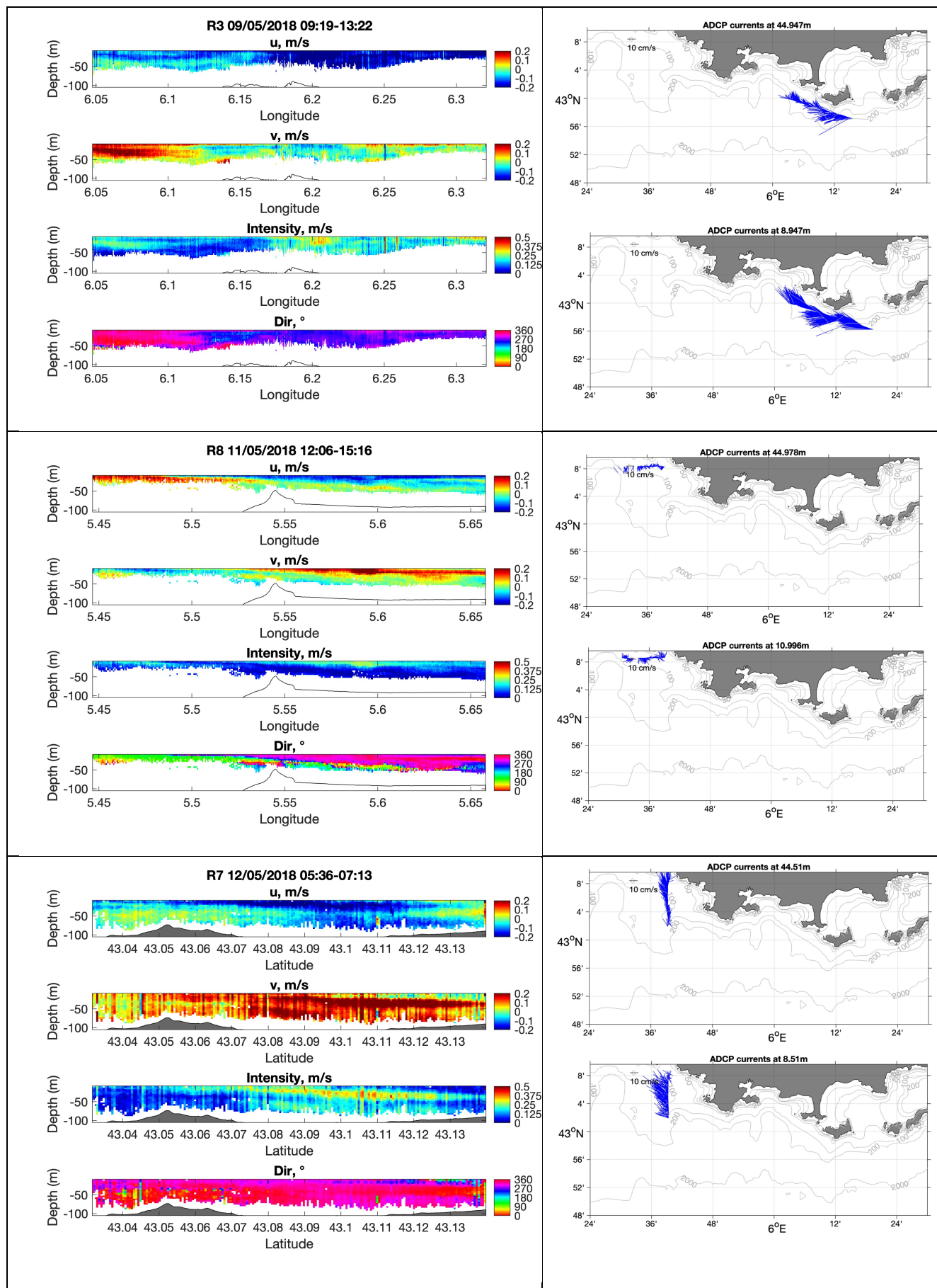
6.1 Profils de courant mesurés

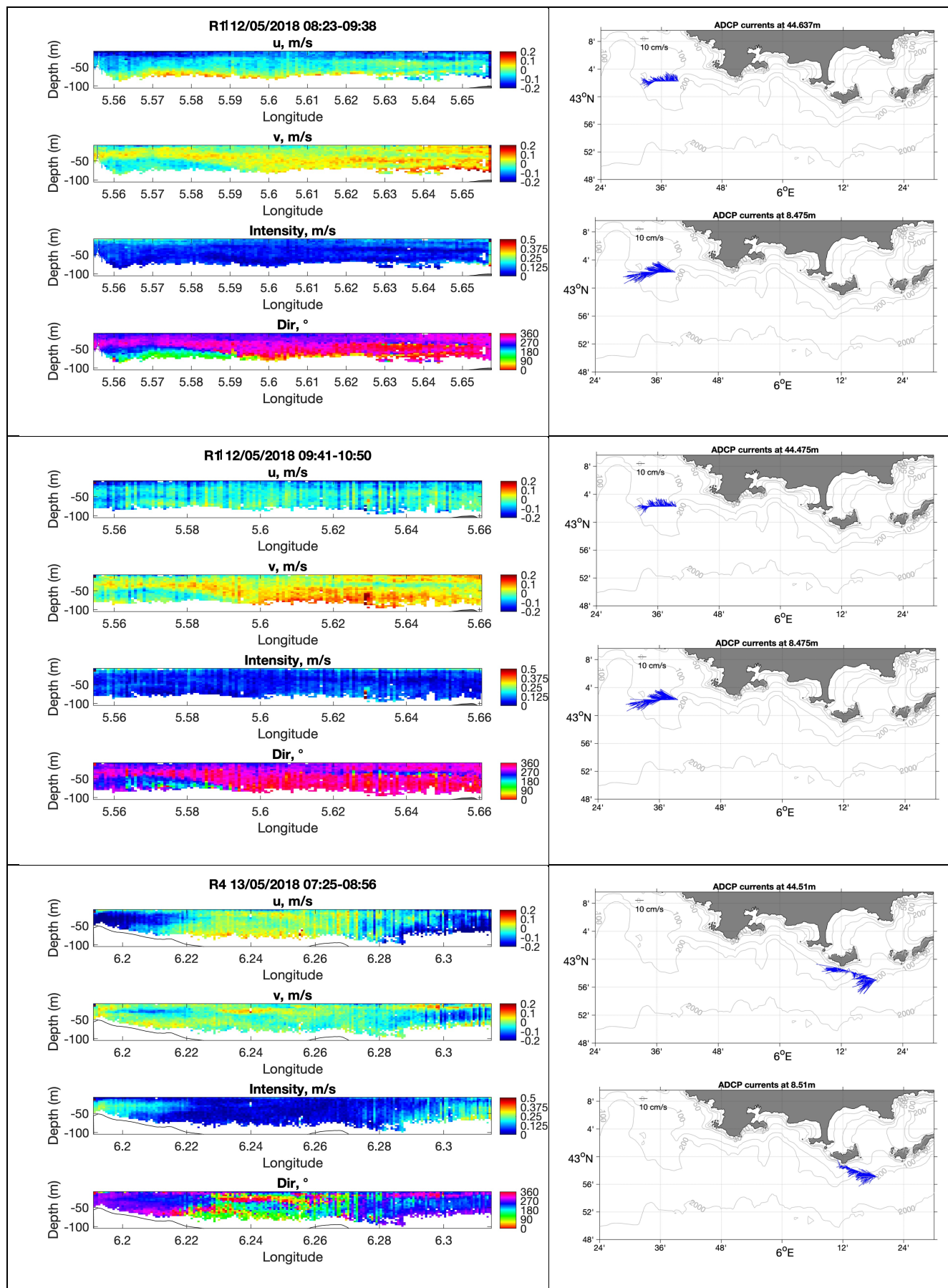
Tableau 18: Profils de courant mesurés par l'ADCP tracté durant les Leg1 et Leg2, en considérant des courants moyennés sur 30s et la vitesse de référence étant fournie par le GPS du navire. A gauche les profils de courant le long de radiales, à droite les coupes horizontales vers 45m et 9m de profondeur.

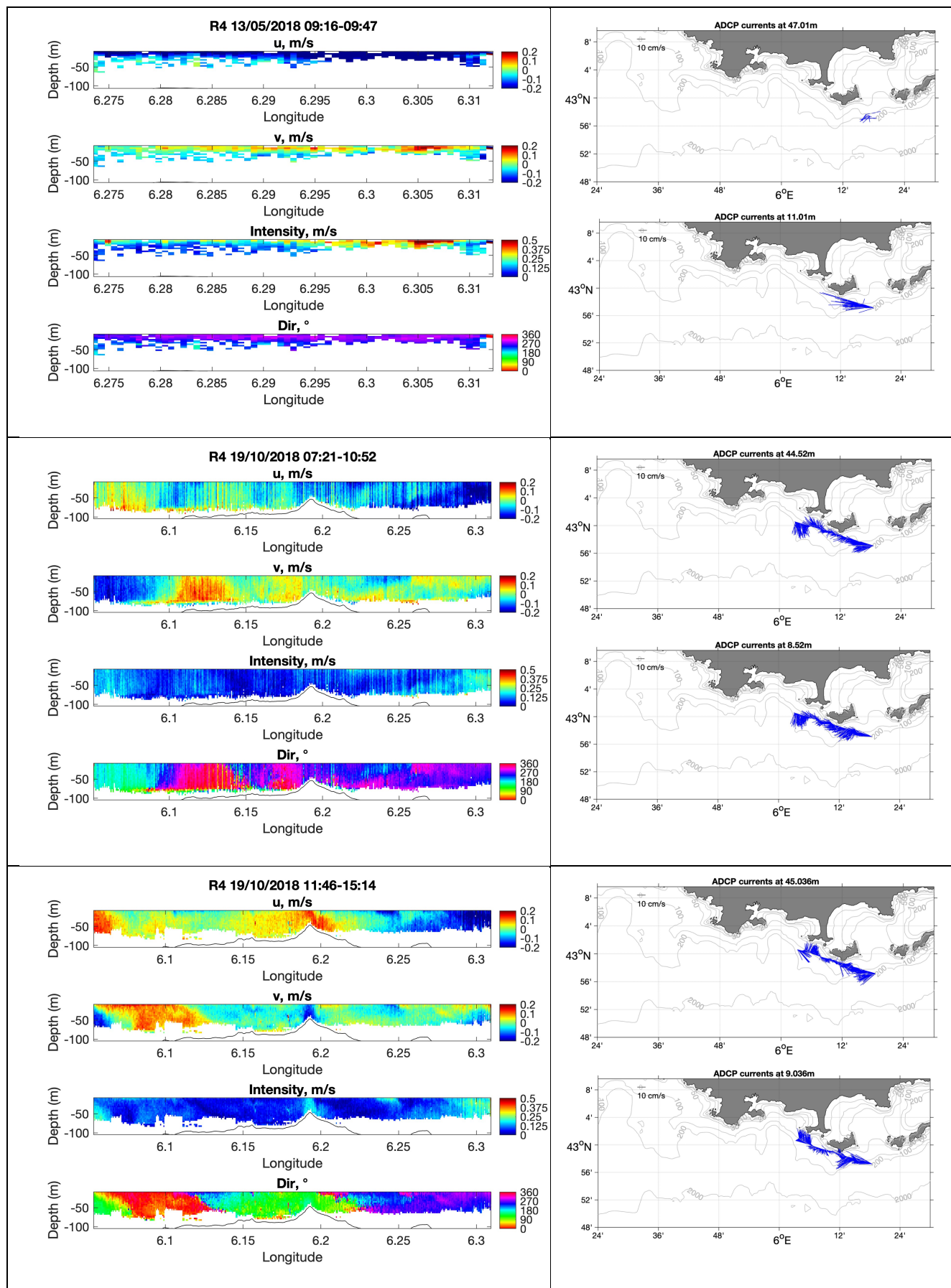


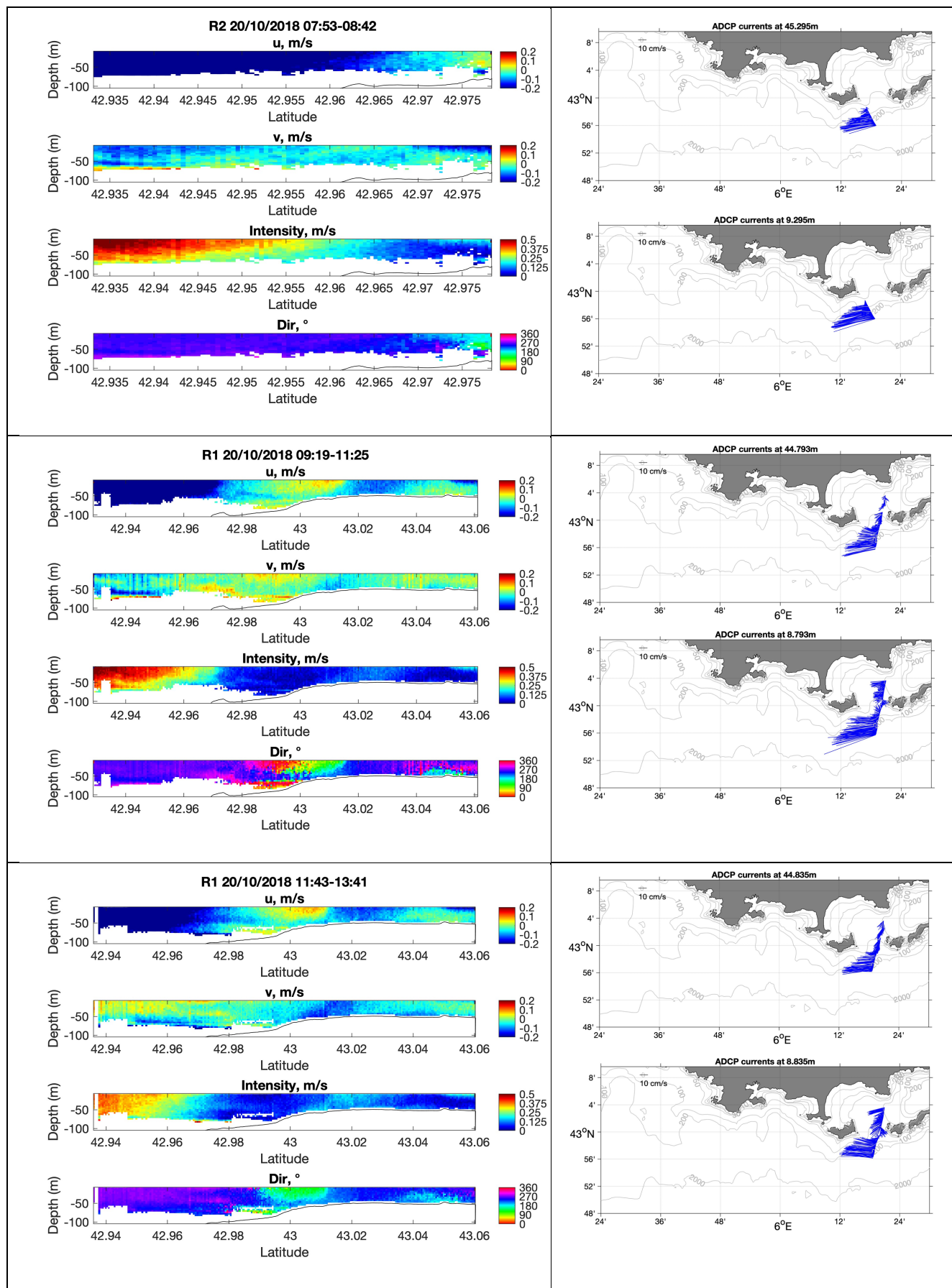


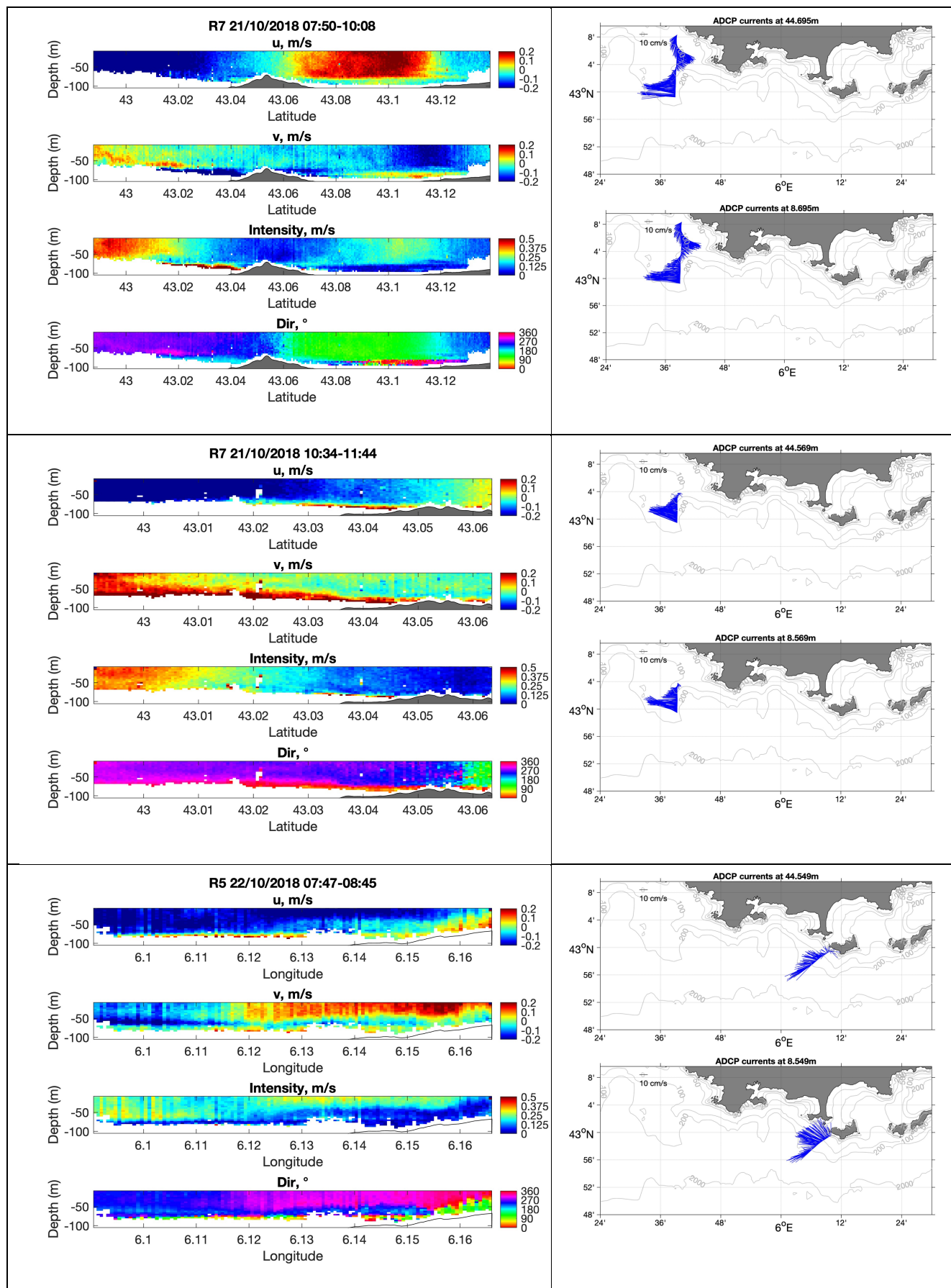


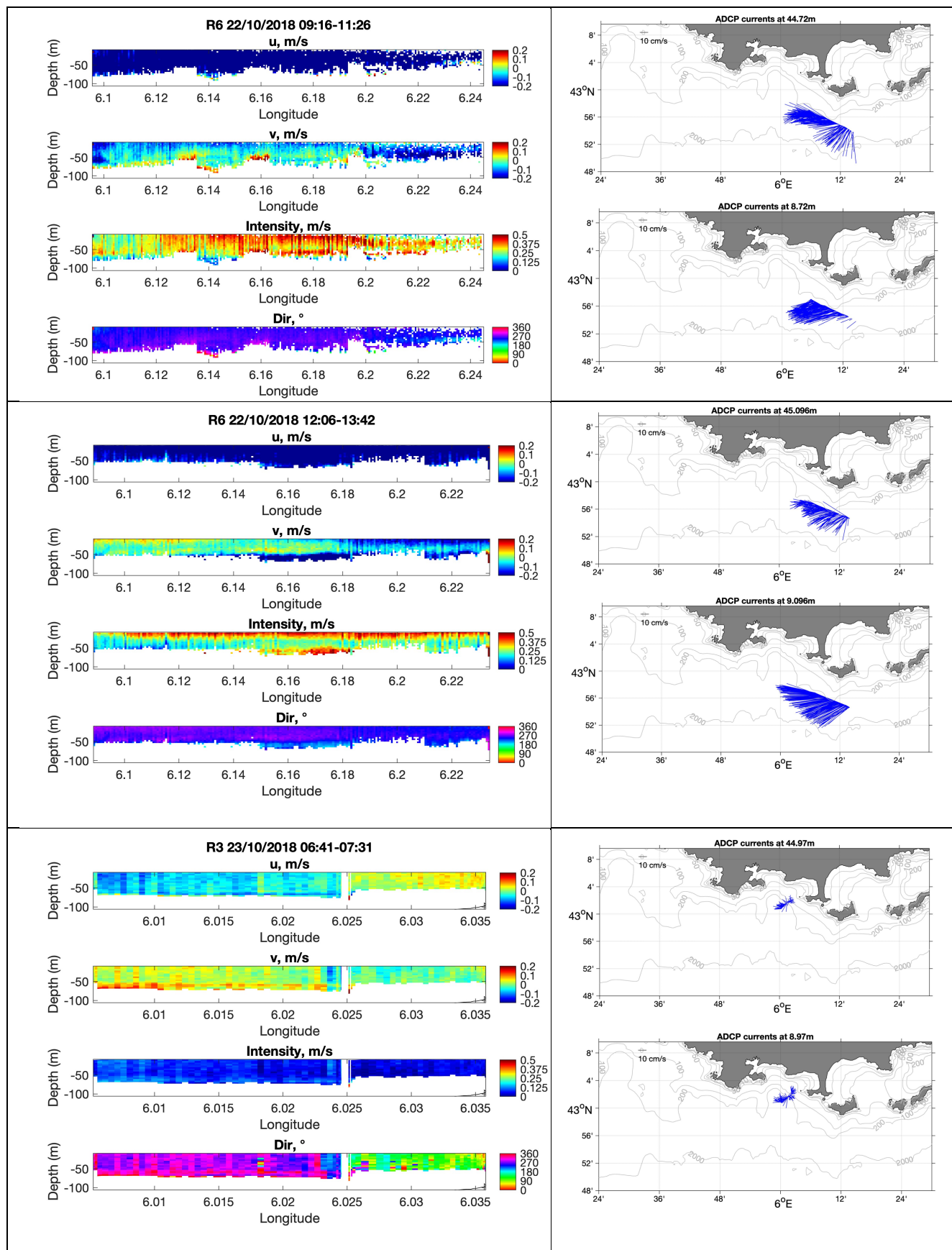


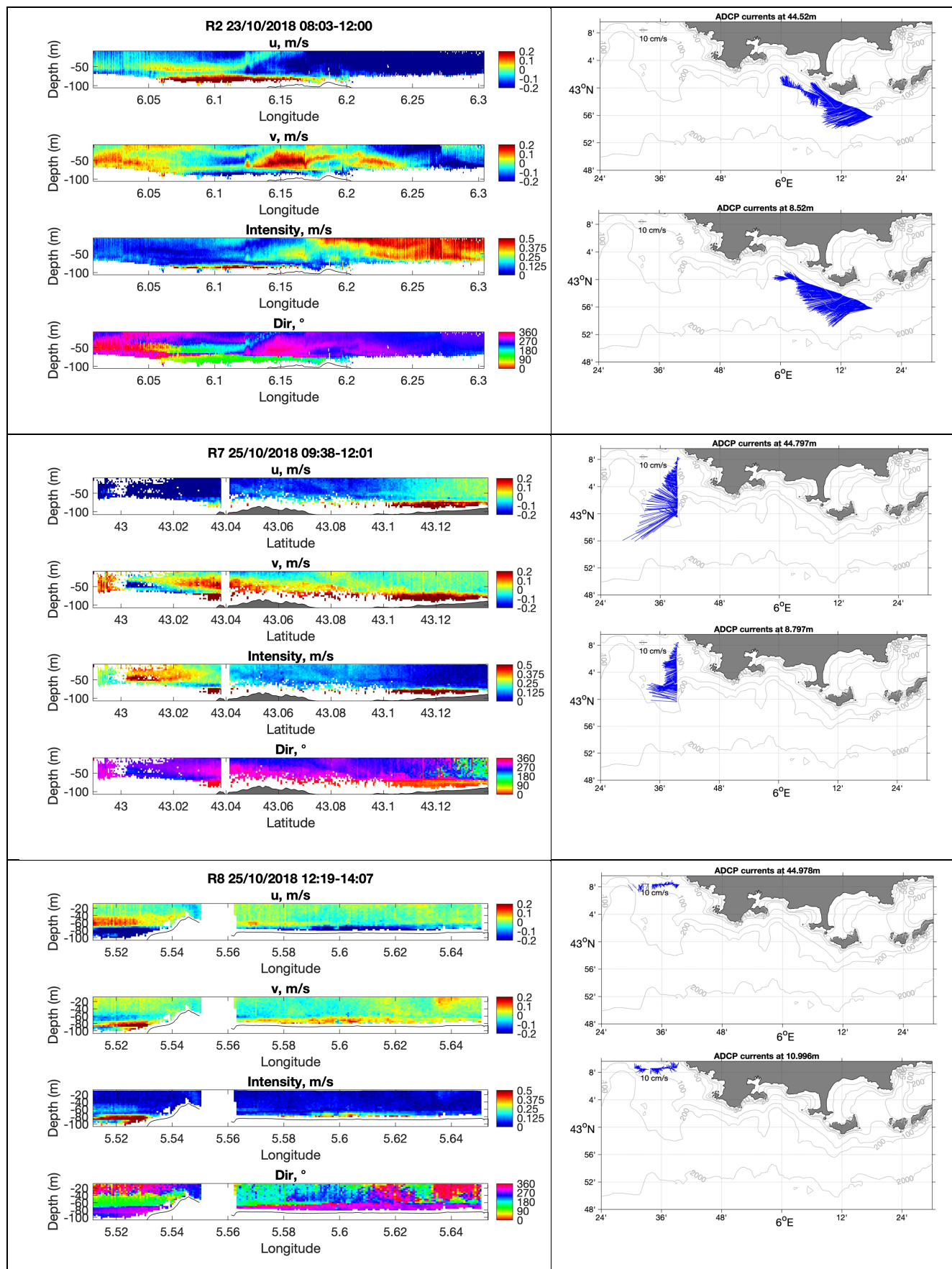


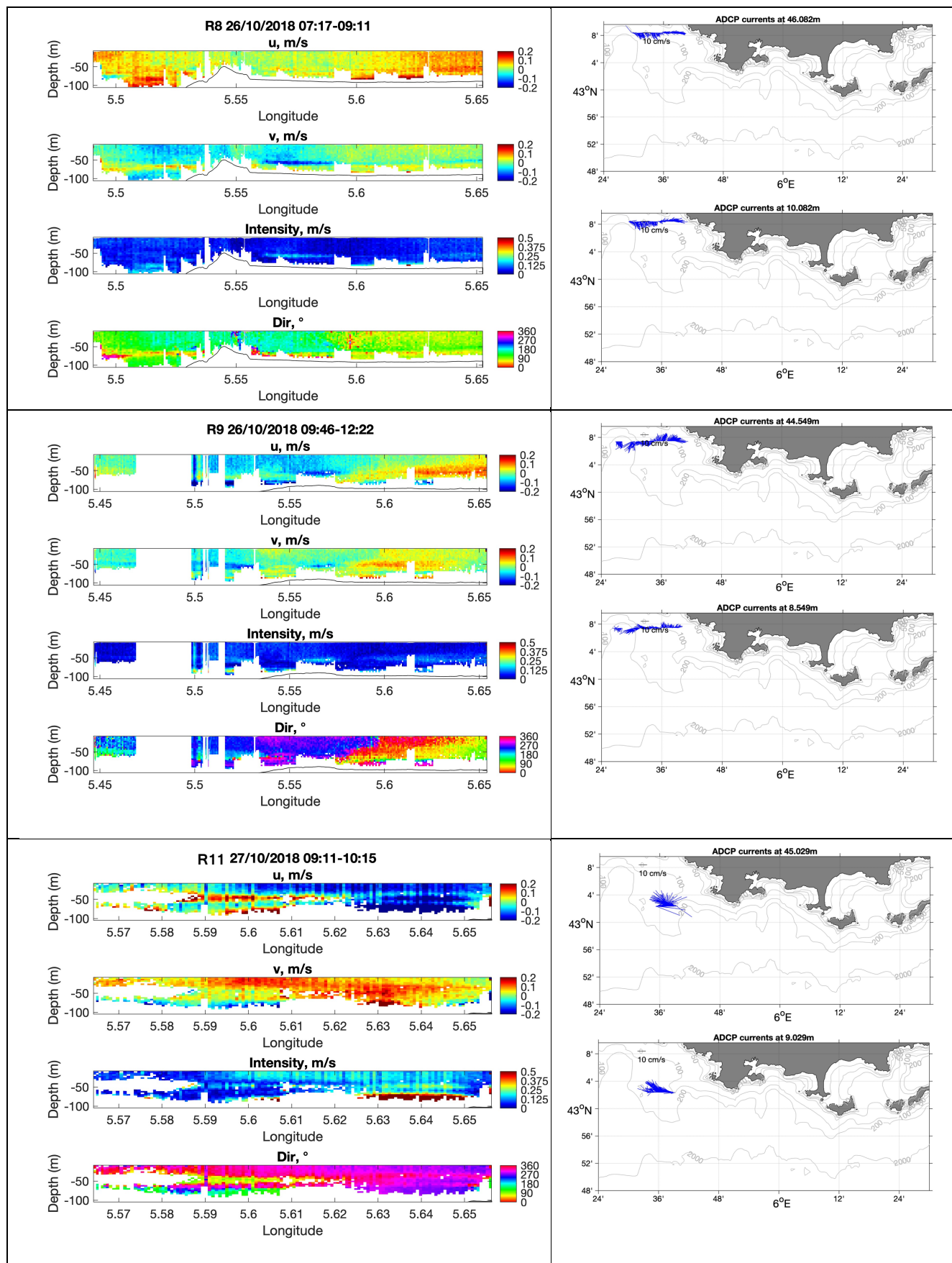


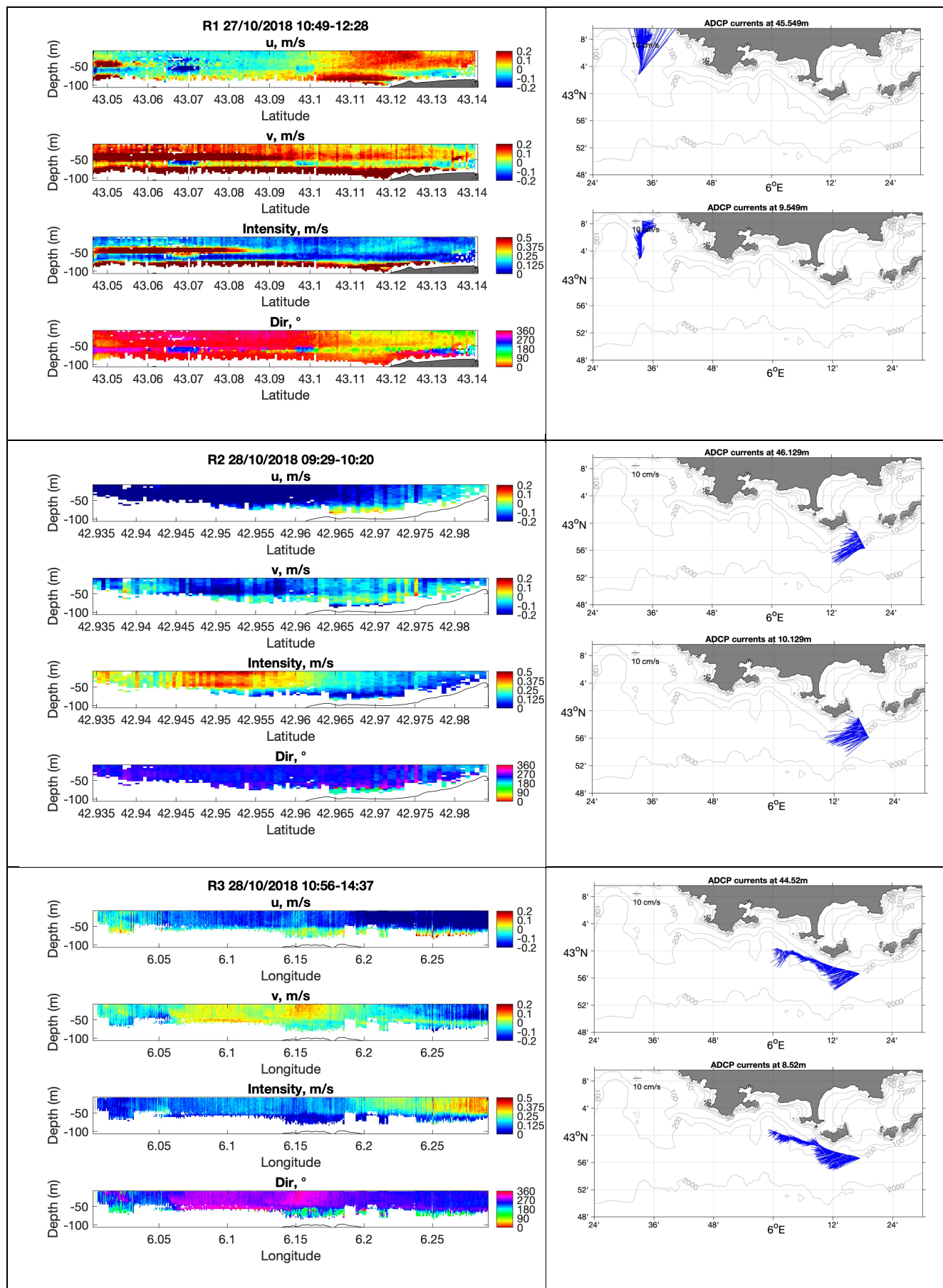












7. Images Satellites

Les images satellites de température de surface et Chlorophylle-a disponibles pour le début et la fin des Legs sur le site web Ifremer MARC (<http://marc.ifremer.fr/>) sont répertoriées ci-après, à titre d'illustration.

Tableau 19 : Situation globale début-fin Leg1

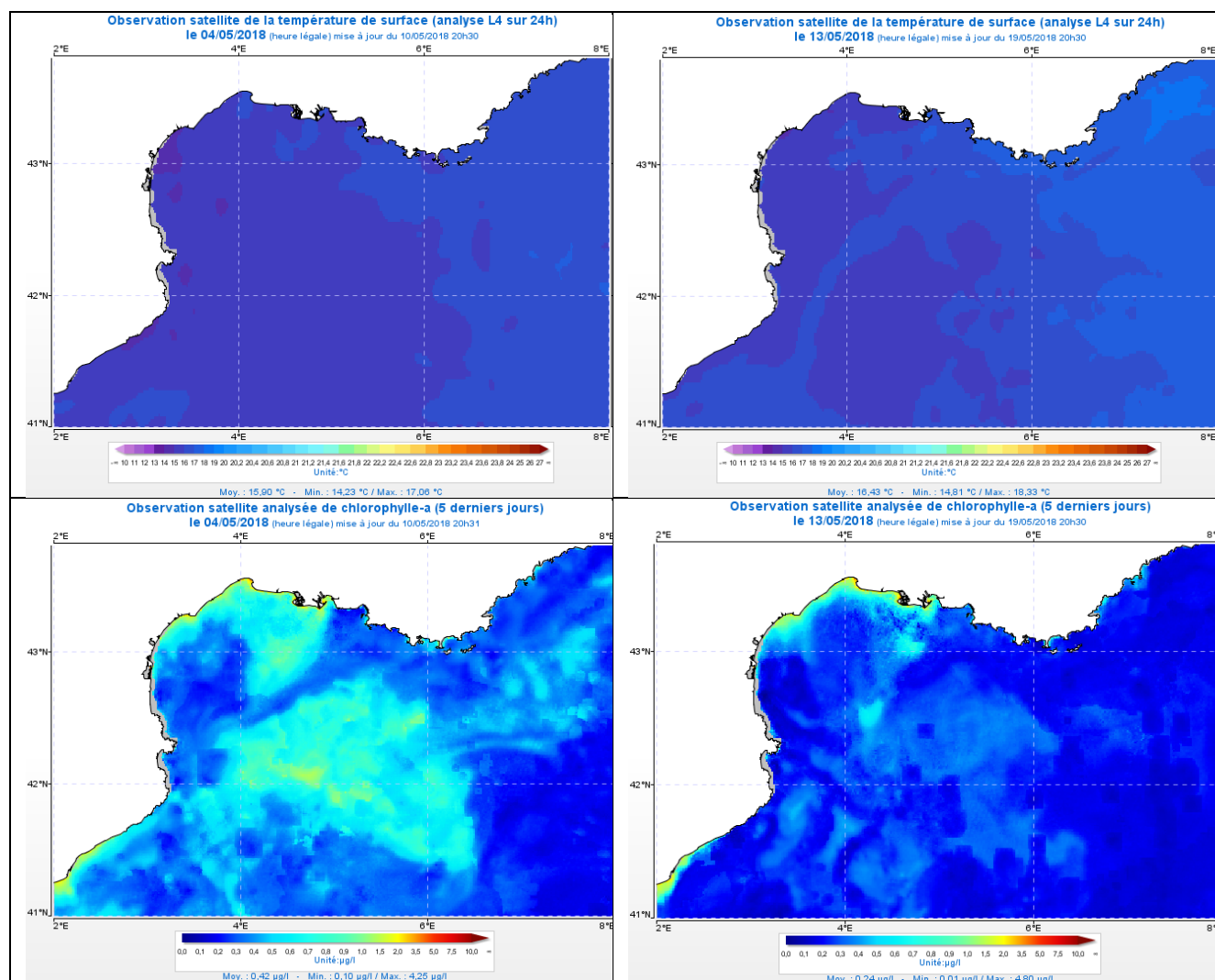
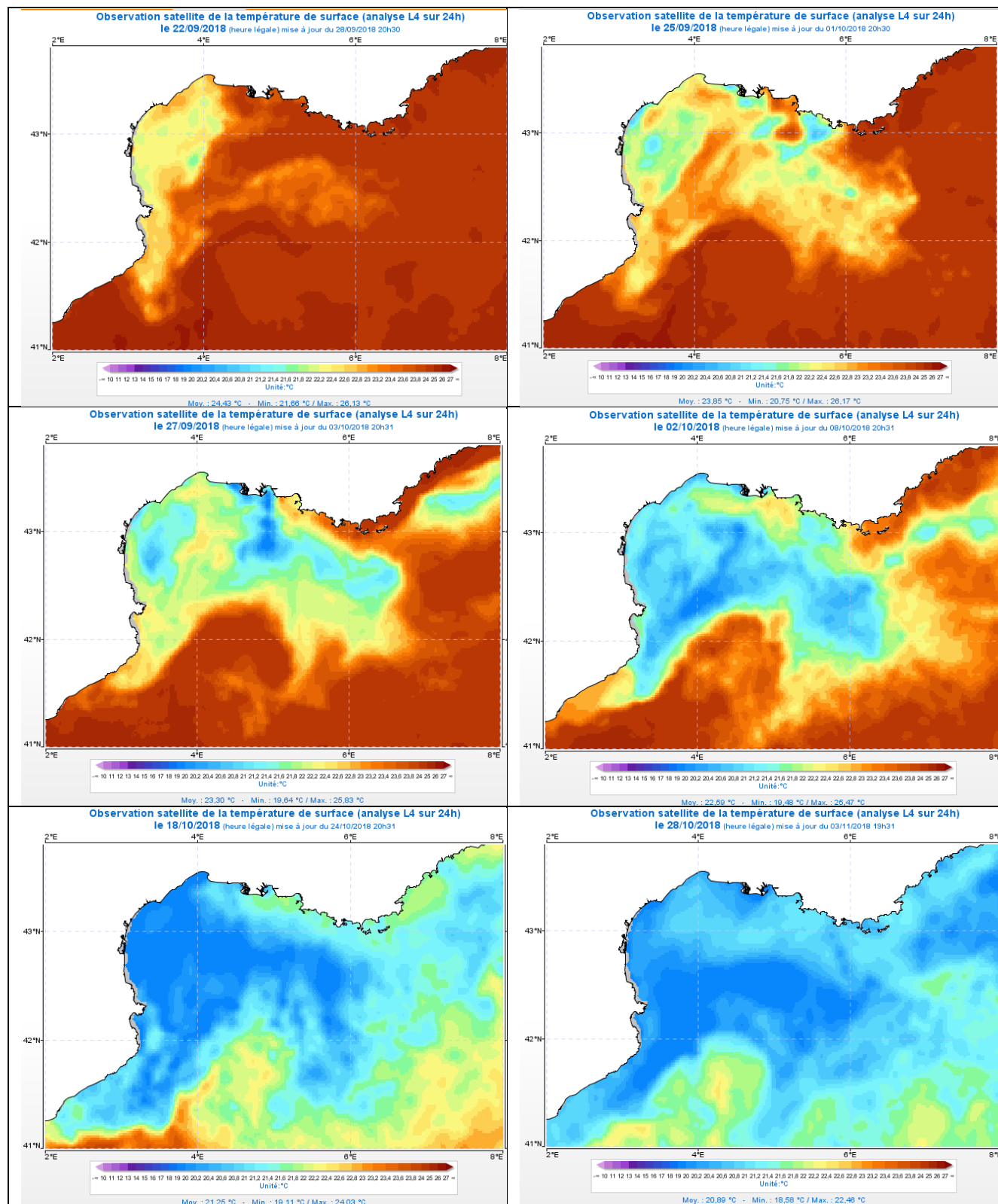


Tableau 20 : Situation fin septembre et début-fin Leg2



8. Discussion

La campagne océanographique TURBIDENT 2018 est la première campagne scientifique à exploiter l'utilisation d'un AUV de l'Ifremer comme support de deux ADCPs de manière à échantillonner les cent premiers mètres la colonne d'eau avec une haute résolution (inférieure à 50cm) dans les dix premiers mètres sous la surface. A cette fin, une chaîne de traitement de ces données a été développée et a permis de conclure à la bonne qualité de ce type de mesures. En effet, l'AUV étant très stable sous la surface, et son positionnement étant assuré par la présence d'une centrale inertielle, il constitue un outil adapté pour accéder aux mesures de courants de subsurface (à moins d'un mètre de profondeur), tout en permettant la continuité avec les profondeurs plus importantes. La comparaison avec les données de l'ADCP tracté sur le côté du bateau montre que les données de l'ADCP AUV orienté vers le bas sont de meilleure qualité par grands fonds. Durant le Leg2, un cisaillement vertical est observé vers 60-80m de profondeur, associé à la présence de la thermocline. La bathymétrie influence également les courants, avec des effets d'îles.

L'utilisation de cette technique ADCP AUV sous la zone d'illumination radar devait permettre d'accéder à la variabilité spatio-temporelle des courants dans cette zone, en particulier sur la verticale sous la surface. Malheureusement, le radar HF du MIO ayant subi une grave avarie l'été précédent la campagne, il n'a pas été possible d'exploiter pleinement les mesures associées. L'acquisition de données à l'aide de l'AUV est également restreinte par les conditions de déploiement, qui doivent permettre la mise à l'eau et la récupération de l'engin, et se font donc par mer calme à peu agitée.

L'utilisation des chaînes de thermistances MASTODON-2D a permis d'enregistrer les variations de température, associées par exemple aux épisodes d'upwelling, sur une durée de plusieurs mois. L'expérience acquise lors du déploiement permet de valider leur utilisation par des profondeurs de plus de 100m, avec une attention à porter à la pente des fonds au niveau des mouillages, ainsi qu'au trafic maritime dans la zone de déploiement, deux lignes sur quatre n'ayant pu être récupérées à l'issue de la campagne.

9. ANNEXE 1 : CHANGEMENT DE REPERE DES DONNEES ADCP

Les données de vitesses mesurées par l'ADCP sont enregistrées dans le repère de mesure, c'est-à-dire suivant les 4 faisceaux de l'ADCP. Les vitesses peuvent être exprimées dans quatre référentiels : faisceau (Beam), ADCP (Instrument), AUV (Ship), terrestre (Earth). Nous considérons dans un premier temps un ADCP orienté vers le bas.

9.1 Notations

- Vitesses Beam de l'ADCP : $\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix}$

- Vitesses Inst de l'ADCP : $\begin{bmatrix} X_{inst} \\ Y_{inst} \\ Z_{inst} \\ Error \end{bmatrix}$

- Vitesses Ship de l'ADCP : $\begin{bmatrix} X_{ship,adcp} \\ Y_{ship,adcp} \\ Z_{ship,adcp} \\ Err_{adcp} \end{bmatrix}$

- Matrice de rotation Beam \rightarrow Inst,ADCP : $M_{beam2inst} = \begin{bmatrix} c * a & -c * a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -c * a & c * a \\ b & b & b & b \\ d & d & -d & -d \end{bmatrix}$

- Coefficients de la matrice de rotation Beam \rightarrow Inst,ADCP :
 $c = 1$ car l'ADCP est convexe
 $a = 1.4619$ car l'angle des beams est de 20°
 $b = 0.2660$ car l'angle des beams est de 20°
 $d = 1.0337$

- Matrice de rotation Inst,ADCP \rightarrow Ship,ADCP :

$$M_{inst2ship} = \begin{bmatrix} CH & SH & 0 \\ -SH & CH & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & CP & -SP \\ 0 & SP & CP \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} CR & 0 & SR \\ 0 & 1 & 0 \\ -SR & 0 & CR \end{bmatrix}$$

$$M_{inst2ship} = \begin{bmatrix} (CH * CR + SH * SP * SR) & (SH * CP) & (CH * SR - SH * SP * CR) \\ (-SH * CR + CH * SP * SR) & (CH * CP) & (-SH * SR - CH * SP * CR) \\ (-CP * SR) & (SP) & (CP * CR) \end{bmatrix}$$

- Coefficients de la matrice rotation Inst,ADCP \rightarrow Ship,ADCP :

H : Heading (cap) de l'ADCP
 P : Pitch (tangage) mesuré par le capteur d'attitude de l'ADCP
 R : Roll (roulis) mesuré par le capteur d'attitude de l'ADCP
 $CH = \cos(H)$
 $SH = \sin(H)$
 $CP = \cos(P)$
 $SP = \sin(P)$
 $CR = \cos(R)$
 $SR = \sin(R)$

9.2 Matrice de transformation faisceau-engin pour le cas général

Par définition les relations entre les vitesses sont décrites par les équations 1 et 2.

$$\begin{bmatrix} X_{ship,adcp} \\ Y_{ship,adcp} \\ Z_{ship,adcp} \end{bmatrix} = M_{inst2ship} \cdot \begin{bmatrix} X_{inst,adcp} \\ Y_{inst,adcp} \\ Z_{inst,adcp} \end{bmatrix}$$

Equation 1

$$\begin{bmatrix} X_{inst,adcp} \\ Y_{inst,adcp} \\ Z_{inst,adcp} \\ err \end{bmatrix} = M_{beam2inst} \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix}$$

Equation 2

Donc la transformation pour passer de coordonnées vitesses Beam à des coordonnées Ship ADCP est l'équation 3.

$$\begin{bmatrix} X_{ship,adcp} \\ Y_{ship,adcp} \\ Z_{ship,adcp} \end{bmatrix} = M_{inst2ship} \cdot M_{beam2inst} \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix}$$

Equation 3

9.3 Matrice de transformation appliquée aux mesures depuis l'AUV

Le cap Heading utilisé correspond à la valeur de EA définie dans la configuration ADCP (angle fait par le beam 3 de l'ADCP avec le devant de l'AUV).

Dans notre cas, les angles de roulis et de tangage sont de l'ordre de 1-5° avec l'AUV, soit $CR=CP \sim 1$, $SR=SP \sim 0$, et quasi nuls en moyenne, de sorte que la matrice $M_{inst2ship}$ peut être décrite par l'équation 4.

$$M_{inst2ship} = \begin{bmatrix} \cos(EA) & \sin(EA) & 0 \\ -\sin(EA) & \cos(EA) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Equation 4

Par conséquent les vitesses en coordonnées Ship ADCP sont décrites par l'équation 5.

$$\begin{bmatrix} X_{ship,adcp} \\ Y_{ship,adcp} \\ Z_{ship,adcp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(EA) & \sin(EA) & 0 \\ -\sin(EA) & \cos(EA) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c * a & -c * a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -c * a & c * a \\ b & b & b & b \\ d & d & -d & -d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{ship,adcp} \\ Y_{ship,adcp} \\ Z_{ship,adcp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(EA) & \sin(EA) & 0 \\ -\sin(EA) & \cos(EA) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c * a * (B_1 - B_2) \\ c * a * (B_4 - B_3) \\ b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{ship,adcp} \\ Y_{ship,adcp} \\ Z_{ship,adcp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c * a * (\cos(EA) * (B_1 - B_2) + \sin(EA) * (B_4 - B_3)) \\ c * a * (-\sin(EA) * (B_1 - B_2) + \cos(EA) * (B_4 - B_3)) \\ b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

Equation 5

Pour transformer ces valeurs en coordonnées terrestres, il suffit d'appliquer la rotation de l'engin par rapport aux coordonnées terrestres, soit remplacer EA par H(cap ADCP)+EA+EB(misalignment). Comme pour nous EB=0, la transformation en coordonnées terrestres est la suivante :

$$\begin{bmatrix} X_{earth,adcp} \\ Y_{earth,adcp} \\ Z_{earth,adcp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c * a * (\cos(H + EA) * (B_1 - B_2) + \sin(H + EA) * (B_4 - B_3)) \\ c * a * (-\sin(H + EA) * (B_1 - B_2) + \cos(H + EA) * (B_4 - B_3)) \\ b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

Equation 6

Si maintenant on souhaite prendre en compte le roulis et le tangage en compte, on obtient :

$$\begin{bmatrix} X_{earth,adcp} \\ Y_{earth,adcp} \\ Z_{earth,adcp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ca * ((CH * CR + SH * SP * SR) * (B_1 - B_2) + (SH * CP) * (B_4 - B_3)) + (CH * SR - SH * SP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \\ ca * ((-SH * CR + CH * SP * SR) * (B_1 - B_2) + (CH * CP) * (B_4 - B_3)) + (-SH * SR - CH * SP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \\ ca * ((-CP * SR) * (B_1 - B_2) + SP * (B_4 - B_3)) + (CP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

Equation 7

avec CH=cos(H+EA), SH=sin(H+EA)

9.4 Matrice de transformation pour l'ADCP orienté vers le haut

Dans le cas d'un ADCP orienté vers le haut, on a :

$$\begin{bmatrix} X_{ship,adcp} \\ Y_{ship,adcp} \\ Z_{ship,adcp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(EA) & \sin(EA) & 0 \\ -\sin(EA) & \cos(EA) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -c * a * (B_1 - B_2) \\ c * a * (B_4 - B_3) \\ -b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

Equation 8

et donc en négligeant le roulis et le tangage :

$$\begin{bmatrix} X_{earth,adcp} \\ Y_{earth,adcp} \\ Z_{earth,adcp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -c * a * (\cos(H + EA) * (B_1 - B_2) - \sin(H + EA) * (B_4 - B_3)) \\ c * a * (\sin(H + EA) * (B_1 - B_2) + \cos(H + EA) * (B_4 - B_3)) \\ -b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

Equation 9

Ou en le prenant en compte :

$$\begin{bmatrix} X_{earth,adcp} \\ Y_{earth,adcp} \\ Z_{earth,adcp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -ca * ((CH * CR + SH * SP * SR) * (B_1 - B_2) - (SH * CP) * (B_4 - B_3)) - (CH * SR - SH * SP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \\ -ca * ((-SH * CR + CH * SP * SR) * (B_1 - B_2) - (CH * CP) * (B_4 - B_3)) - (-SH * SR - CH * SP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \\ -ca * ((-CP * SR) * (B_1 - B_2) - SP * (B_4 - B_3)) - (CP * CR) * b * (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \end{bmatrix}$$

Equation 10

avec $CH=\cos(H+EA)$, $SH=\sin(H+EA)$