



Exploitation de l'ADCP bi-fréquence RTI Sea Seven.

Shom, Brest, France

30 août 2019

RAPPORT

Par :

Cécile Bijon

Et

Frédéric Jourdin

Visé par:

Thierry Garlan

SHOM/DOPS/HOM/SEDIM

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	3
INTRODUCTION	4
PARTIE 1 : PRESENTATION DE LA CAMPAGNE ROECAILLE 2019	4
PARTIE 2: COMPARAISON DES ATTITUDES, ECHOE BRUT ET BACKSCATTER DU RDI ET RTI.	8
PARTIE 3 : CONVERSION DU BACKSCATTER EN TAILLE DE PARTICULES	39
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	48
ANNEXE 1 - PROFILS COMPLEMENTAIRES	49
ANNEXE 2 - SCRIPT	64

INTRODUCTION

Ce rapport présente les résultats de l'exploitation de l'ADCP RTI Sea Seven bi-fréquence de chez Rowe en comparaison avec le RDI Workhorse 600 kHz de chez Teledyne durant le premier Leg de la campagne ROECAILLE 2019.

Une première partie présente la zone d'étude et le déroulement de la campagne ainsi que les deux instruments utilisés. Seront abordés les différentes configurations des instruments en fonction des zones prospectées (profondeur, fréquence, résolution, pénétration). Une deuxième partie présentera les résultats bruts de la campagne avec d'abord la comparaison des attitudes des deux instruments, l'écho brut reçu ainsi que les vitesses dans la colonne d'eau. La troisième partie se concentre sur les conversions backscatter de l'écho.

PARTIE 1 : PRESENTATION DE LA CAMPAGNE ROECAILLE 2019

1.1. Zone d'étude

Les campagnes ROeCAILLE sont faites en 2 legs de 10 jours en Bretagne Sud. L'objectif est de cibler 2 périodes de vives eaux afin de capturer une variabilité maximale pour faciliter la calibration des capteurs. Le premier leg est en période hivernale non stratifiée (Mars), tandis que le second leg est en période estivale stratifiée (Août). Le planning et la stratégie d'échantillonnage sont similaires sur les deux legs.

Des stations fixes sont réalisées en 5 points différents. Trois de ces stations correspondent à la localisation des stations benthiques du SHOM. La dernière station est située à l'embouchure de la Loire qui représente un des forçages majeurs de la dynamique sédimentaire de la région Sud Bretagne. Les stations fixes sont faites sur 12 heures à ces positions :

- Station 1 - Concarneau 47,80°N / 3,95°O - 47,800°N / 3,915°O.
- Station 2 – Grande Vasière 47,25°N / 4,40°O - 47,242°N / 4,378°O.
- Station 3 – Saint-Nazaire 47,25°N / 2,20°O - 47,149°N / 2,359°O.
- Station 4 - Gino 48,30°N / 5,60°O - 48,285°N / 5,672°O.
- Station 5 – Morgat 48,203°N / 4,478°O - 48,204°N / 4,481°O

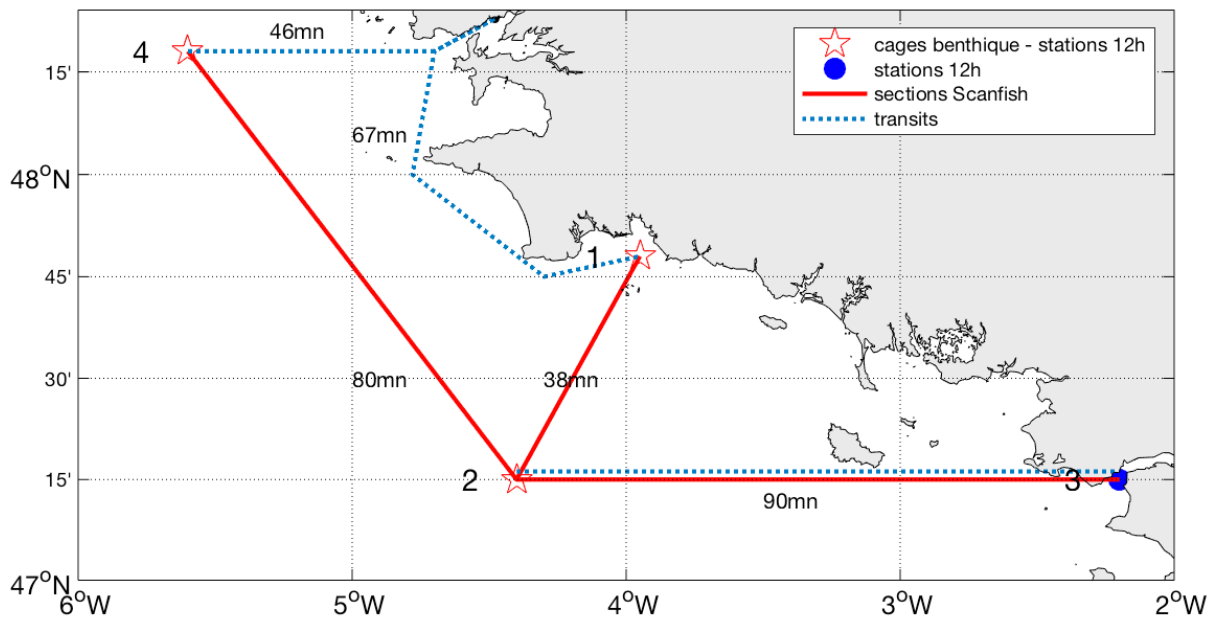


Figure 2: La carte représentant les sites étudiés (hors station 5) :



Figure 1: Mise en place des 2 ADCP sur radeau

1.2 Matériel utilisé

1.2.1 ADCP RTI ROWE Sea Seven 600 et 1200 kHz

	600kHz 3" Beams	1200kHz 2" Beams	600kHz 1" Beams
Broadband	50 m @ 2m Bin Size	20 m @ 1m Bin Size	40 m @ 2m Bin Size
Narrowband	75 m @ 2m Bin Size	30 m @ 1m Bin Size	50 m @ 2m Bin Size
Minimum Blanking Distance	16.0 cm	8.0 cm	16.0 cm
Minimum Bin Size	1.4 cm	0.7 cm	1.4 cm
Maximum Number of Bins	200 bins	200 bins	200 bins
Velocity Resolution	0.01 cm/s	0.01 cm/s	0.01 cm/s
Long-Term Accuracy	± 0.25% ± 2 mm/s	± 0.25% ± 2 mm/s	± 0.50% ± 1.5 mm/s
BB Single Ping Precision	3.5 cm/s @ 2m bin size	3.5 cm/s @ 1m bin size	3.5 cm/s @ 2m bin size
NB Single Ping Precision	20.0 cm/s @ 2m bin size	20.0 cm/s @ 1m bin size	20.0 cm/s @ 2m bin size
Velocity Range	±5.0 m/s (Default); ±20.0 m/s (Maximum)	±5.0 m/s (Default); ±20.0 m/s (Maximum)	±10.0 m/s (Default); ±20.0 m/s (Maximum)
Amplitude Dynamic Range	100 dB	100 dB	100 dB
Amplitude Precision	0.001 dB	0.001 dB	0.001 dB
Beam Width	2.80°	1.42°	2.16°
Beam Angle	20°	20°	20°



1.2.2 ADCP RDI Workhorse 600kHz

	600kHz 3" Beams
Velocity accuracy	0.3% of the water velocity relative to ADCP $\pm 0.3\text{cm/s}$
Velocity resolution	0.1cm/s
Velocity range:	$\pm 5\text{m/s}$ (default) $\pm 20\text{m/s}$ (max)
Number of depth cells	1–255
Ping rate	Up to 10Hz
Dynamic range	80dB
Precision	$\pm 1.5\text{dB}$
Beam angle	20°
Configuration	4-beam, convex



1.3 Configuration des instruments

Durée intervalle	150 sec.	150 sec.	150 sec.	150 sec.	150 sec.
Durée acquisition	120 sec.	120 sec.	120 sec.	120 sec.	120 sec.
ADCP	RTI SeaSeven	RTI SeaSeven	RTI SeaSeven	RTI SeaSeven	RDI Workhorse
Nombre / Fréq. transducteurs	3 beams 600 kHz	3 beams 1200 kHz	1 beam vertical 600 kHz	3 beams 600 kHz	4 beams 600 kHz
Profils grands fonds (>100m)	22 cellules 4 mètres	15 cellules 2 mètres	22 cellules 4 mètres	/	120 cellules 0,5 mètres
Profils petits fonds (<30m)	30 cellules 1 mètre	30 cellules 1 mètre	30 cellules 1 mètre	/	120 cellules 0,5 mètres
Déploiement	Profils moyennés	Profils moyennés	Profils moyennés	Mesure du bruit de fond	Profils moyennés
Station/zone de blanc					
Concarneau	1.5	1.5	1.5	25	0.88
Grande vasière	1.5	1.5	1.5	100	0.88
Saint-Nazaire (Loire)	1	1	1	100	0.88
Gino	1.5	1.5	1.5	100	0.88
Douarnenez	0.8	0.8	0.8	100	0.88

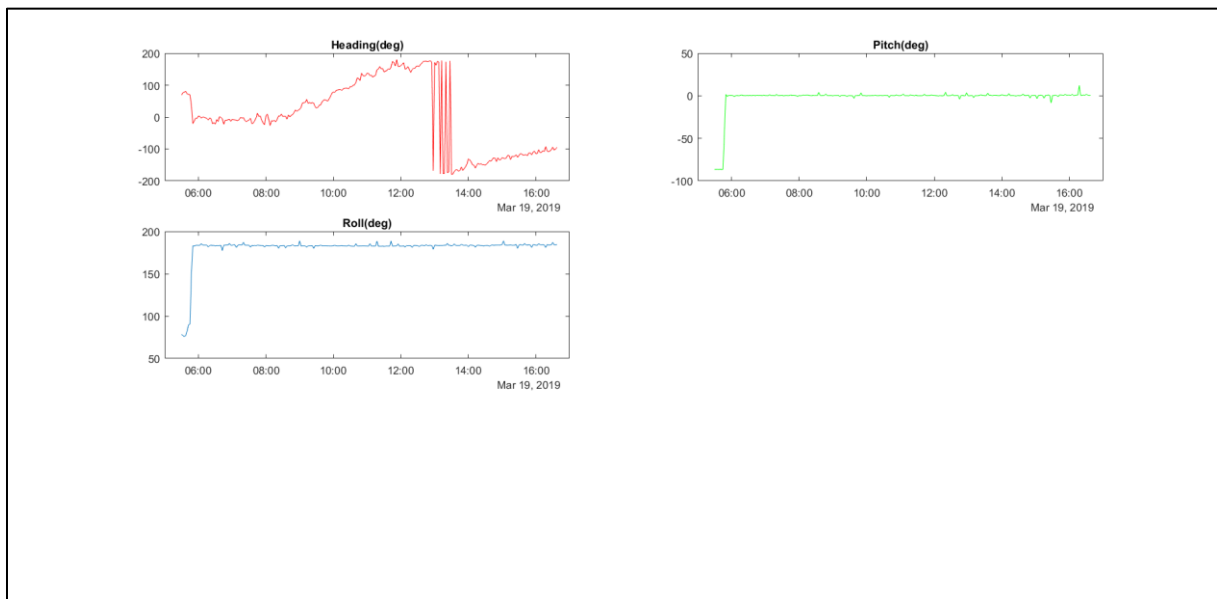
PARTIE 2: COMPARAISON DES ATTITUDES, ECHOE BRUT ET BACKSCATTER DU RDI ET RTI.

2.1 Attitudes des deux ADCP

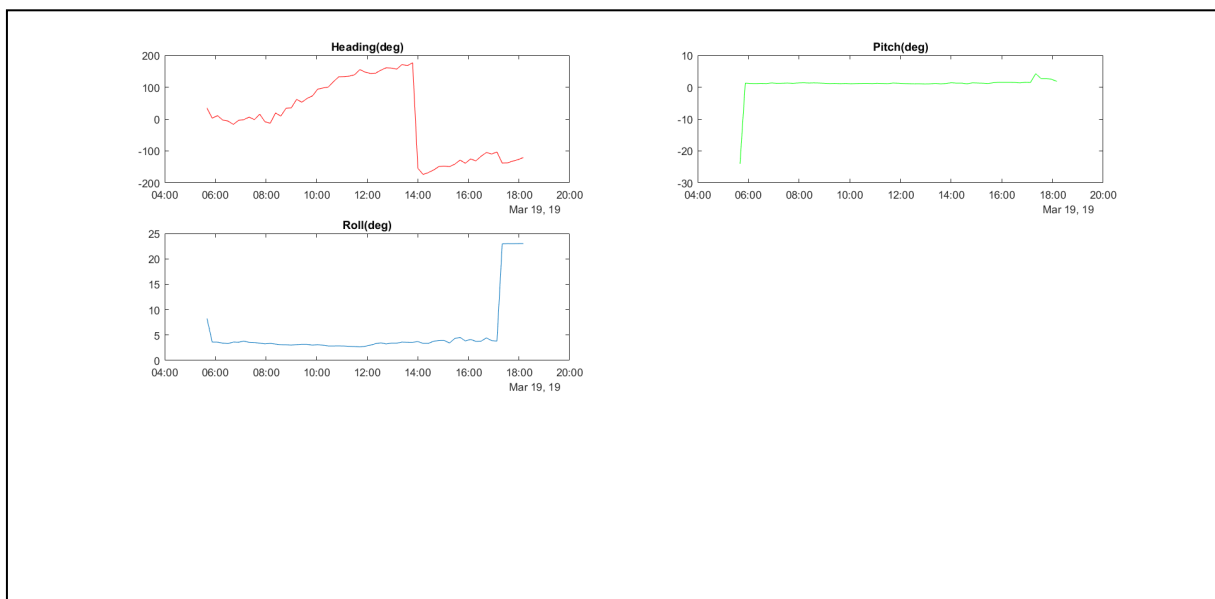
Afin de comparer ces données il faut prendre en compte que les instruments sont placés à l'envers sur la surface de l'eau, le RTI fait directement la rotation dans les données alors que le RDI restera à 180 lorsqu'il est posé dans l'eau à l'envers. On doit s'attendre à voir des variations de 180° à 0° du Heading (cap) et du roll (roulis) avec le déplacement de l'instrument pendant le flot et le jusant qui le place dans des situations inversées.

- Station Concarneau:

RTI:



RDI:



Pitch : Pas de grosses variations, valeurs extrêmes en début de profil correspondant à la mise en place de l'appareil.

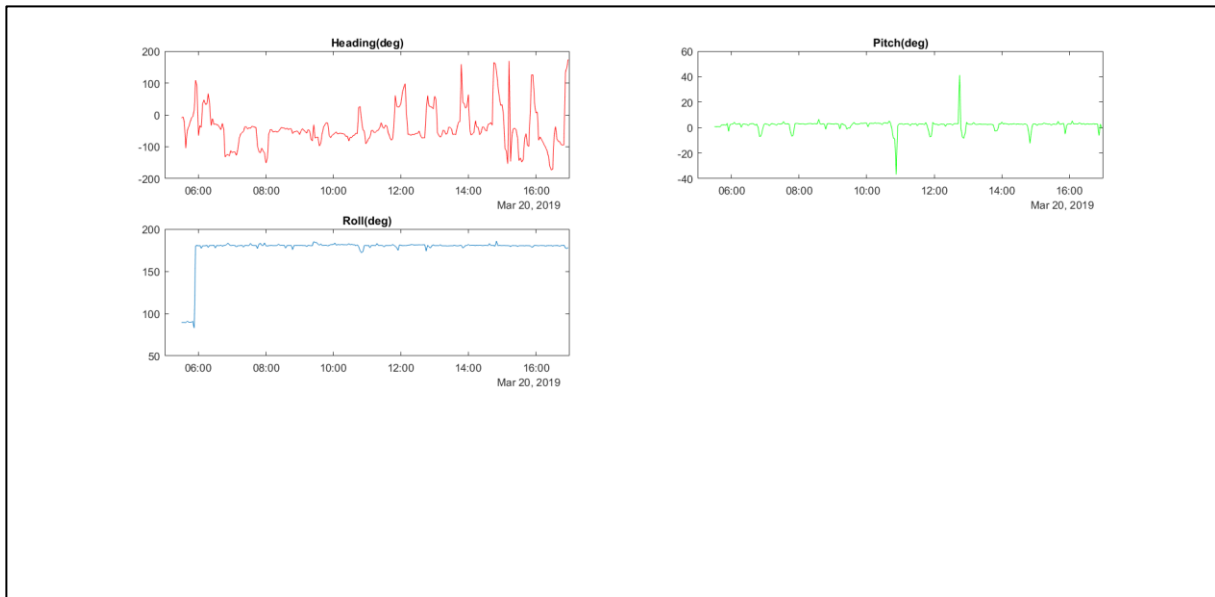
Roll : Assez stable autour de 2° jusqu'à reprise de l'instrument.

Heading : Un changement de cap visible sur les 12h, puis dérive lente de 0 à 180° sur le RDI alors que le RTI enregistre plusieurs changements de cap de 180 à -180 aux environs de 14h.

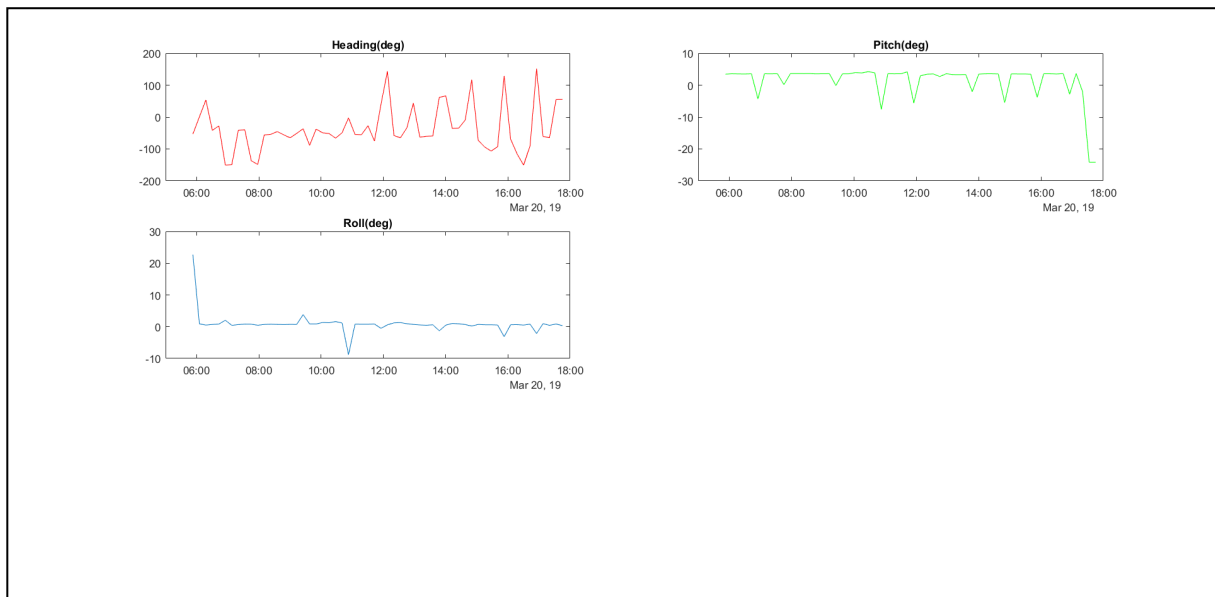
Les attitudes des deux instruments sont similaires.

- Station Grande-Vasière:

RTI:



RDI:



Pitch : Quelques variations mais assez stable du début à la fin des données, variations plus importante sur le RTI qui comportent quelques changements de pitch jusqu'à -40° alors que les valeurs extrêmes sur le RDI atteignent -10° .

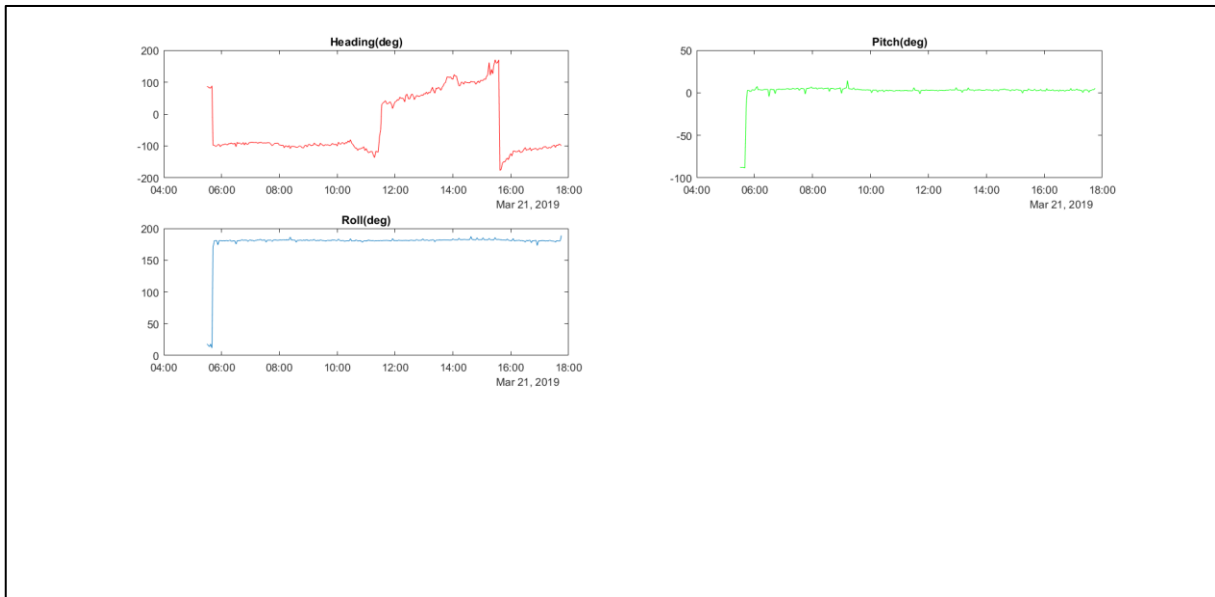
Roll: Roulis peu important avec des variations autour de 10° pour les deux instruments.

Heading : Plusieurs changements de cap de 0 à 180° tout au long de la station montrant que le radeau a tourné. Ceci pourrait être dû à un changement dans les directions de houle.

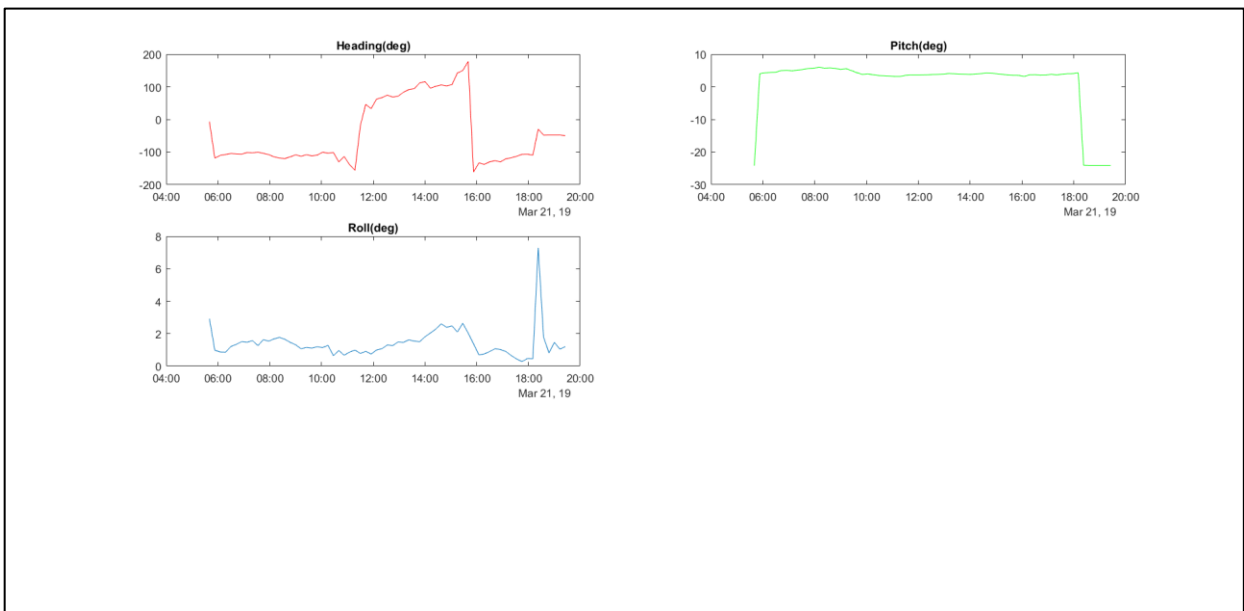
Petite houle décrite sur le carnet de bord. Attitudes des deux instruments similaires.

- Station Saint-Nazaire (Loire):

RTI:



RDI:



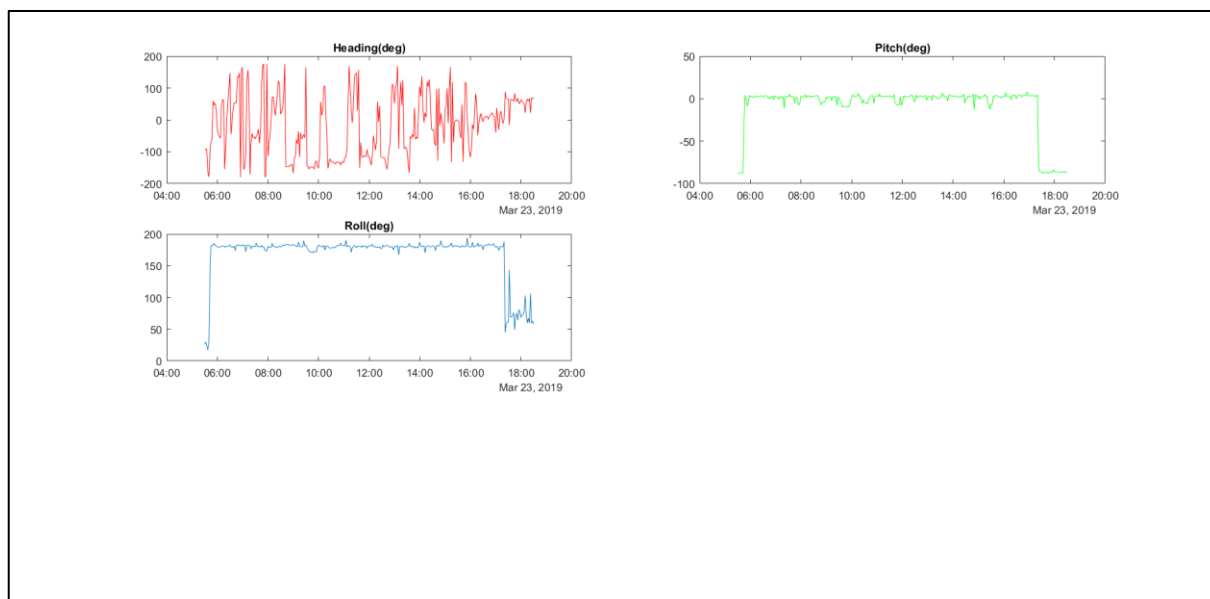
Pitch : Pitch très stable sur le RTI et RDI.

Roll: Variations de roulis entre 0 et 2° sur l'ensemble de la station, variations plus hautes jusqu'à 8° au maximum mais qui peut correspondre à la remise sur le bateau du radeau.

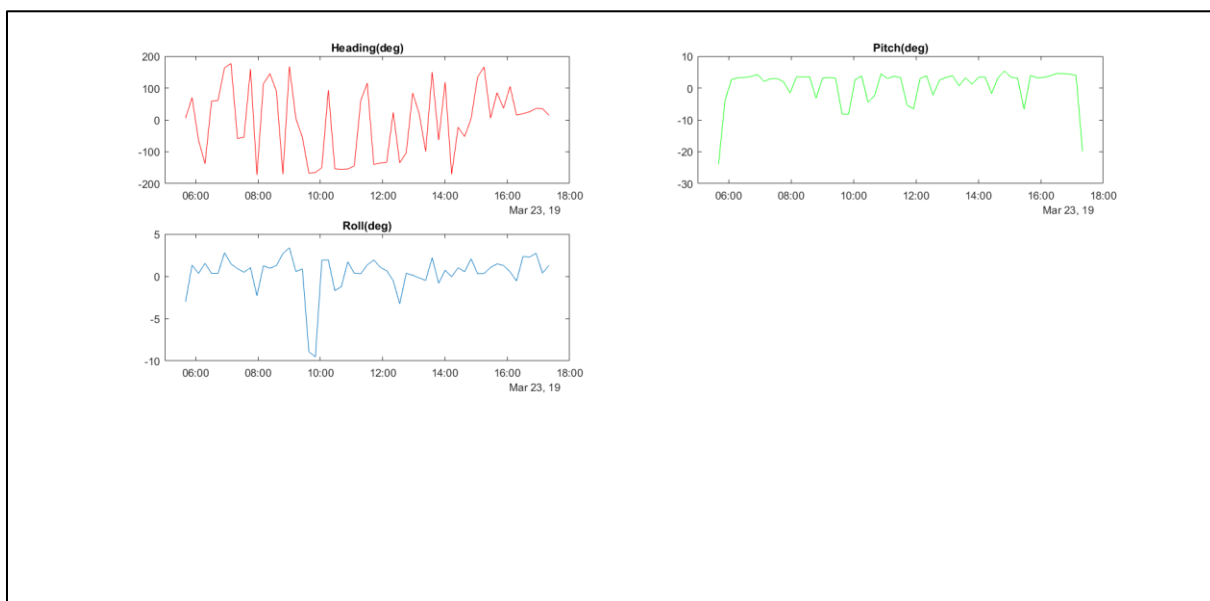
Heading : Cap assez stable vers -100° avec un changement de - 180° à 0 avant 12h, puis changement de cap progressif jusqu'à 180° à 16h et enfin changement brusque jusqu'à -100°.

Station Gino:

RTI:



RDI:



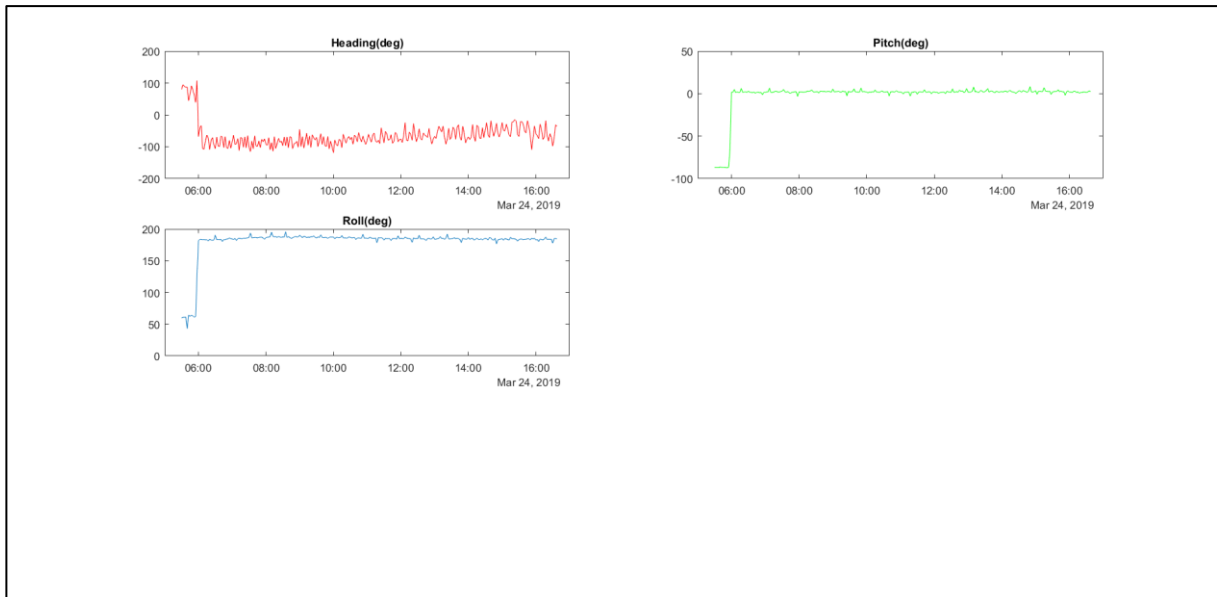
Pitch : Moins stable que sur les autres stations, variations similaires sur les 2 ADCP entre 0 et 10°.

Roll : Roulis assez important, jusqu'à 15° sur le RTI et 10° sur le RDI

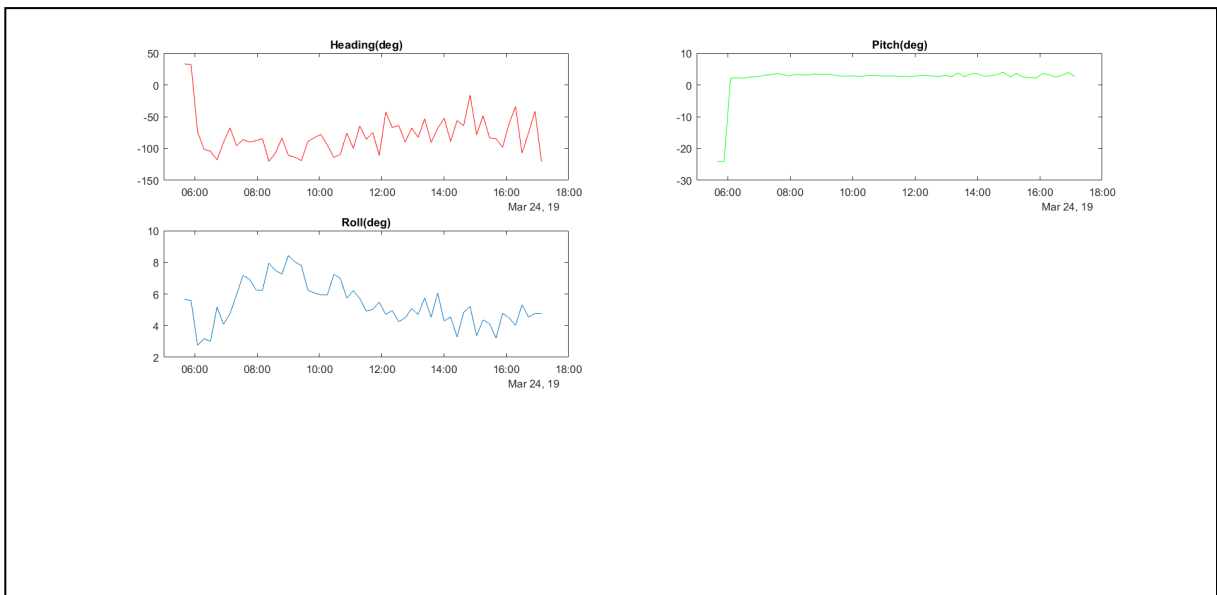
Heading : Beaucoup de changements de cap, visible sur les 2 instruments.

- Station Douarnenez:

RTI:



RDI:



Pitch : Stable sur les toutes les données.

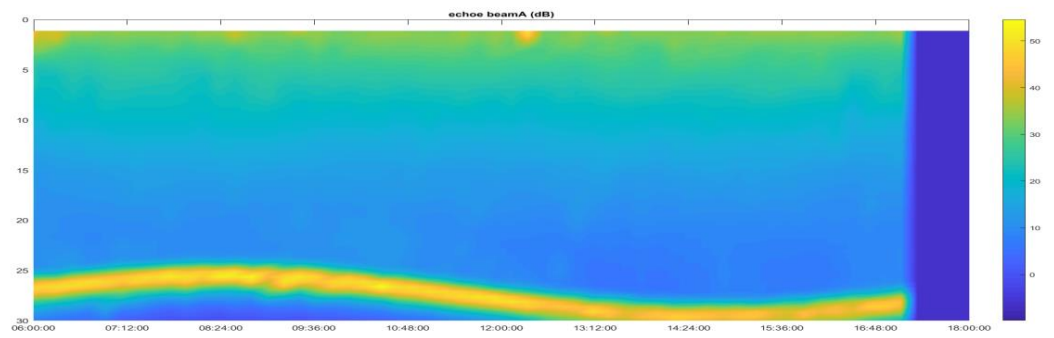
Roll : Roulis plus important, entre 0 et 7° sur le RTI, avec des variations hautes fréquences jusqu'à 15 °, moins de variations hautes fréquences sur le RDI.

Heading : Variations hautes fréquences autour de 100° pour les 2 instruments, ce qui pourrait être dû à de petites vagues.

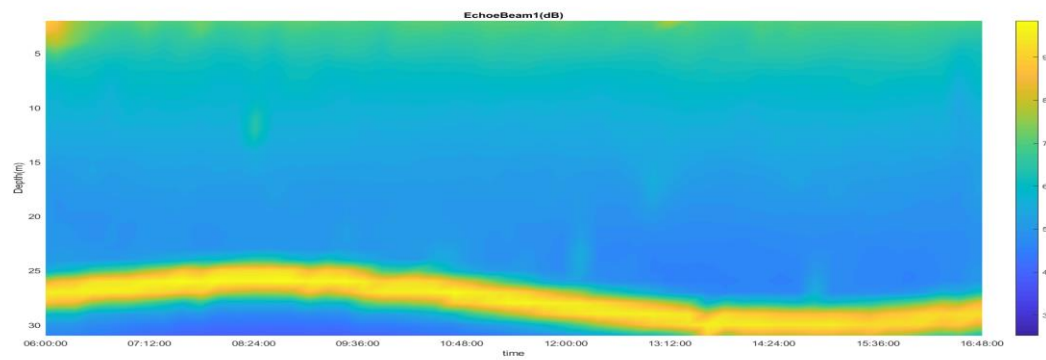
2.2 Comparaison des echoes bruts des deux ADCP

- Station Concarneau :

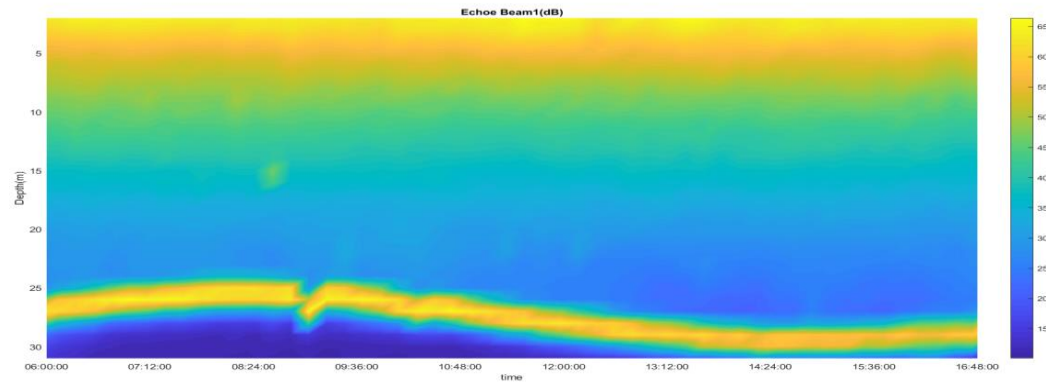
RDI :



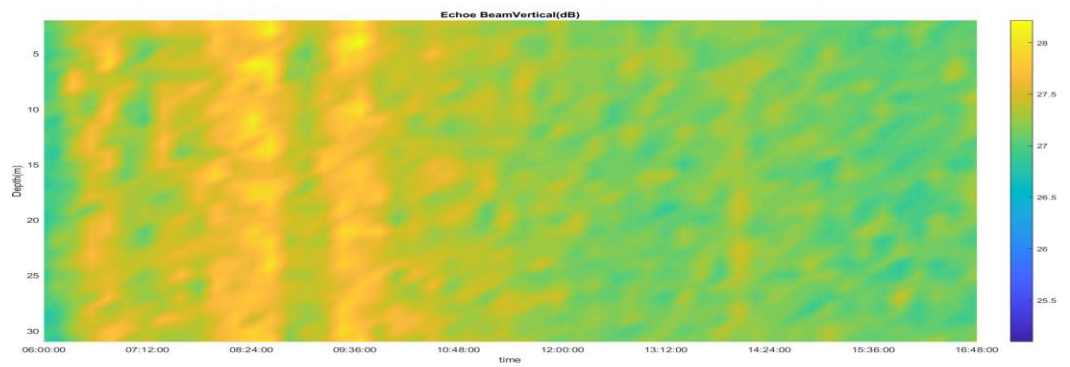
RTI 600:



RTI
1200 :

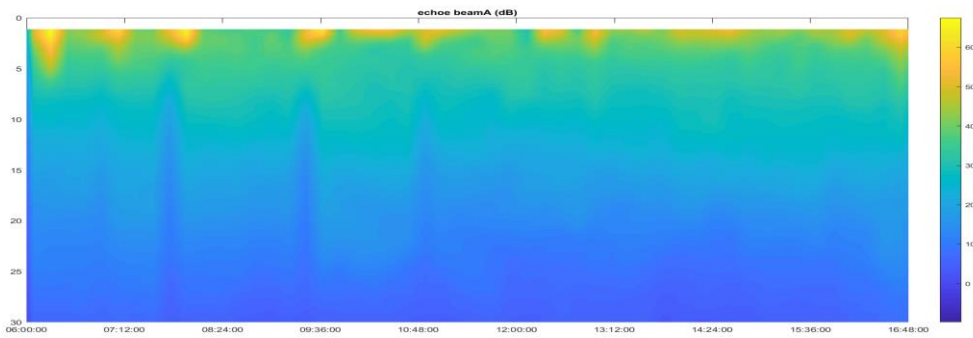


RTI
Vertical :

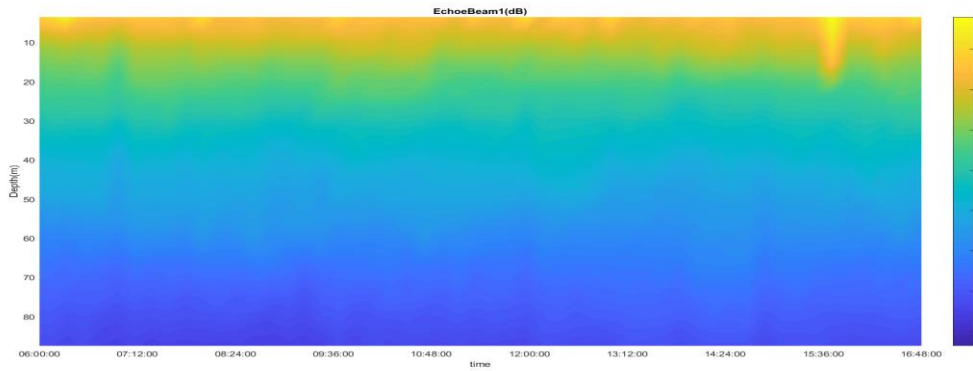


- Station Grande Vasière :

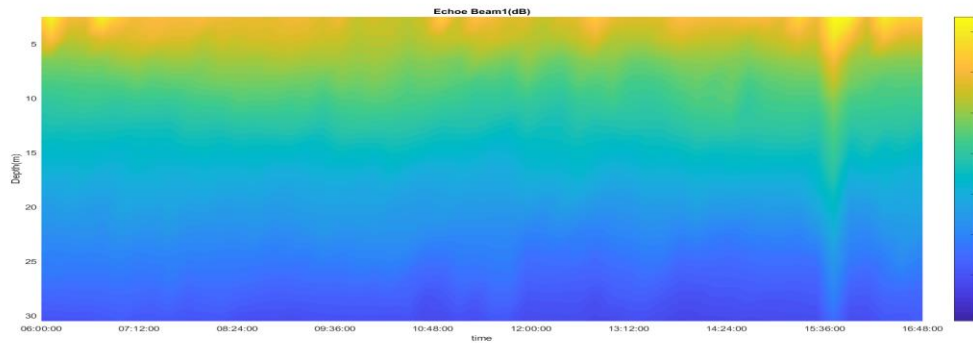
RDI :



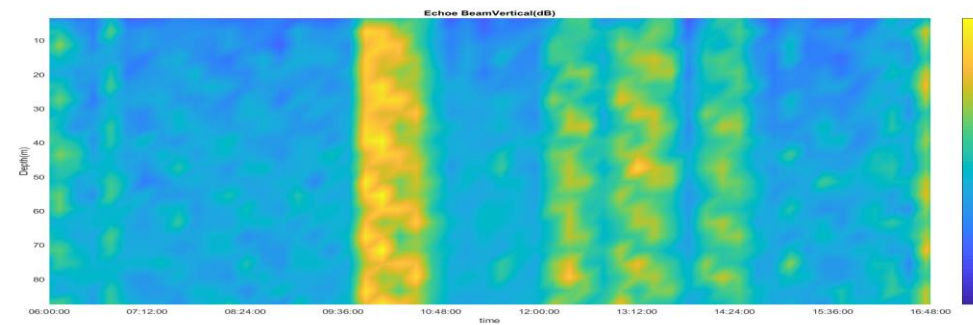
RTI 600:



RTI 1200 :

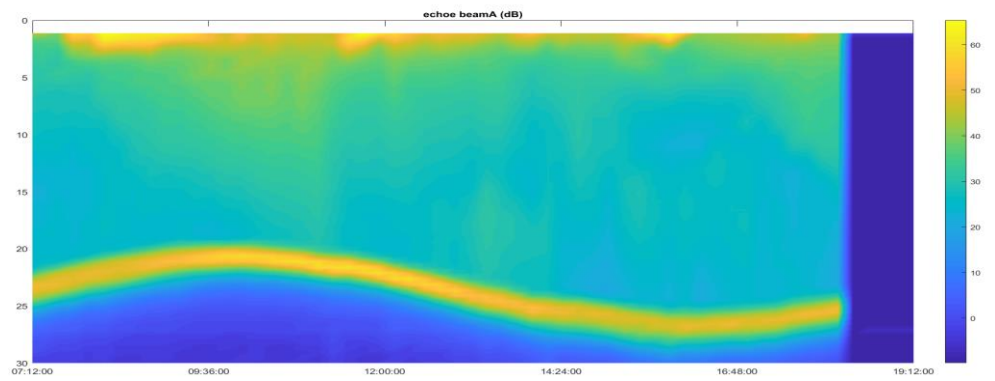


RTI Vertical :

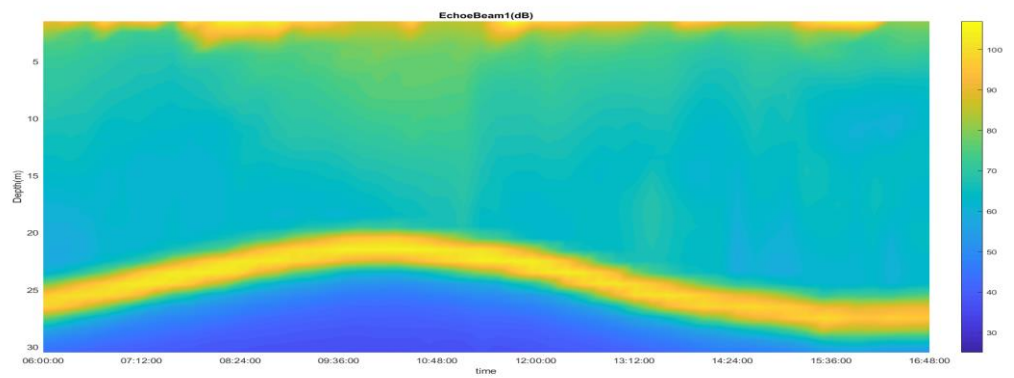


- Station Saint-Nazaire (Loire) :

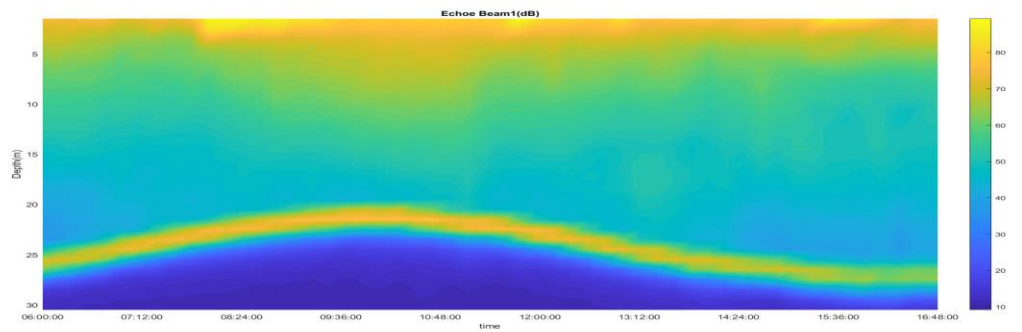
RDI :



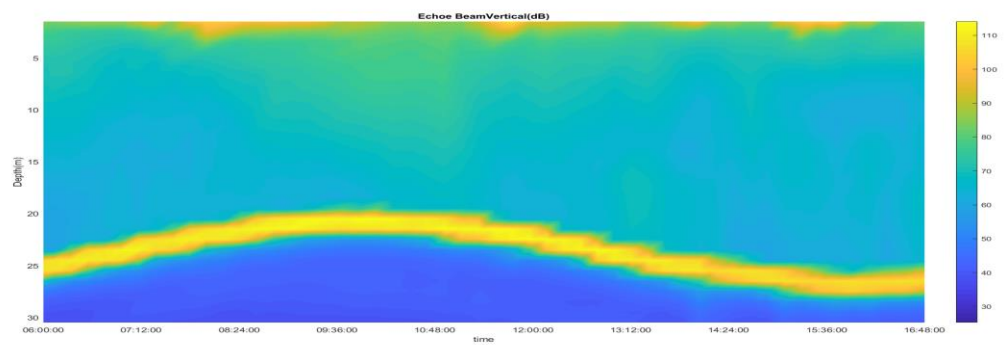
RTI 600:



RTI 1200 :

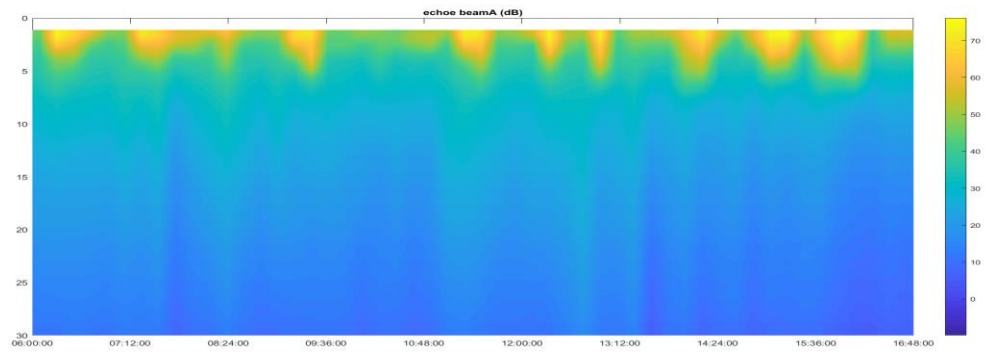


RTI Vertical :

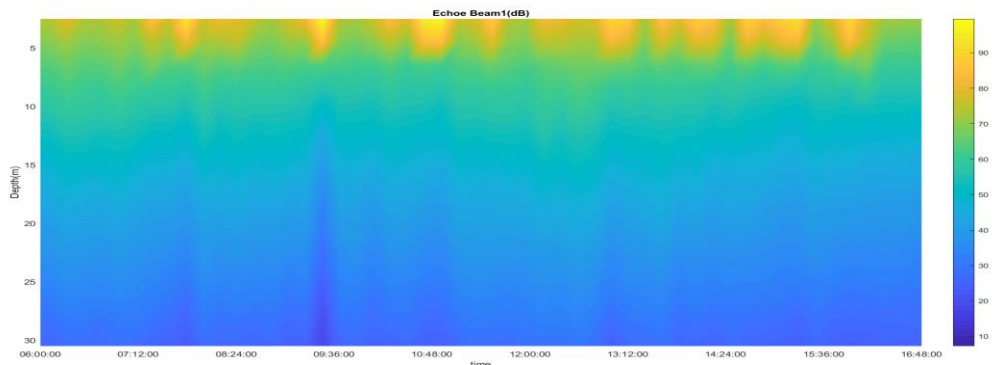


- Station Gino :

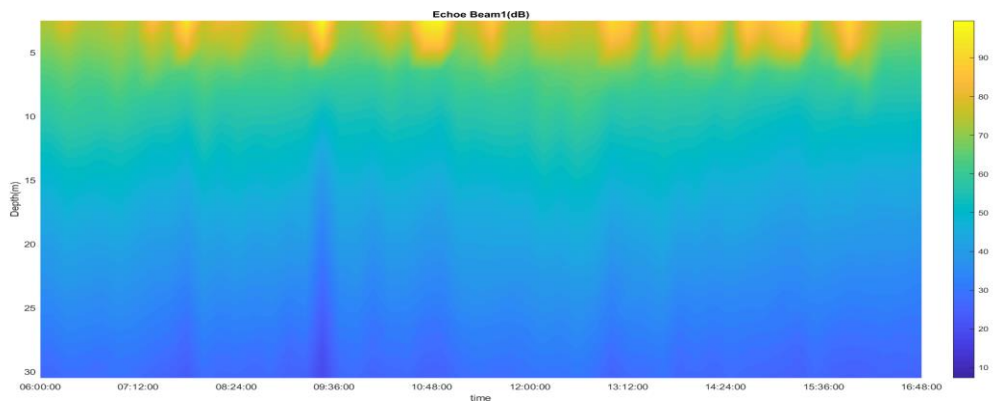
RDI :



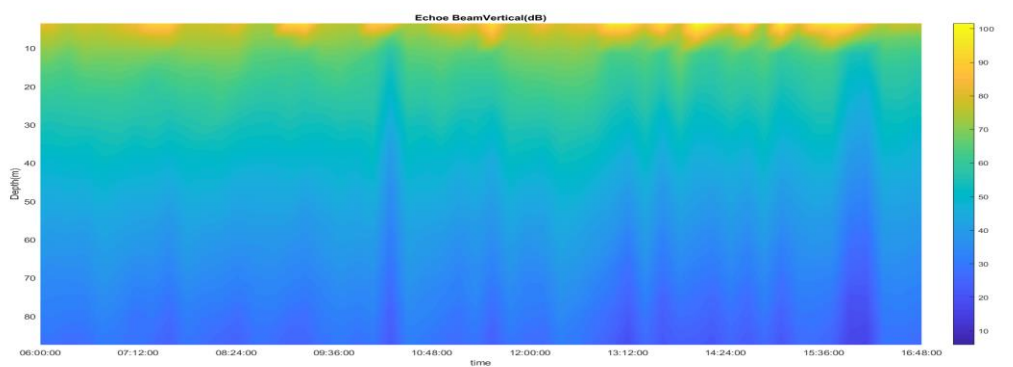
RTI 600:



RTI 1200 :

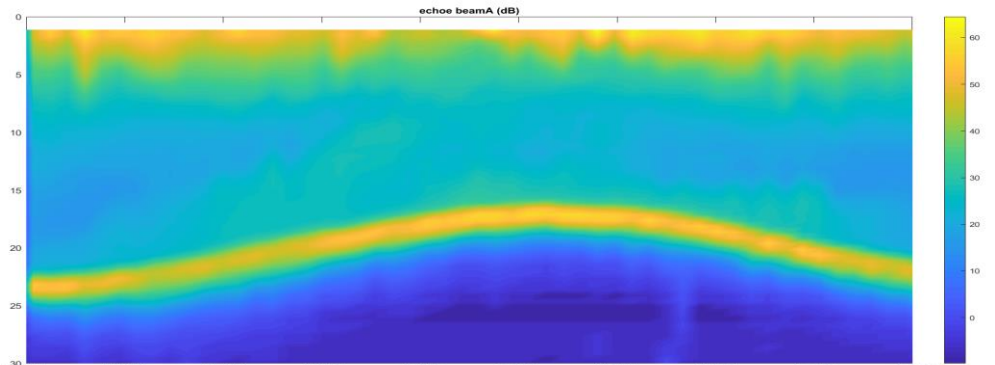


RTI Vertical :

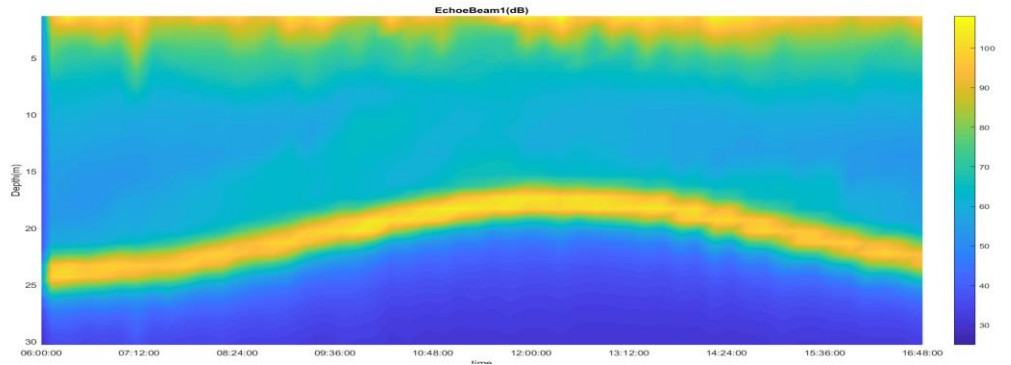


- Station Douarnenez :

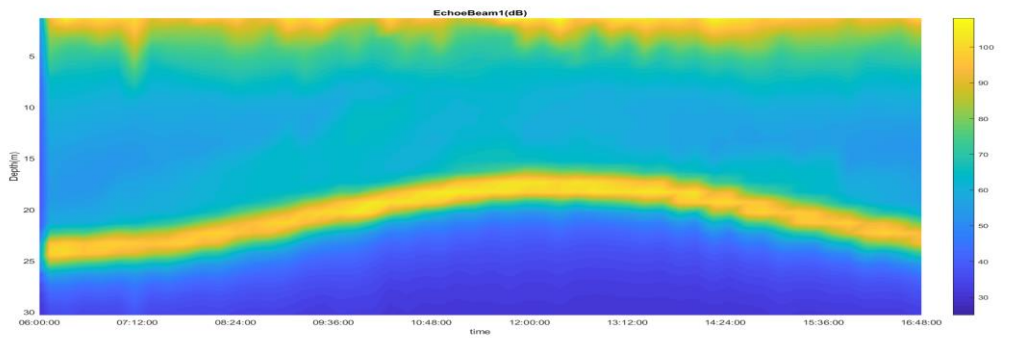
RDI :



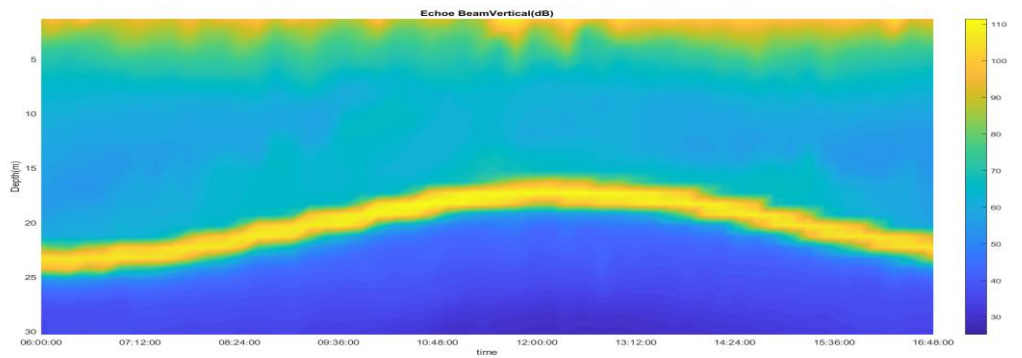
RTI 600:



RTI 1200 :



RTI Vertical :



Concarneau : Station petit fond. Echo transmit jusqu'au fond, vers 28m sur le RDI et RTI. Pour le RDI l'écho se situe entre 0 et 50 dB avec un gradient négatif de la surface vers le fond avec peu de particules. Pour le RTI 600 l'écho se situe entre 30 et 90 dB avec un gradient similaire que sur le RDI, quelques échos ponctuels dans la colonne d'eau à 75 dB. Le RTI 1200 possède un gradient similaire allant de 65 à 15 dB mais avec un écho moins important dans toute la colonne d'eau. Peu d'échos ponctuels, écho du fond qui s'approfondi ponctuellement vers 9h00, uniquement sur ce sous-système (problème potentiel seulement perceptible à cette fréquence). Le faisceau vertical ne semble pas fonctionner où un obstacle empêche son fonctionnement.

Grande Vasière : Station grand fonds, pénétration jusqu'à 60m. Le RDI montre quelques écho en surface ponctuel à 60dB, il pourrait s'agir de bulles, l'écho se situe entre 0 et 65dB. Les échos de surface sont moins visible sur le RTI 600 et 1200, les deux se situent entre 10 et 80 dB. Peu de particules dans l'eau car seul le gradient vers le fond est visible. Le faisceau vertical ne semble pas fonctionner, ce qui paraît possible lorsque l'on ne reçoit pas l'écho du fond.

Saint-Nazaire (Loire) : Station petit fond. Visible vers 25m. Echo du RDI compris entre 0 et 60 dB avec un écho de surface assez présent, peut-être des bulles. Présence de particules dans l'eau assez importante près de la surface qui s'atténue progressivement en allant vers le fond avec un écho à 45 dB en moyenne. Echo similaire sur le RTI 600 et 1200, l'écho 600 est 20dB plus élevé que le 1200. La présence de particules est moins visible sur le faisceau vertical avec un écho de 30 à 110 dB

Gino : Station grand fond. Echo du RDI entre 0 et 70dB, celui du RTI 600 et du RTI 1200 entre 10 et 90 et celui du Vertical entre 10 et 100. Les échos sont tous similaires, avec peu de particules dans la colonne d'eau mais un écho de surface important pouvant être dû à des bulles, mer agitée durant cette station.

Douarnenez : Station petit fonds. Visible vers 25 m. Echo de surface important et présence de particules vers le fond. Les échos sont similaires pour chaque sous-système du RTI et du RDI. L'écho du RDI se situe entre 0 et 60 dB, le RTI entre 30 et 100 et celui du RDI entre 30 et 110 dB.

2.3 Comparaison des échos après conversion en backscatter

Les conversions effectuées sur l'écho brut :

Les conversions de l'écho brut reçu sont destinées à retrouver l'intensité du volume rétrodiffusé (BS en dB) qui dépend directement de la concentration des particules en suspension dans la colonne d'eau. Pour retrouver l'intensité de ce volume rétrodiffusé il faut calculer l'indice de cible des particules (dB/m²) **TL** ainsi que le volume insonifié (m³).

Le volume insonifié dépend de l'angle d'ouverture du faisceau solide qui est exprimé en stéradians (ϕ_{sr}), et de la distance de l'onde par rapport au transducteur (R) qui elle dépend de la profondeur (Z) et de l'angle d'orientation du faisceau (θ).

L'indice de cible des particules **TL** est lui décrit par l'équation du sonar :

$$TS = RL + DT - SL + 2TL$$

RL étant le niveau de réverbération obtenu par l'ADCP (en counts ou dB), **DT** le seuil de détection (dB), **SL** la puissance transmise demandé au constructeur (dB) et **TL** les pertes par transmission (dB).

Ici **DT** a été fixé à 83dB. Le **SL** du RDI 600 est de 217.1 dB, celui du RTI 600 à 221dB et du RTI 1200 à 218 dB. Les pertes par transmission sont dues à la divergence sphérique comprises dans le premier terme de l'équation ($20 \times \log(R)$) et à l'amortissement par le milieu dissipatif ($AW \times R$) avec aw le coefficient d'atténuation par l'eau et son calcul et détail ci-dessous, il dépend des caractéristiques du milieu soit la température, la pression, la salinité.

Les paramètres:

ϕ_r (radians) = ϕ (degrees) $\times \pi / 180$; (angle ouverture converti en radians)

ϕ_{sr} (stéradians) = $\pi \times \phi_r \times \phi_r / 4$; (angle converti en angle solide en stéradians)

$\theta=20$; (angle du beam)

$$R = \frac{Z}{\cos(\theta)}$$

$V = \phi_{sr} \times (\psi \times R)^2 \times L$; avec $\psi=1$ et L = transmitted length pulse

Transmit power :

Echoe x SIL (Sound intensity level)

Sal=35 x 0.028571 (Relative salinity)

f1=exp (Temp x 0.038462) x sqrt (Sal) x 0.78; (relaxation frequency for boron)

f2=exp (Temp x 0.058824) x 42.0; (relaxation frequency for magnesium)

fs= 600 x 600 (square of the frequency)

Frequency dependence to boron and magnesium:

$$ff1 = \frac{f1 \times fs}{fs + f1 \times f1}$$

$$ff2 = \frac{f2 \times fs}{fs + f2 \times f2}$$

Attenuation:

AW=1.06E-4 x ff1 x exp ((8-pH) x 10.56) x 5.2E-4 x (1.0 + Temp x 0.023256) x Sal x ff2
 x exp(Press x -1.66667E-4) + 4.9E-7 x fs x exp (Temp x -0.037037 + Press x -
 5.88235E-5)

Transmission loss:

TL=20 x log (R) + (AW x R)

Target strength:

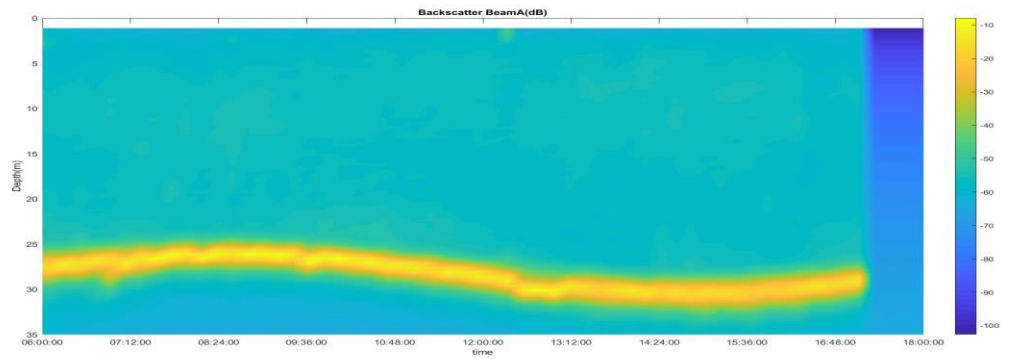
TS1=Echo+ (DT-SL) + TL x 2

Backscatter:

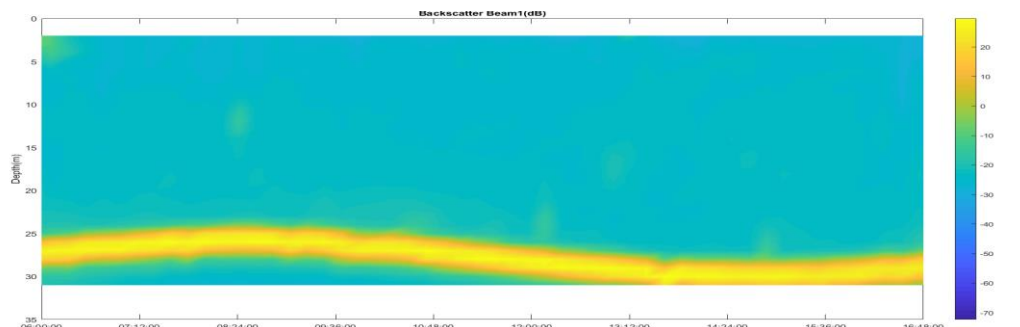
BS1=TS1-10 x log (V)

- Station Concarneau :

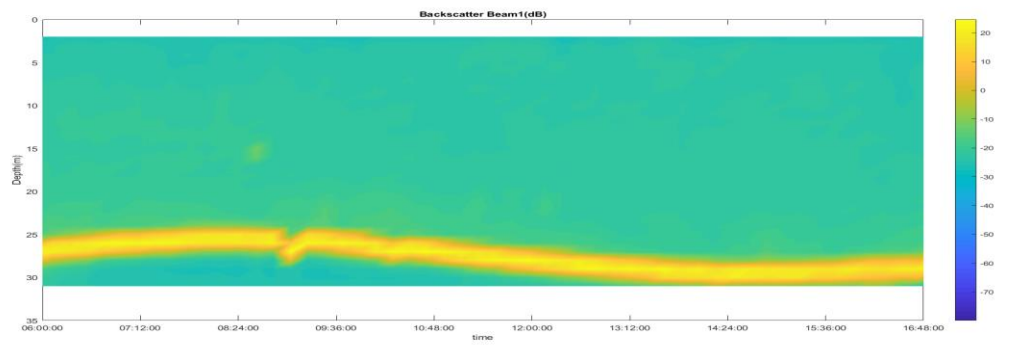
RDI :



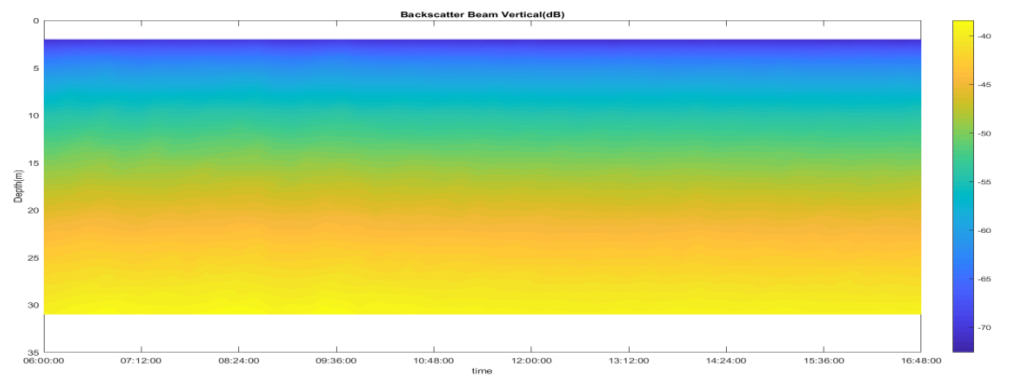
RTI 600 :



RTI 1200 :

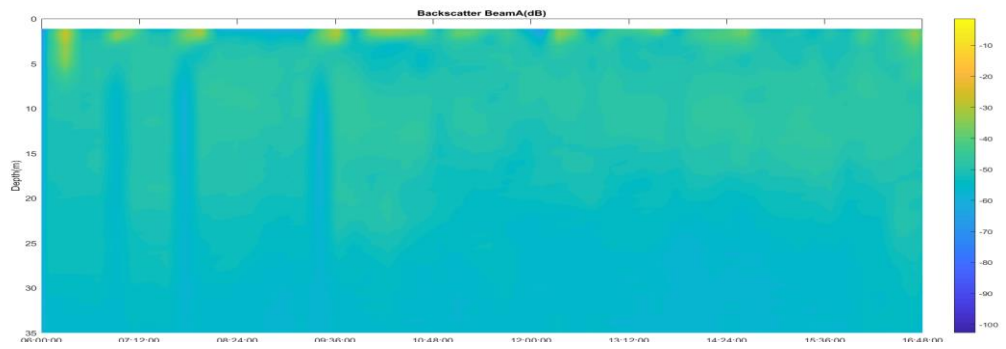


RTI Vertical :

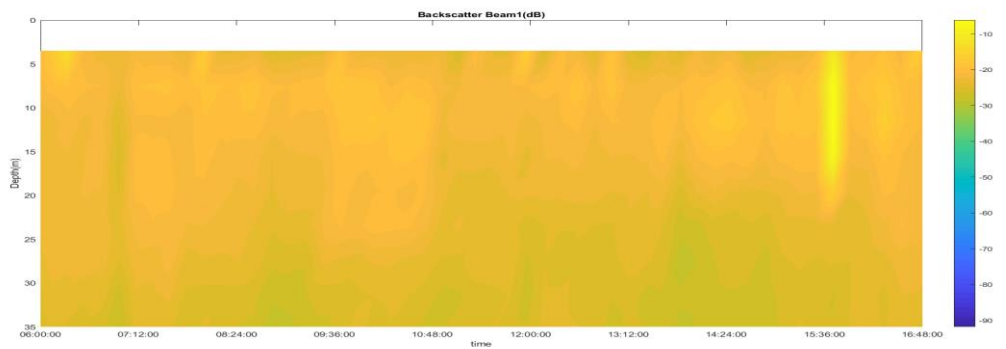


- Station Grande Vasière :

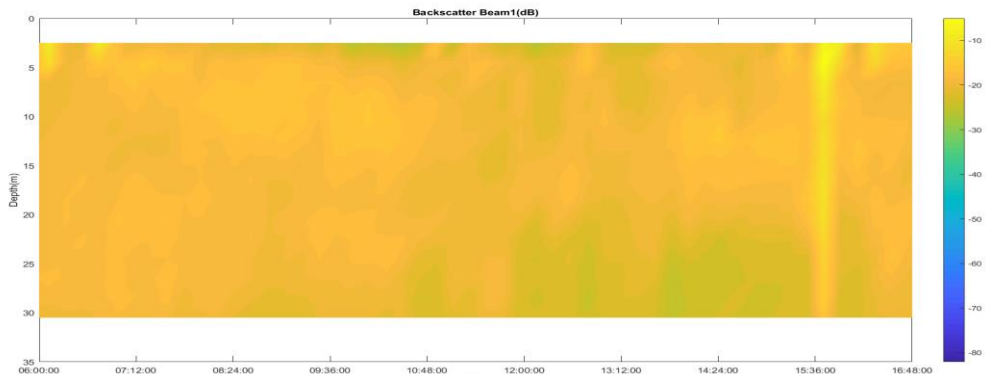
RDI :



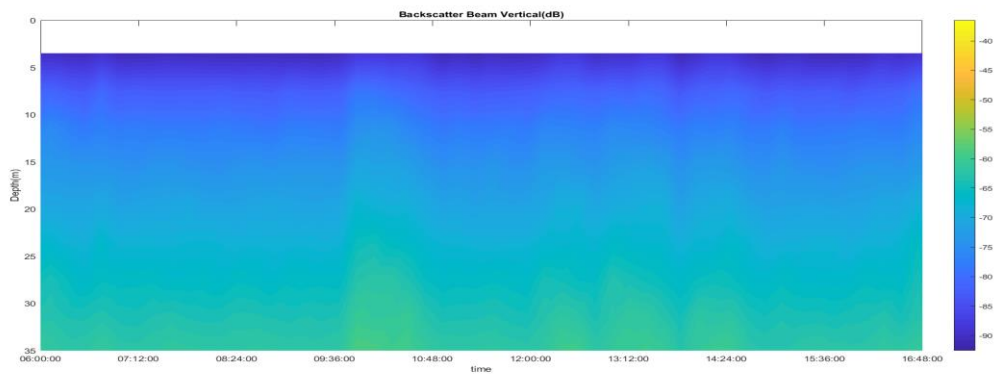
RTI 600 :



RTI 1200 :

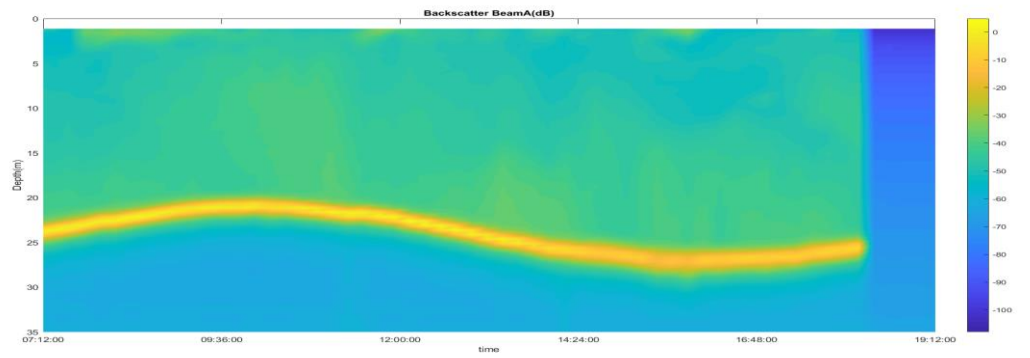


RTI
Vertical :

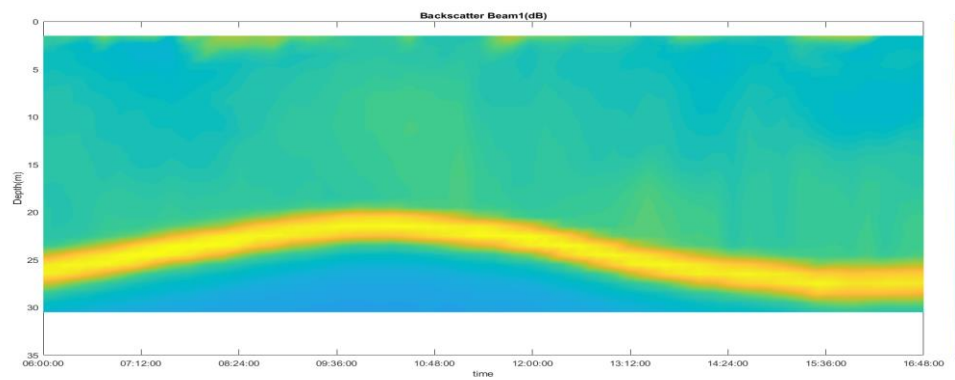


- Station Saint-Nazaire :

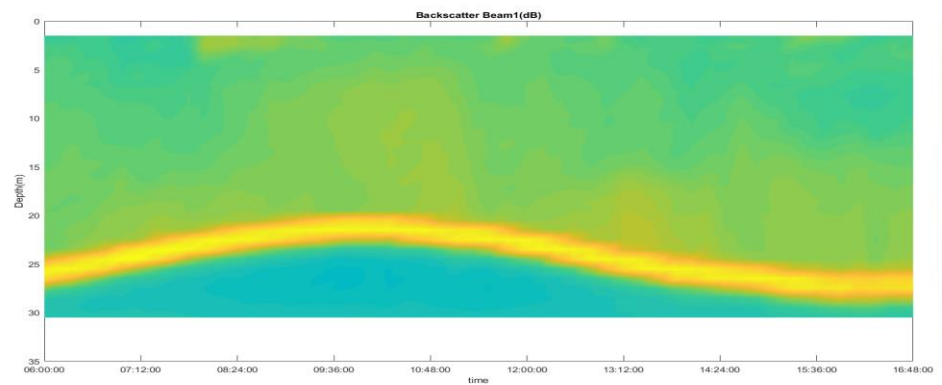
RDI :



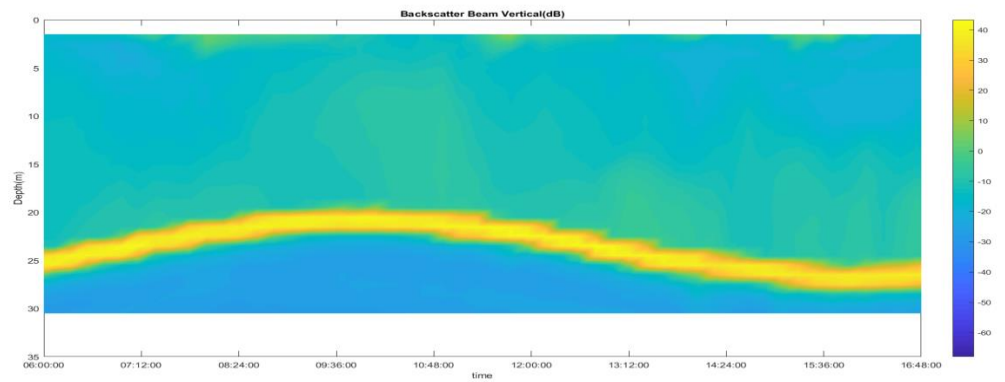
RTI 600 :



RTI 1200 :

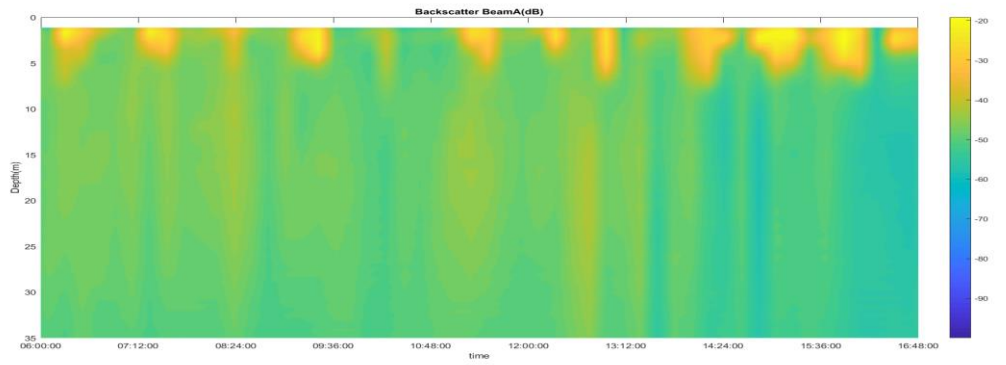


RTI Vertical :

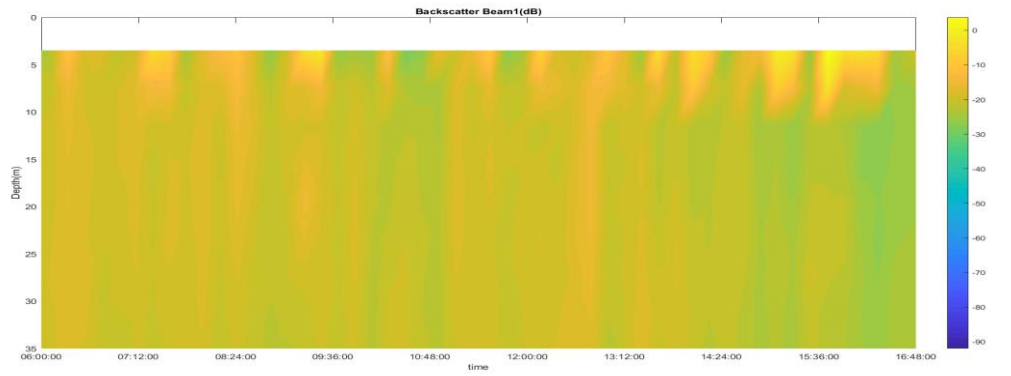


- Station Gino :

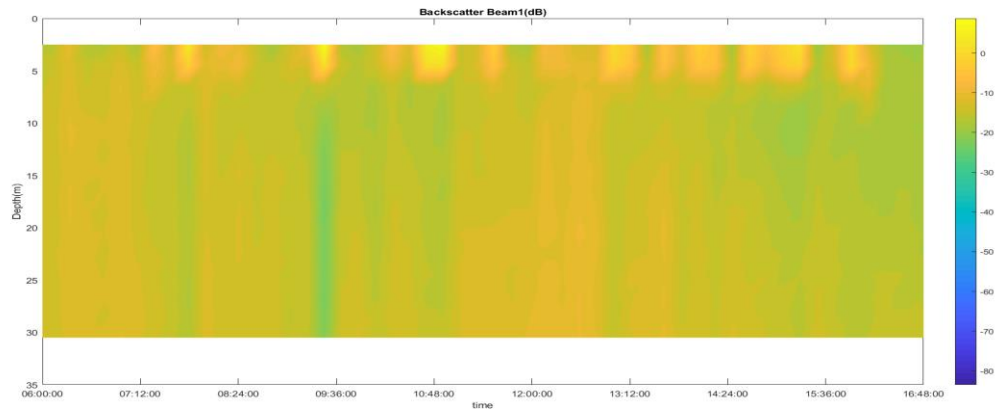
RDI :



RTI 600 :

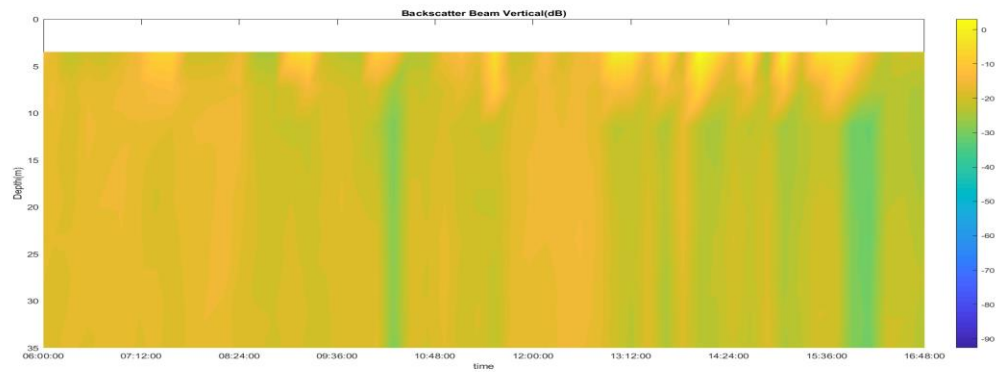


RTI 1200 :



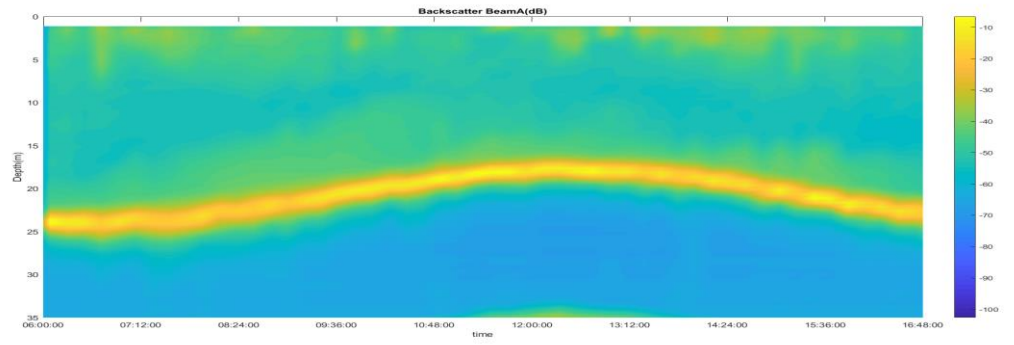
RTI

Vertical :

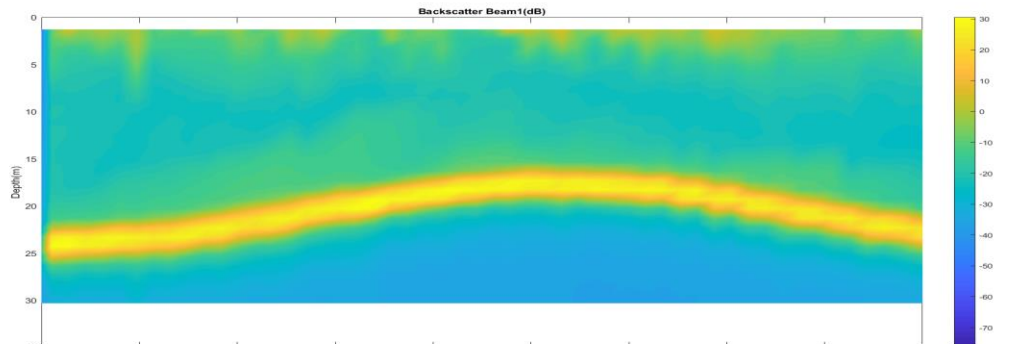


- Station Douarnenez :

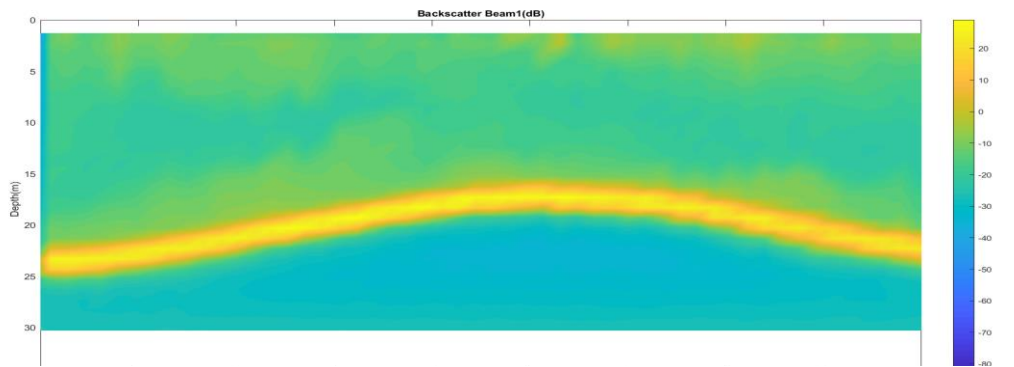
RDI :



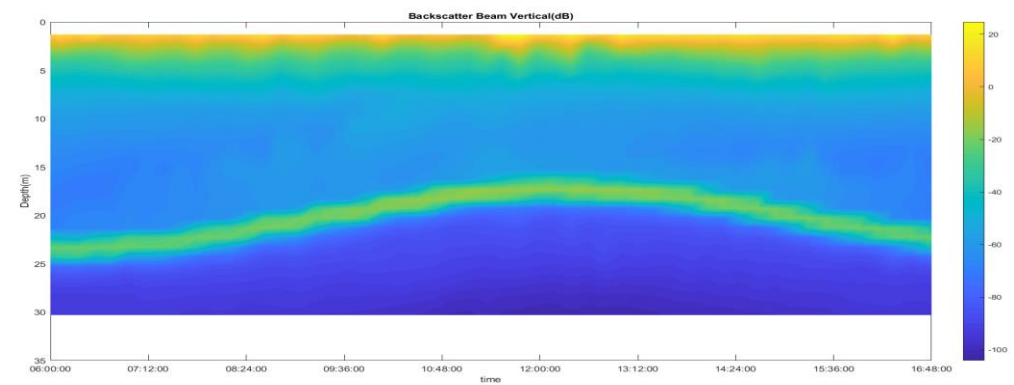
RTI 600 :



RTI1200 :



RTI Vertical :



Concarneau : Le traitement sur le RDI a supprimé tous les échos bruts présents, laissant une colonne d'eau homogène avec un écho reçu de -50 dB en moyenne. Le RDI 600 conserve les échos ponctuels dans la colonne d'eau avec une moyenne à -20 dB. Le RTI 1200 supprime quasiment tous les échos ponctuel de la colonne d'eau, l'écho moyen étant à -20 dB. Le faisceau vertical ne fonctionnant pas son traitement n'est pas concluant, l'écho résultant est homogène, il présente seulement un gradient de la surface vers le fond de -70 à -40 dB.

Grande-Vasière : La colonne d'eau après traitement paraît assez homogène, avec seulement un faible écho en surface visible sur le RDI pouvant être dû à des bulles et quelques particules jusqu'à 15 m de profondeur avec une moyenne à -50 dB. Les RTI 600 et 1200 ont une moyenne à -20 dB. Léger gradient de la surface vers le fond. Le faisceau vertical est homogène avec un gradient donnant des valeurs de -90 dB à la surface jusqu'à -60 dB vers le fond.

Saint-Nazaire (Loire) : Présence de particules dans la colonne d'eau en partant du fond, avec un écho en surface ponctuel avec une moyenne de -40 dB sur le RDI. Echo de surface plus visible sur le RTI 600, mais moins fort dans la colonne d'eau avec une moyenne à -10 dB. Echo moyen plus élevé à 0 sur le RTI 1200. Moyenne à 0 sur le faisceau vertical, quelques échos en surface mais peu visible.

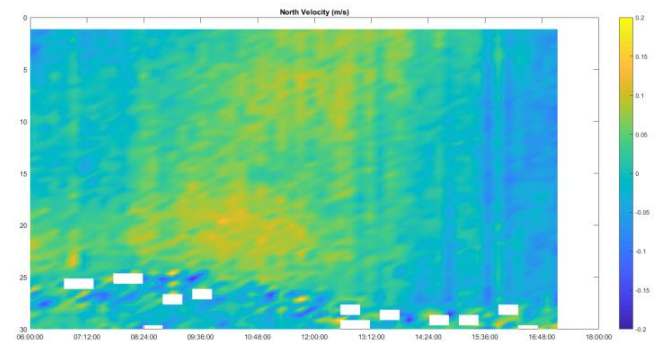
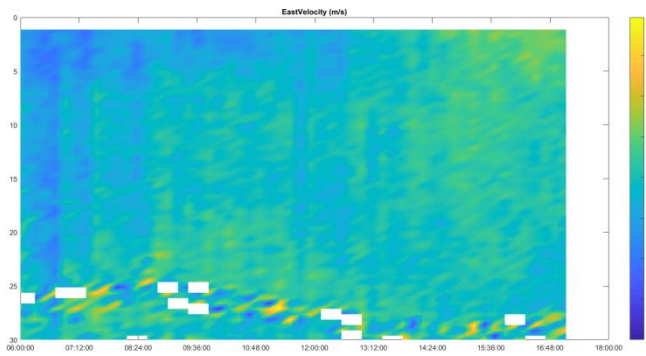
Gino : Echo de surface ponctuel très visible jusqu'à 5m à -30 dB avec à ces endroits un écho moins fort qui se prolonge jusqu'au fond. Entre ces points, l'écho paraît faible et homogène jusqu'au fond. Le comportement des deux instruments est similaire.

Douarnenez : Echo proche de la surface et près du fond, ne semble pas être des bulles car on obtient aussi un écho en profondeur après traitement, avec une valeur moyenne pour le RDI de -40dB. Echo de fond moins visible sur le RTI, moyenne à -10 dB. Contraste moins visible sur le 1200. Le faisceau vertical ne capte quasiment pas les contraste d'écho.

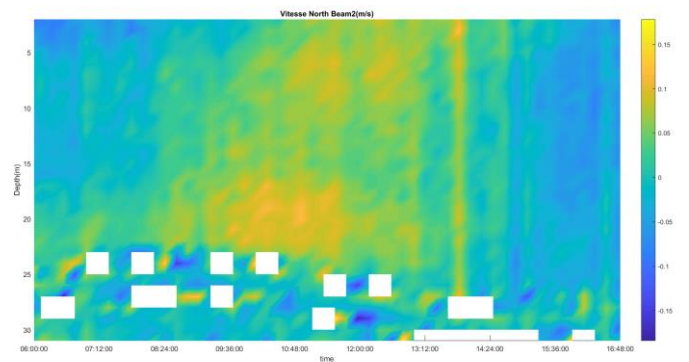
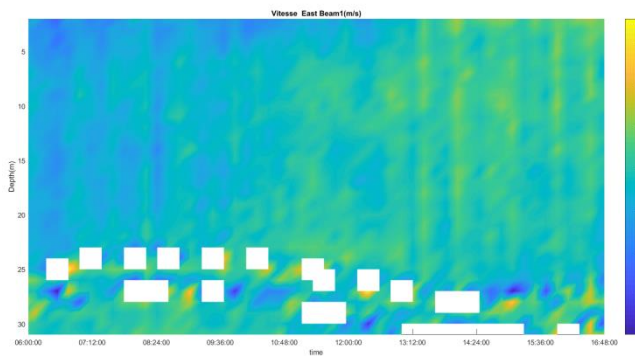
2.4 Comparaison des vitesses des deux ADCP

- Station Concarneau :

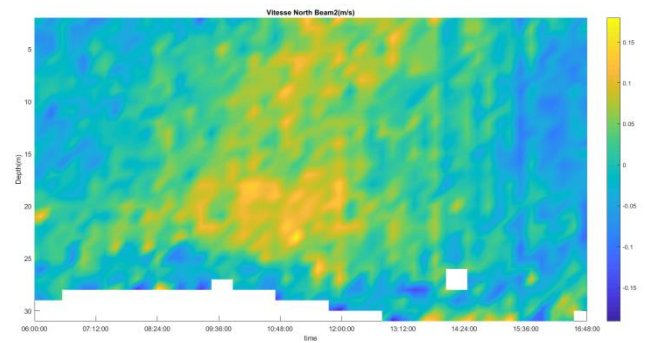
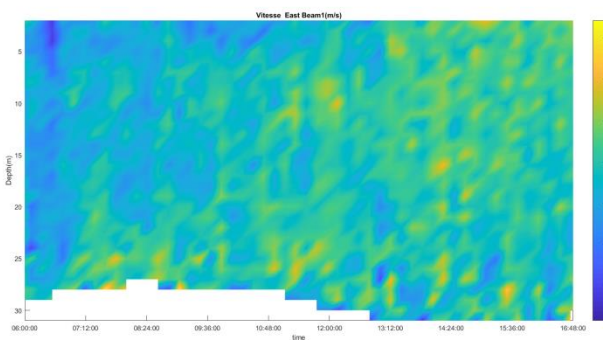
RDI :



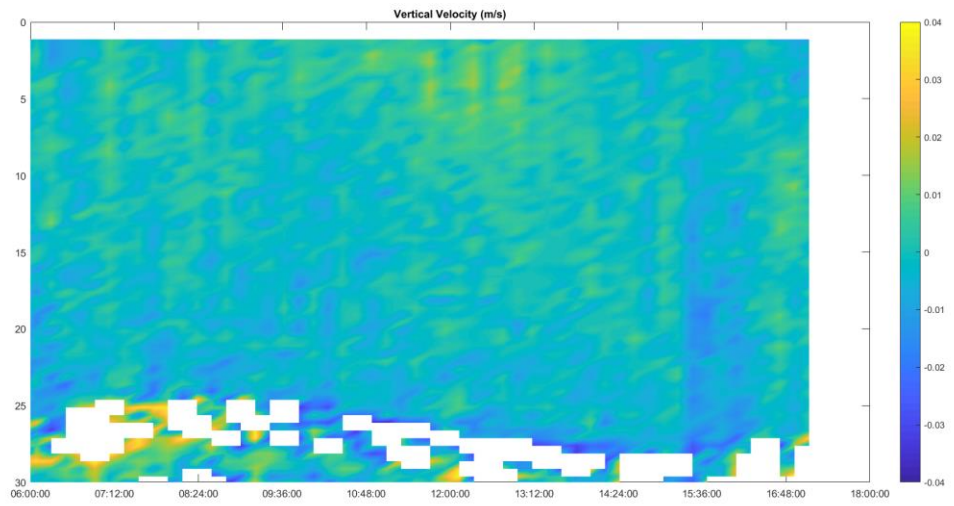
RTI 600 :



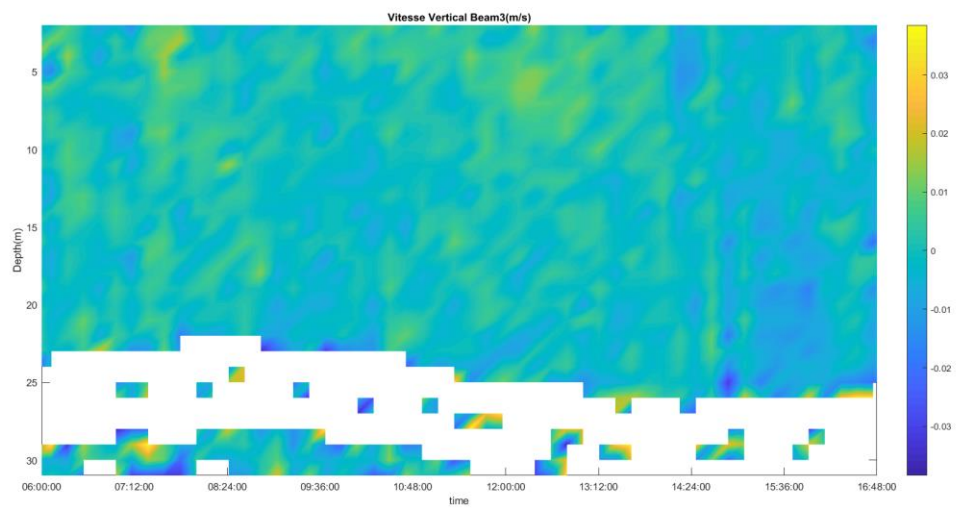
RTI 1200 :



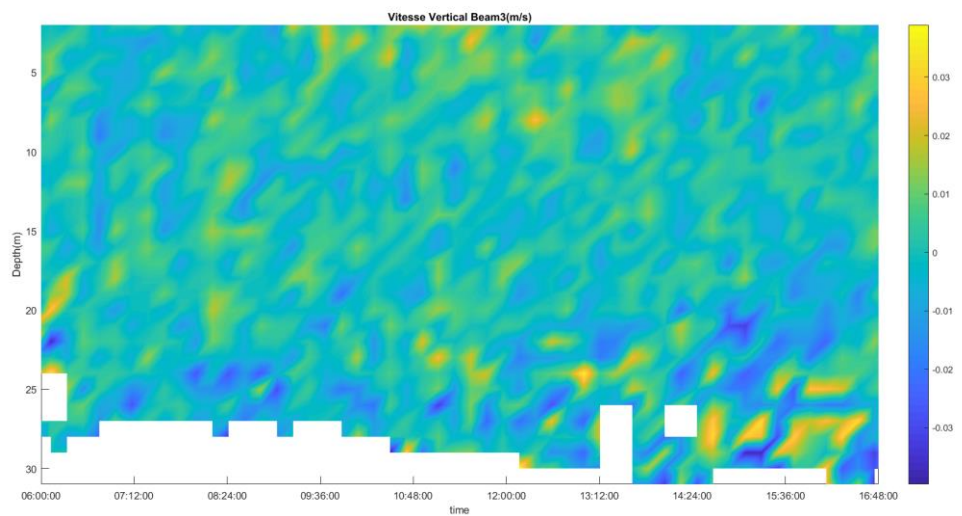
RDI
Vertical :



RTI 600
Vertical :

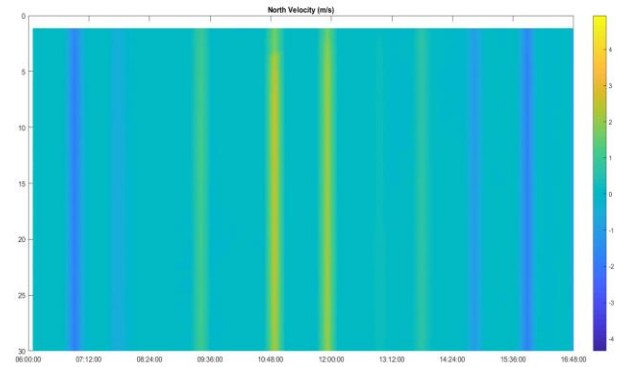
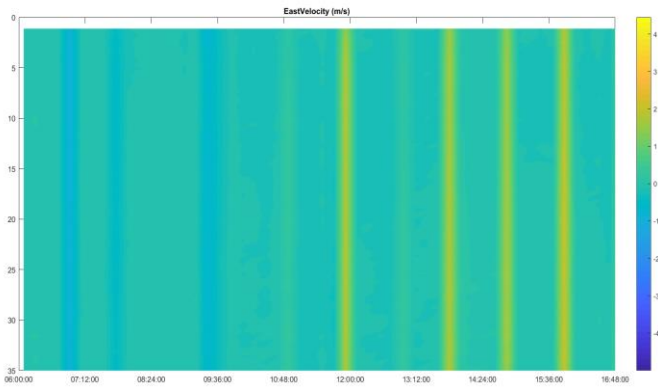


RTI 1200
Vertical :

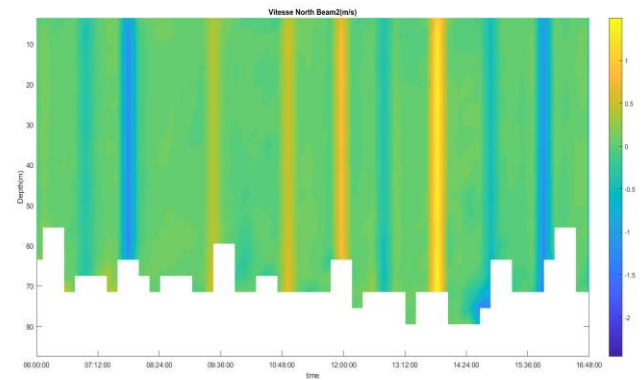
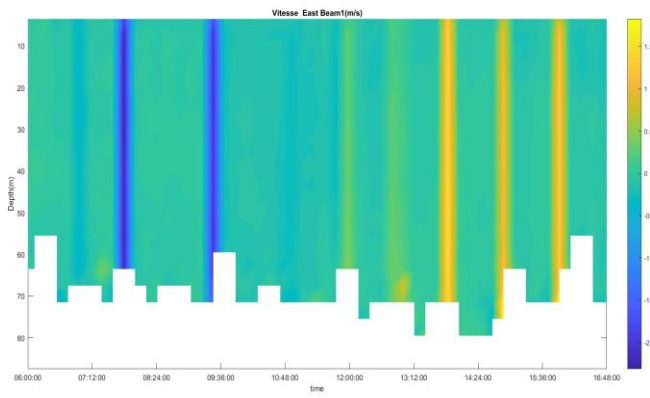


- Station Grande Vasière :

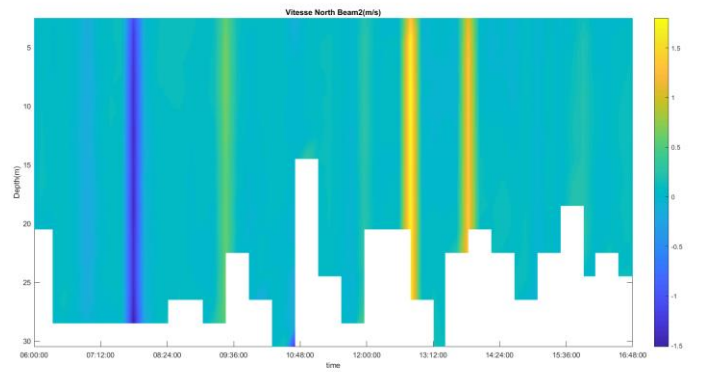
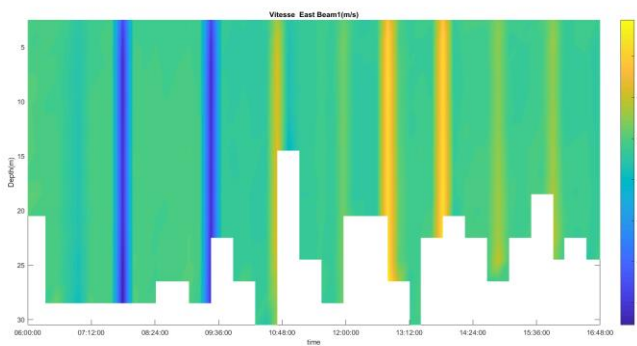
RDI :



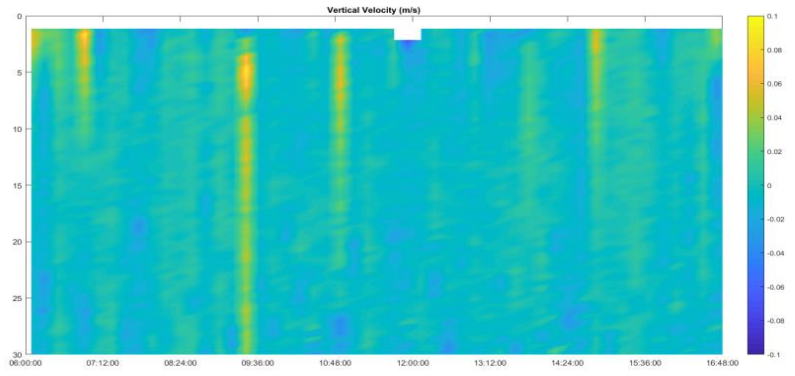
RTI 600 :



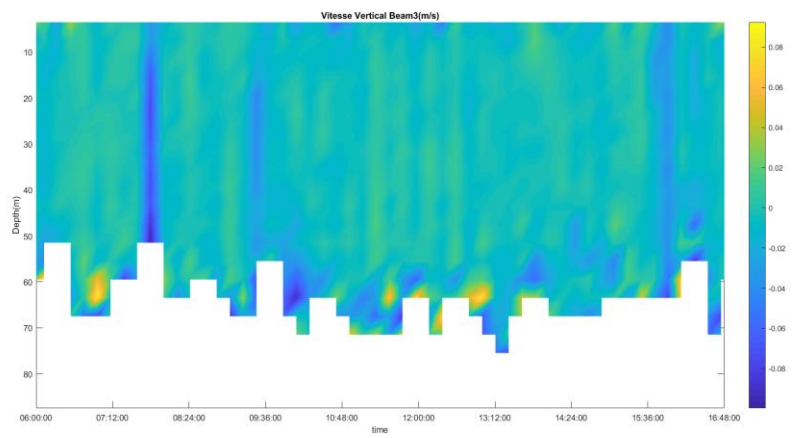
RTI 1200 :



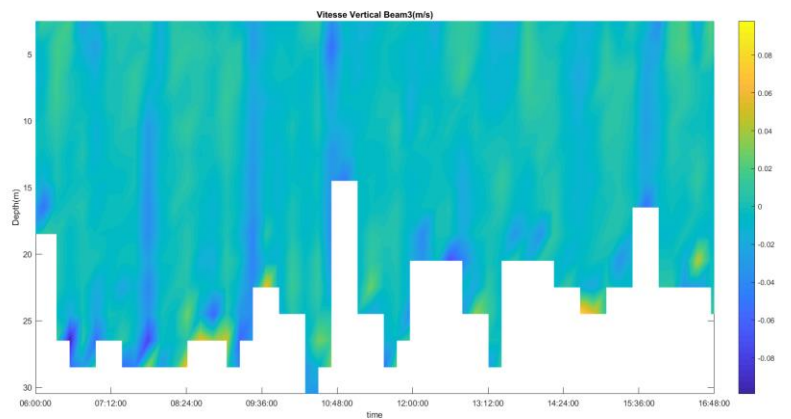
RDI Vertical :



RTI 600 Vertical :

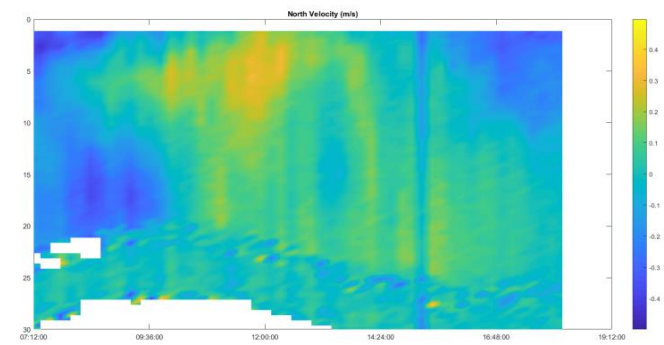
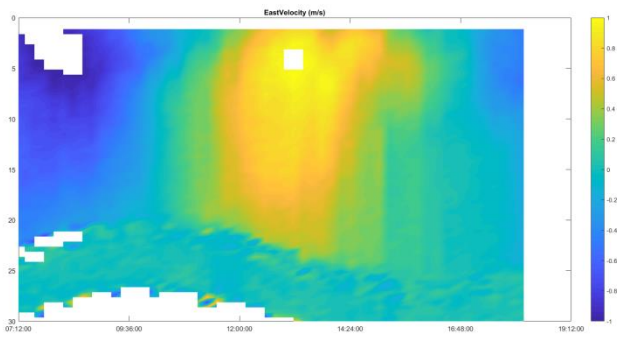


RTI 1200 Vertical :

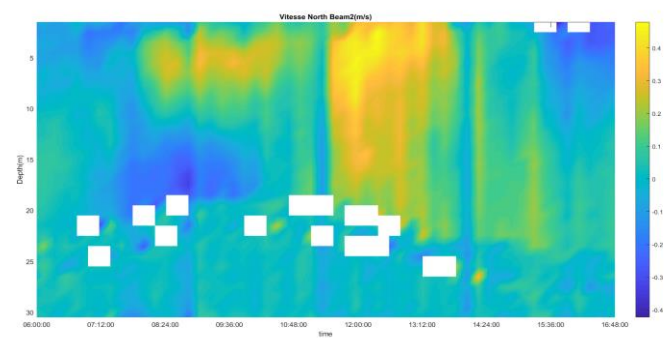
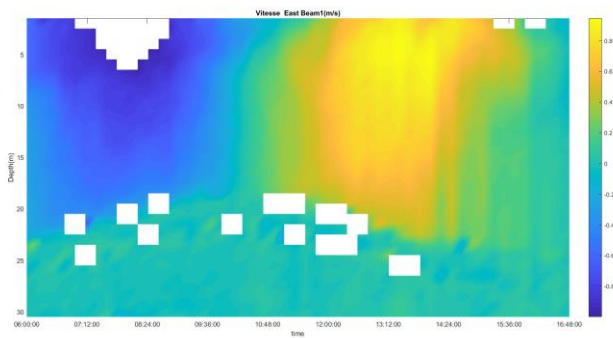


- Station Saint-Nazaire (Loire) :

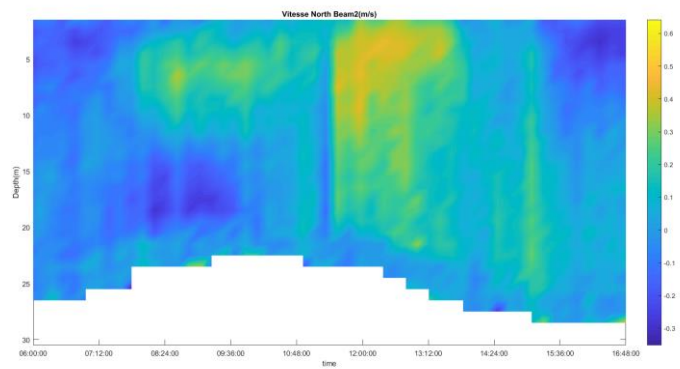
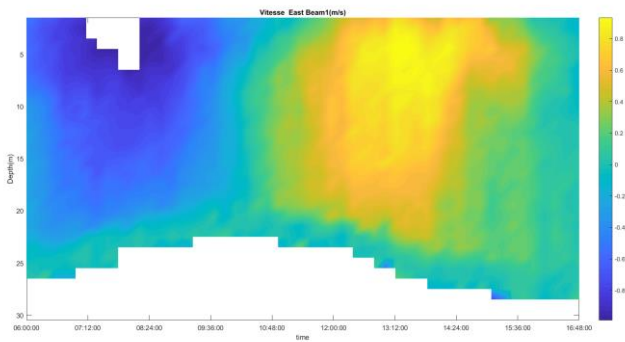
RDI :



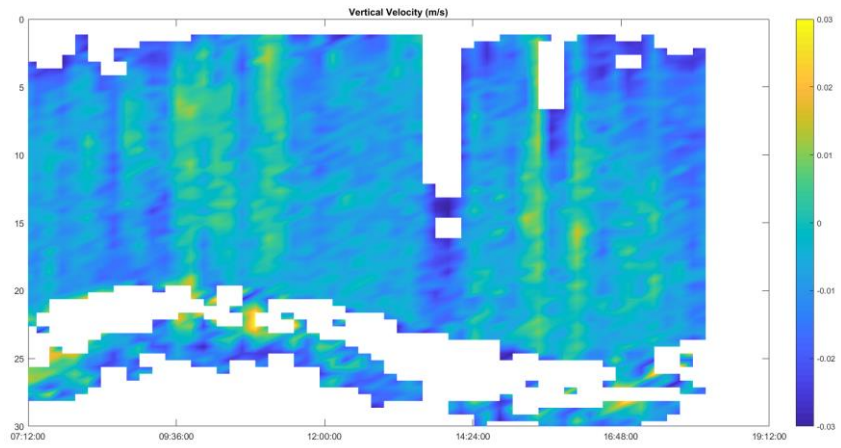
RTI 600 :



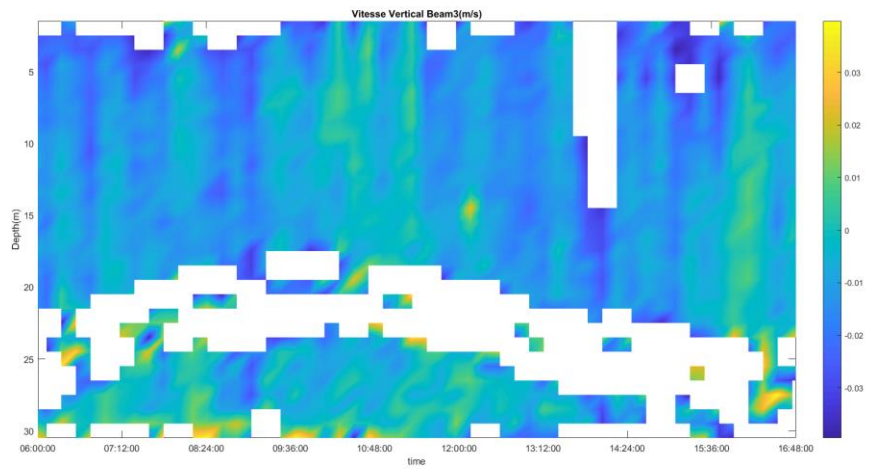
RTI 1200 :



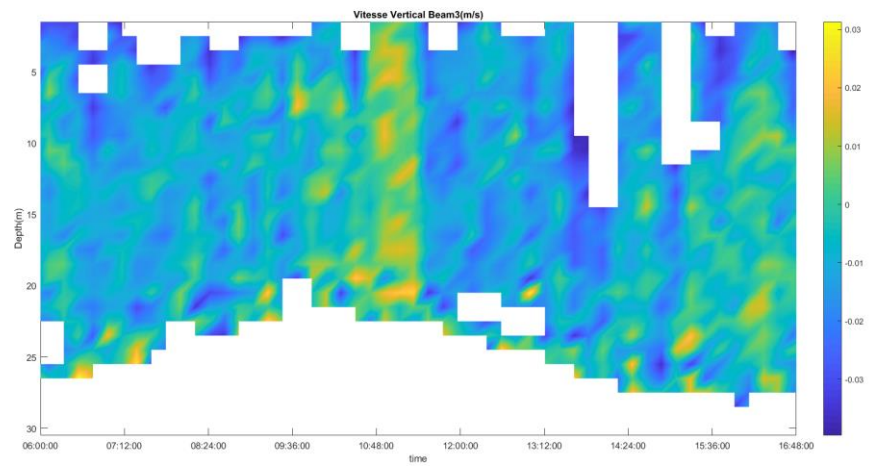
RDI Vertical :



RTI 600 Vertical :

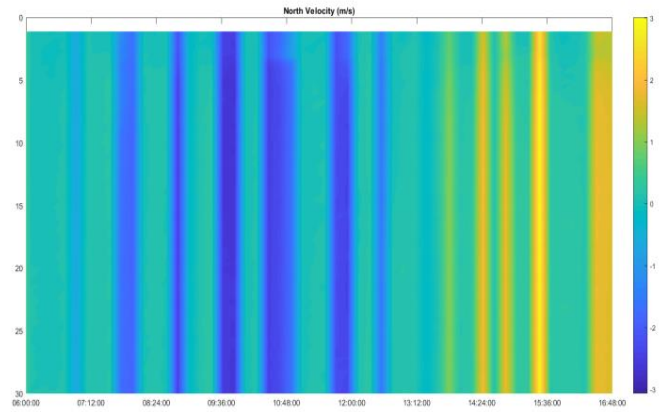
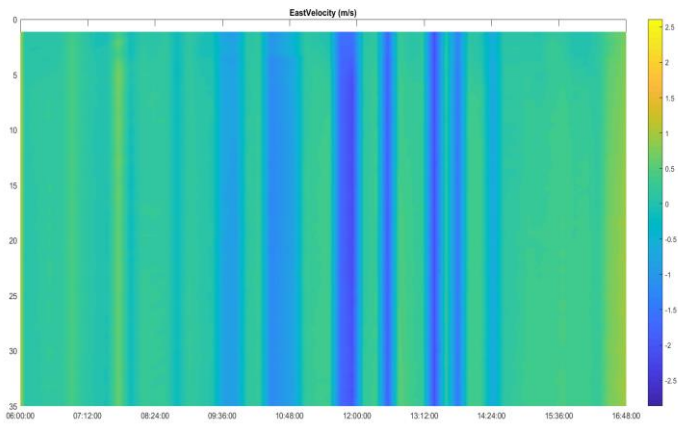


RTI 1200 Vertical :

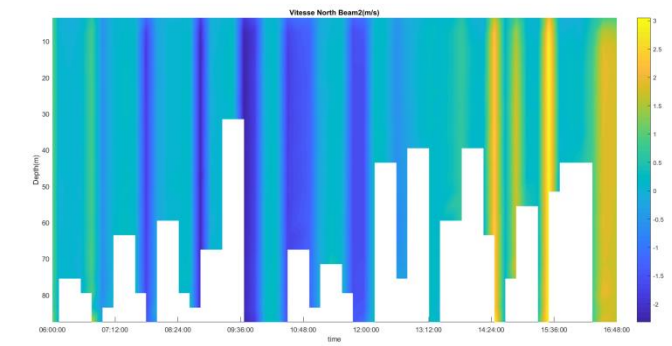
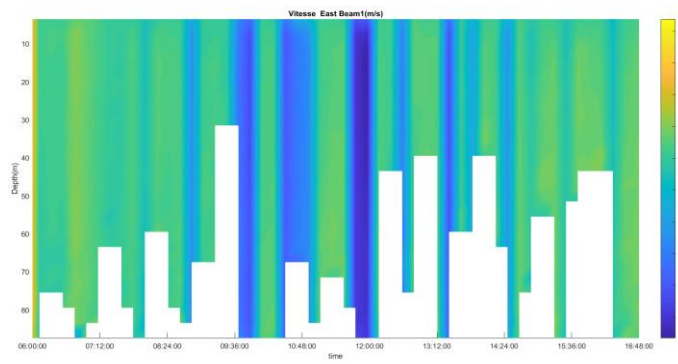


- Station Gino :

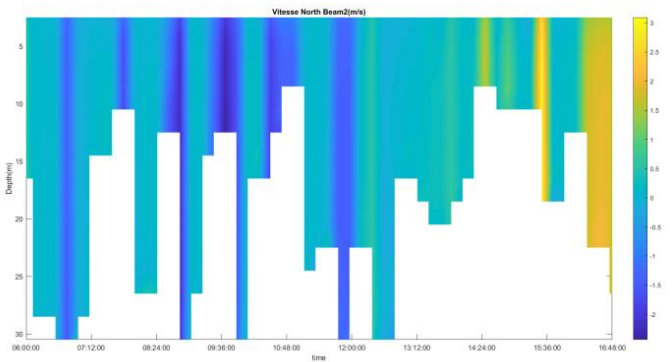
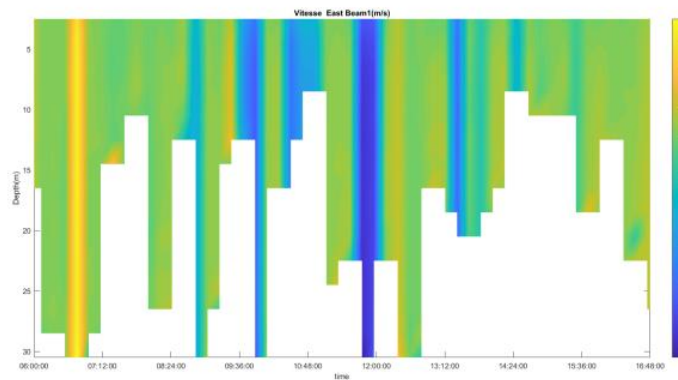
RDI :



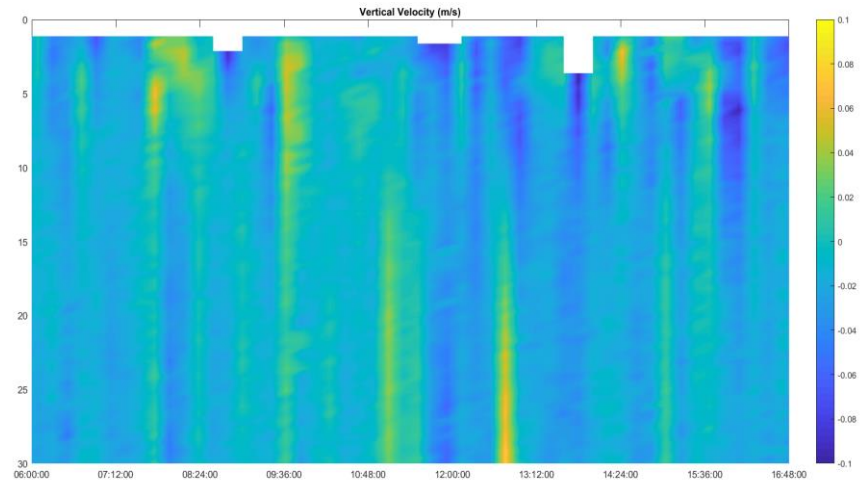
RTI 600 :



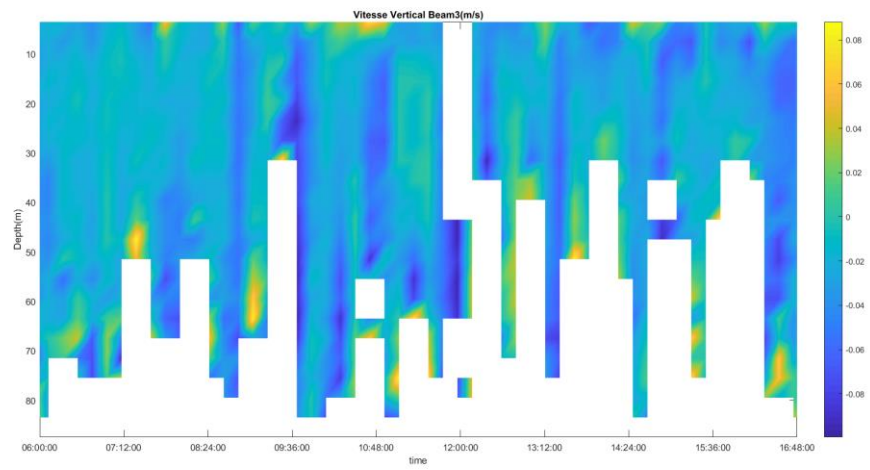
RTI 1200 :



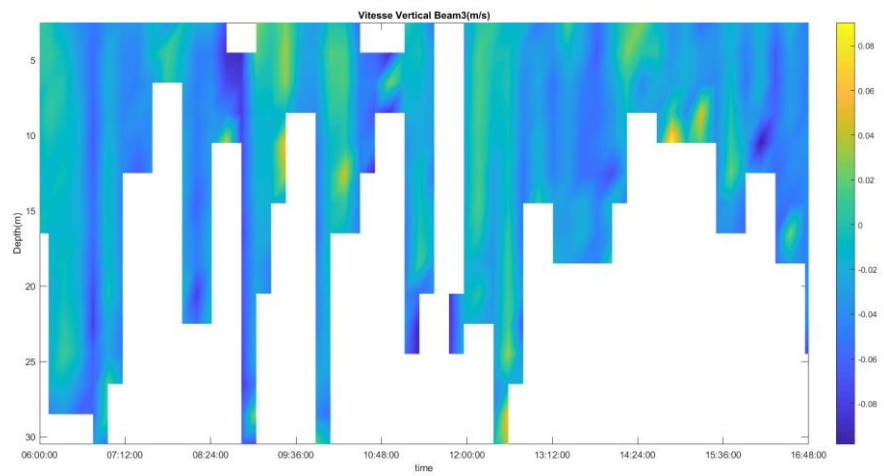
RDI Vertical :



RTI 600 Vertical :

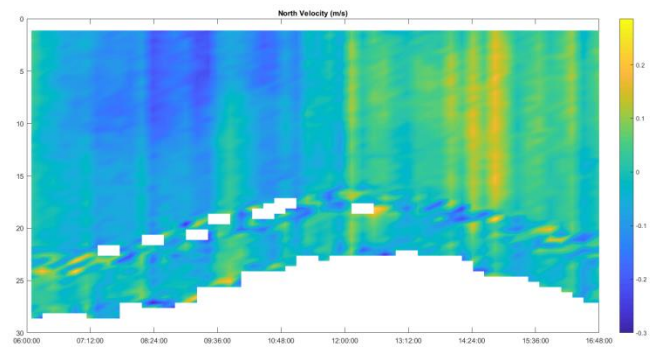
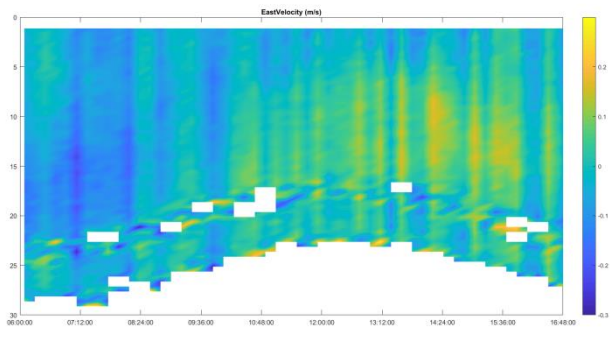


RTI 1200
Vertical :

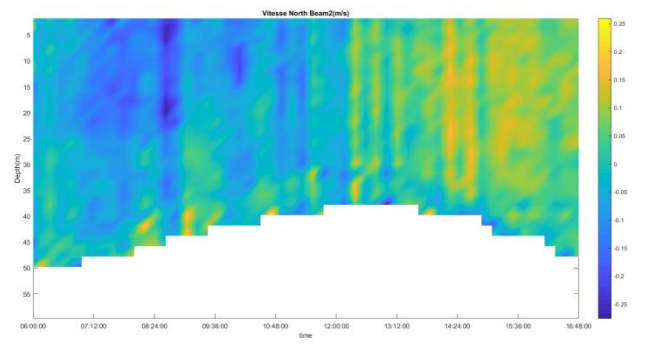
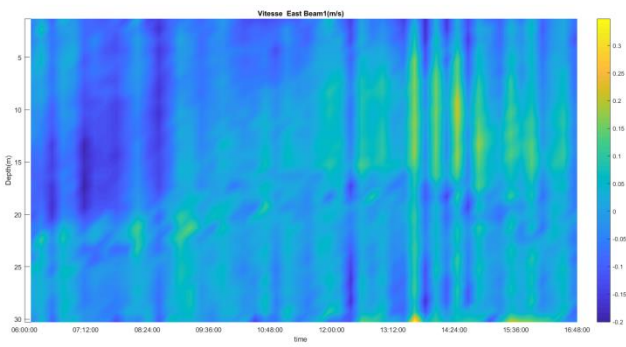


- Station Douarnenez :

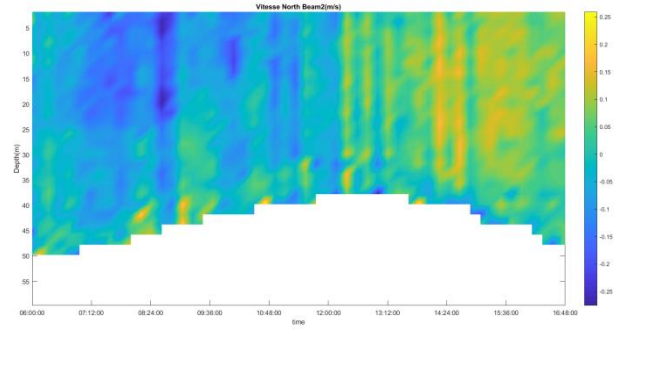
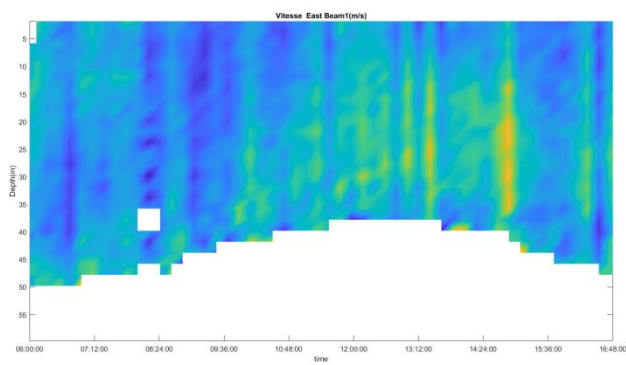
RDI :



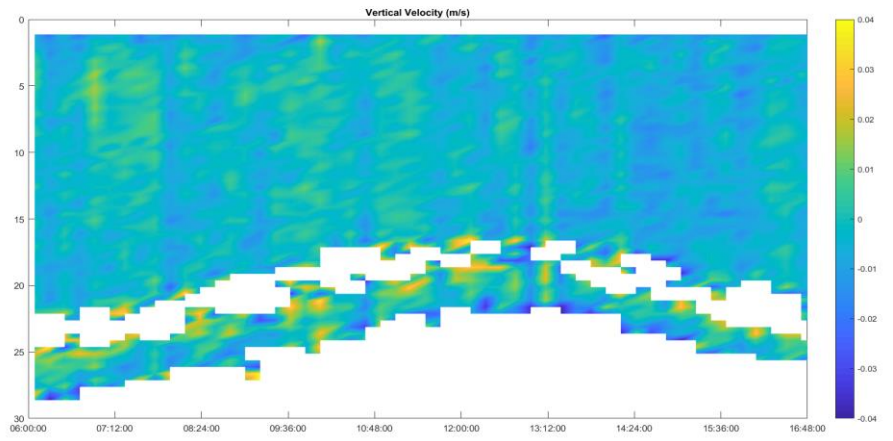
RTI 600 :



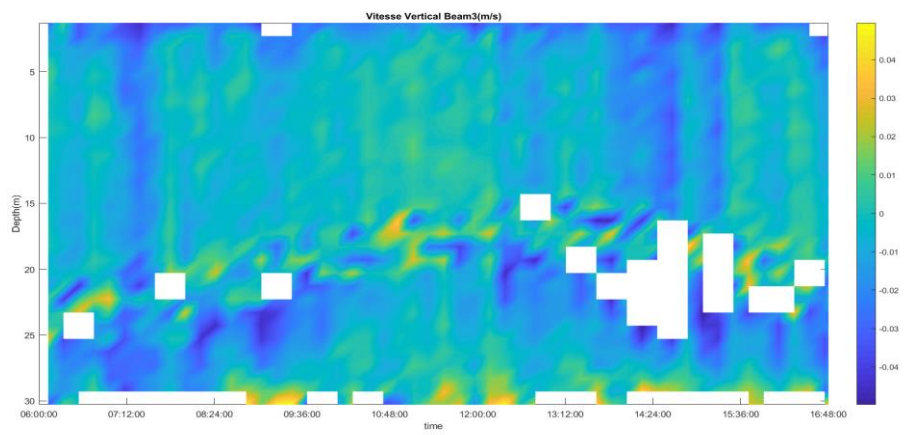
RTI 1200 :



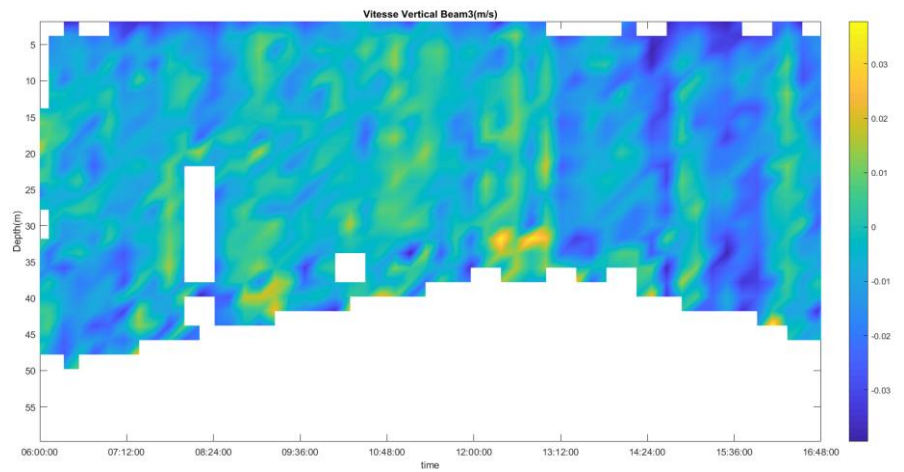
RDI Vertical :



RTI 600 Vertical :



RTI 1200 Vertical :



Concarneau :

Les vitesses de tous les sous-systèmes sont comprises entre -0,2 et 0,2 m/s. La composante nord est plus importante avec 0,15m/s entre 9h et 12h sur toute la colonne d'eau, il peut s'agir d'un courant de marée. Le courant Est moyen est de 0,05 m/s. Présence de quelques valeurs extrêmes qui ont été supprimées sur le RDI et le RTI 600. Le RTI 1200 permet d'avoir une meilleure précision des vitesses des courants dans la colonne d'eau, les courants les plus forts sont barotropes et se produisent entre 10h et 12h. Les vitesses verticales ne permettent pas de distinguer un courant spécifique, la vitesse moyenne étant à 0,015m/s aussi bien sur le RDI que le RTI.

Grande Vasière :

Station grand fond. Pas de vitesses exploitables

Saint-Nazaire (Loire) :

Fort courant Est de plus d'1 m/s sur le RDI présent, sans doute à mi- marée montante, soit entre 12h et 14h30 visible sur chaque allant jusqu'à 0,8 m/s. La composante Nord affiche des courants à 0,4m/s au maximum entre 10h et 13h, plus fort en surface entre 8h30 et 11h. Ils sont surtout visibles sur le RTI. Des courants de marée potentiels sont présents de 12h à 14h allant jusqu'à 0,4 m/s sur le RTI. Concernant les vitesses verticales, peu de vitesses remarquables, seulement un courant barotrope visible sur le RTI 1200 à 0,03m/s entre 10h30 et 11h30.

Gino :

Station grand fond. Pas de vitesses exploitables.

Douarnenez :

Une composante Est est seulement visible sur le RDI et un peu sur le RTI 1200, avec des vitesses allant jusqu'à 0,3 m/s sur la deuxième moitié de la station. Le courant principal et barotrope est présent sur la composante Nord, aussi sur la deuxième moitié de la station allant jusqu'à 0,3 m/s. Le faisceau vertical ne permet pas d'afficher des vitesses caractéristiques.

PARTIE 3 : CONVERSION DU BACKSCATTER EN TAILLE DE PARTICULES

3.1 Etapes de conversions

Ces conversions ont été appliquées uniquement pour les stations dites petits fonds, ne comprenant donc pas les stations Gino et Grande-Vasière. L'étalonnage de l'ADCP n'a pas été effectué pour cette station néanmoins il est possible de l'inclure dans les calculs.

Différence de backscatter des deux fréquences :

$$D = BS1200 - BS600$$

(Etalonnage du capteur : calculé en fonction du dB représentant 99% des données

$$D = D + \text{percentile}(99)$$

Coefficients nécessaires :

$$\lambda_1 = \frac{v(\text{d'une onde sonore dans l'eau})}{f(\text{Hz})} = \frac{1500}{1200 \times 10^3}$$

$$\lambda_2 = \frac{1500}{600 \times 10^3}$$

$$P_2 = 4.0 \times \pi \times \pi;$$

$$k_1 = \frac{\lambda_1 \times \lambda_1}{P_2}$$

$$k_2 = \frac{\lambda_2 \times \lambda_2}{P_2}$$

$$Lim = 20.0 \times \log_{10}\left(\frac{k_2}{k_1}\right);$$

Coefficient beta:

$$D = 10^{\left(\frac{D}{20.0}\right)}$$

$$\beta = \frac{k_2 - D_1 * k_1}{D_1 - 1}$$

Facteur equivalent :

$$Eq = \frac{1.0}{\sqrt{2}}$$

Rayon equivalent en mm :

$$ae_2 = \beta \times Eq$$

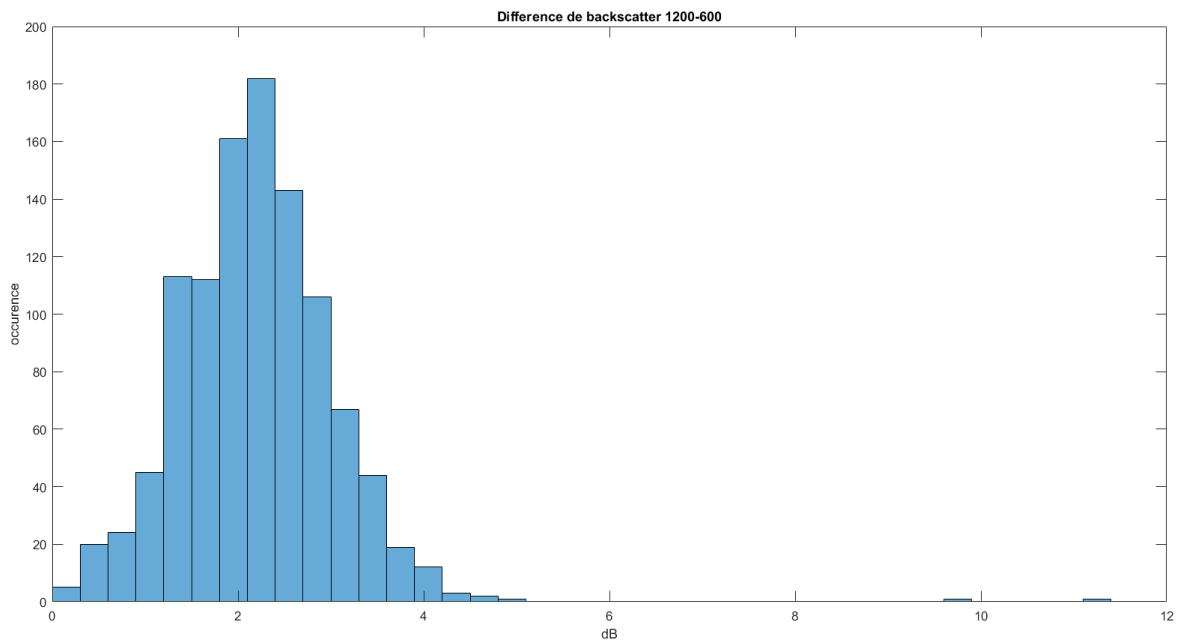
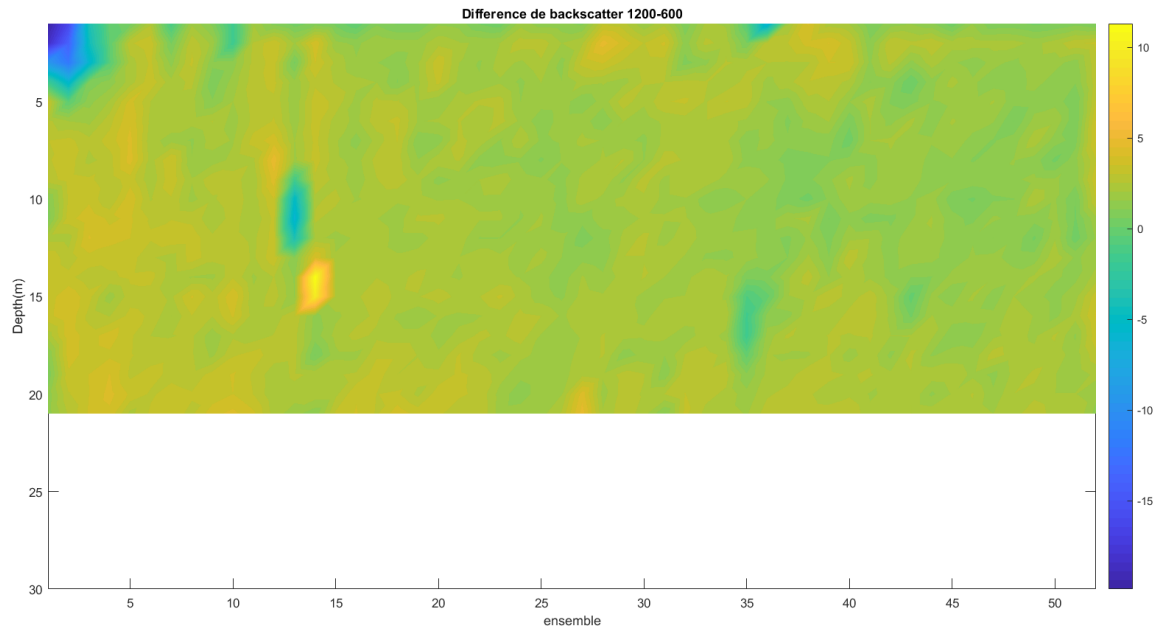
$$ae = \sqrt{ae_2} \times 10^3$$

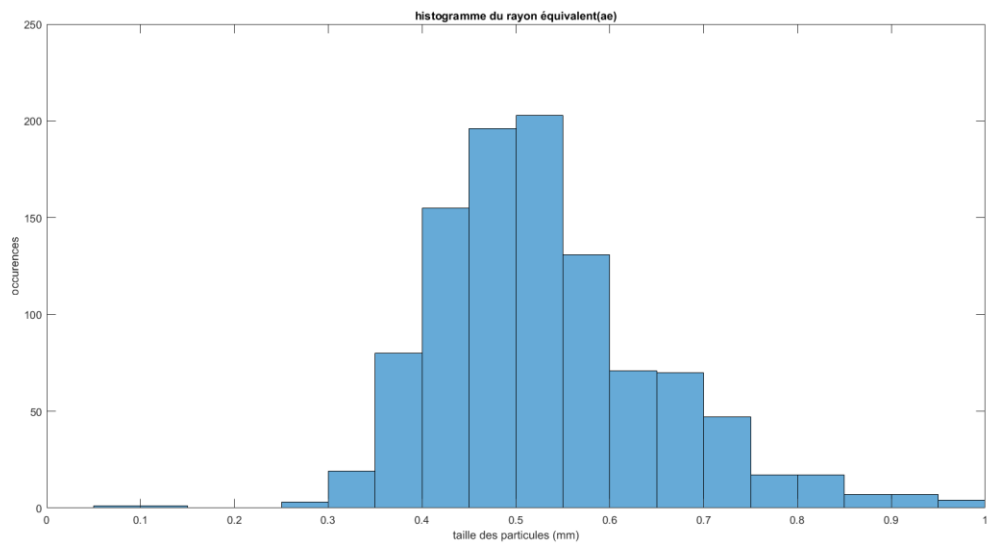
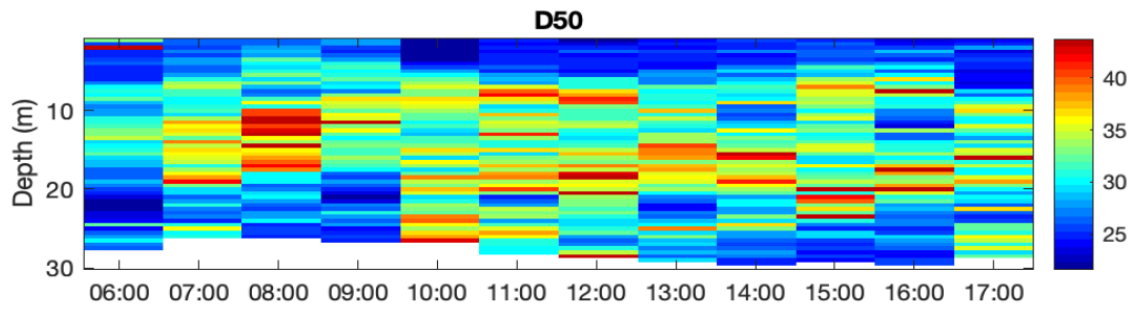
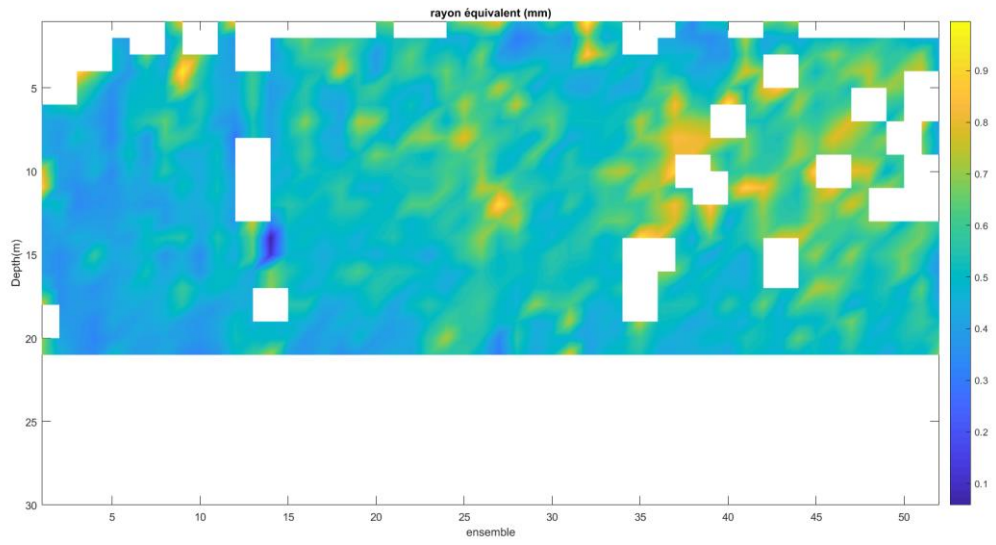
3.2 Représentation des conversions

Sont représentés ci-dessous quatre figures pour chaque station :

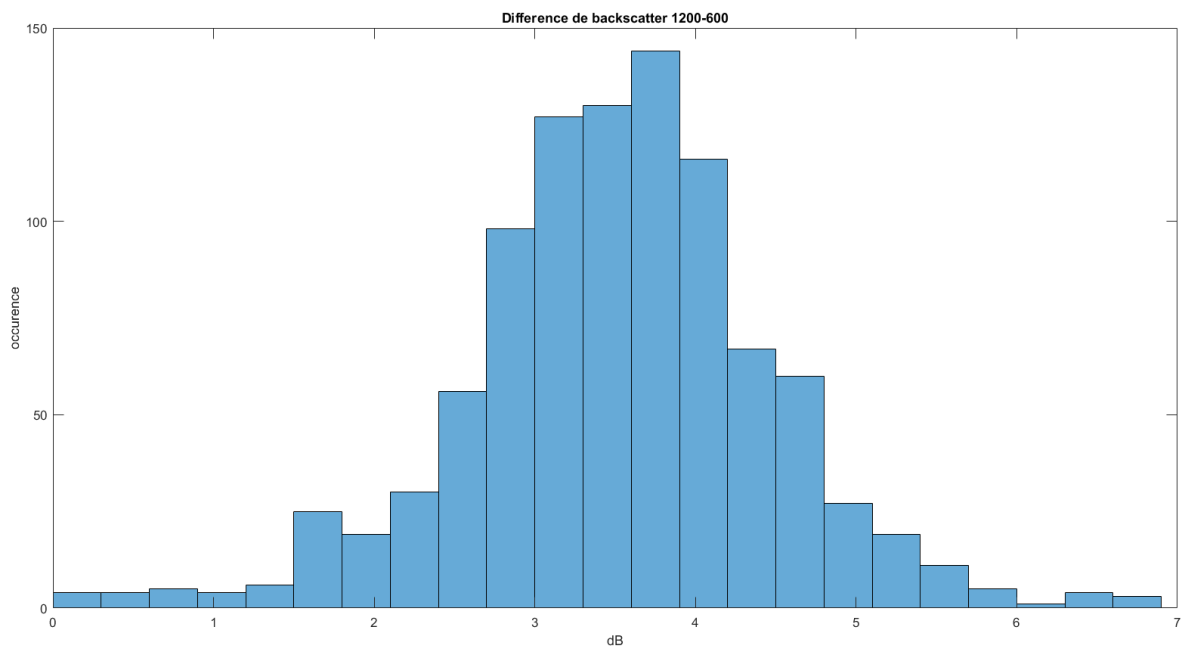
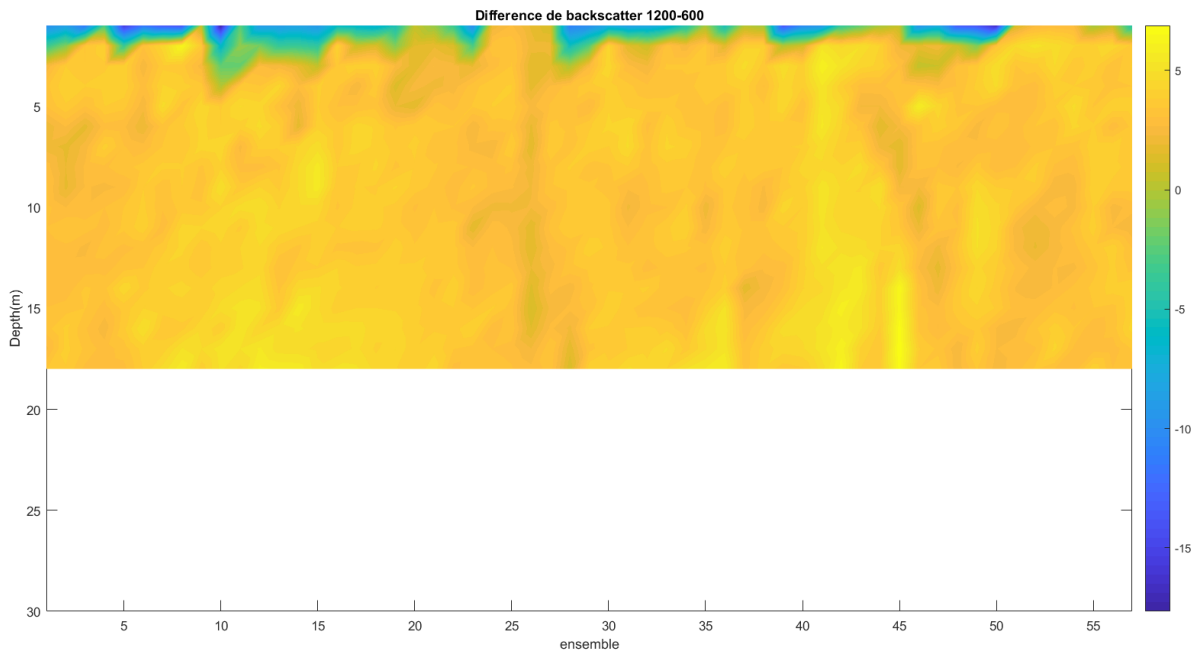
- la section D, soit la différence de backscatter 1200-600 en dB
- l'histogramme de cette différence représentée entre 0 et 12, 0 désignant une taille de particule infiniment grande et 12 désignant des particules infiniment petites.
- la section du logarithme du rayon équivalent (a_e) des particules dans la colonne d'eau en mm
- la section du D50 du LISST en μm (données Ifremer)
- l'histogramme de ce rayon équivalent (a_e) donnant la répartition des tailles de particules en mm

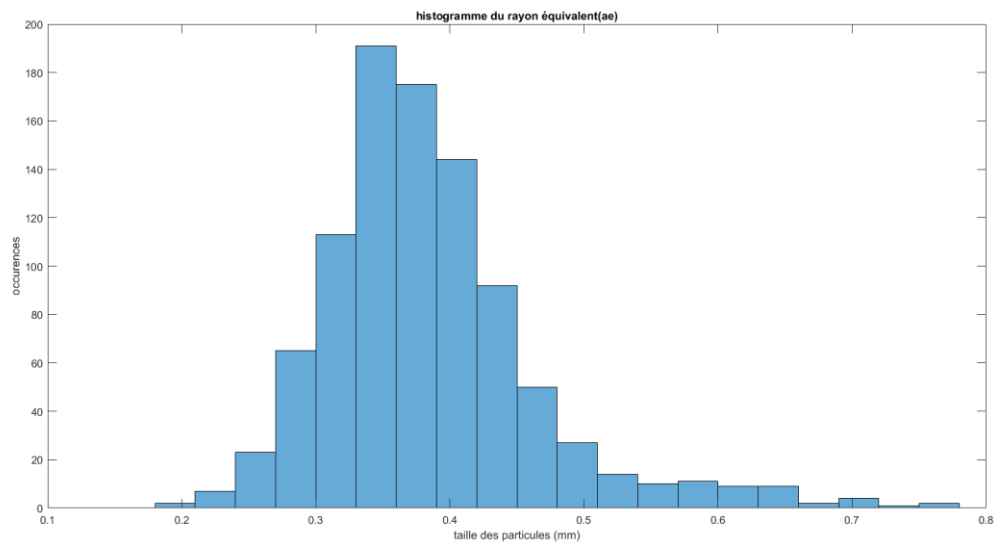
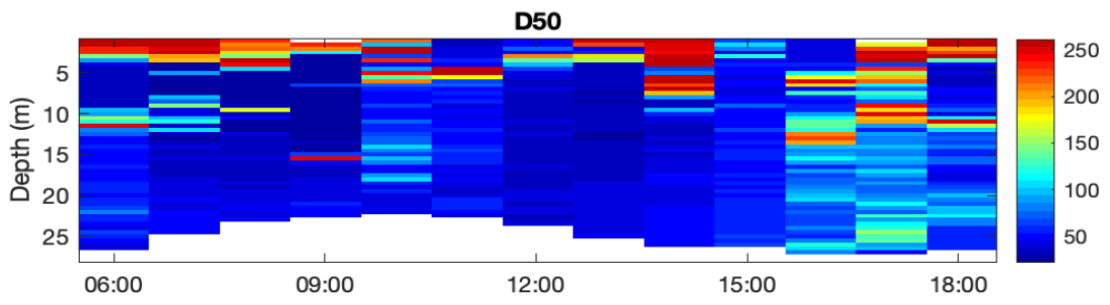
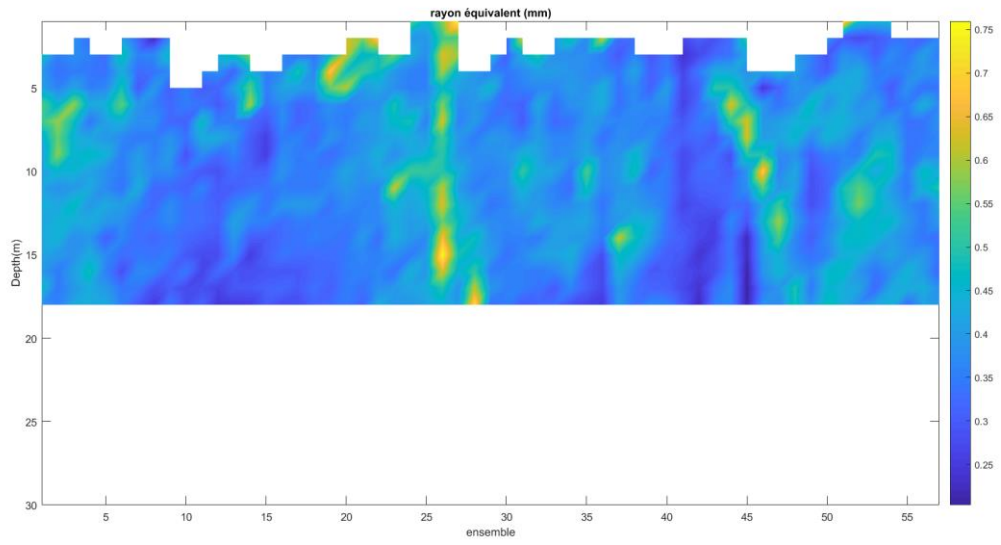
- Station Concarneau :



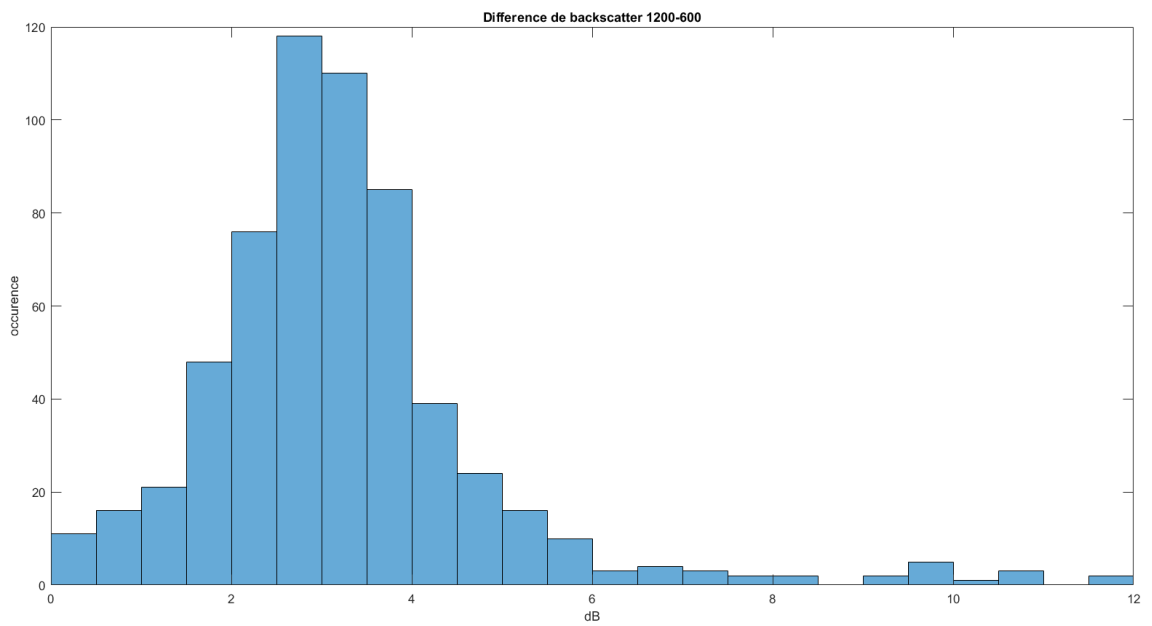
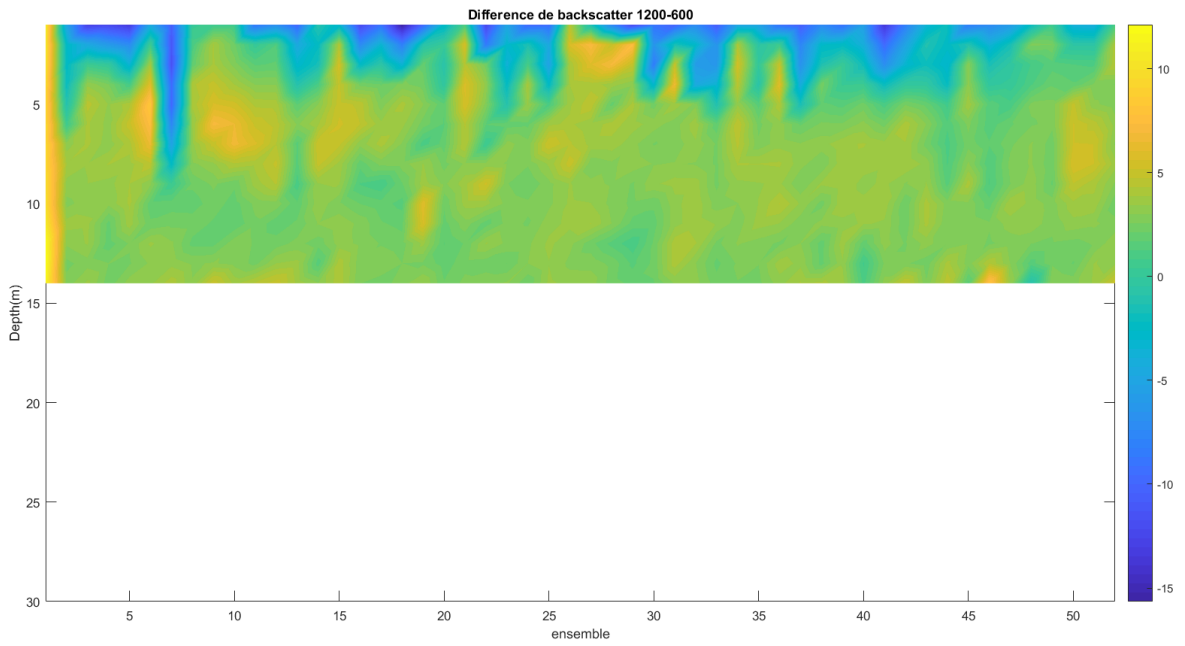


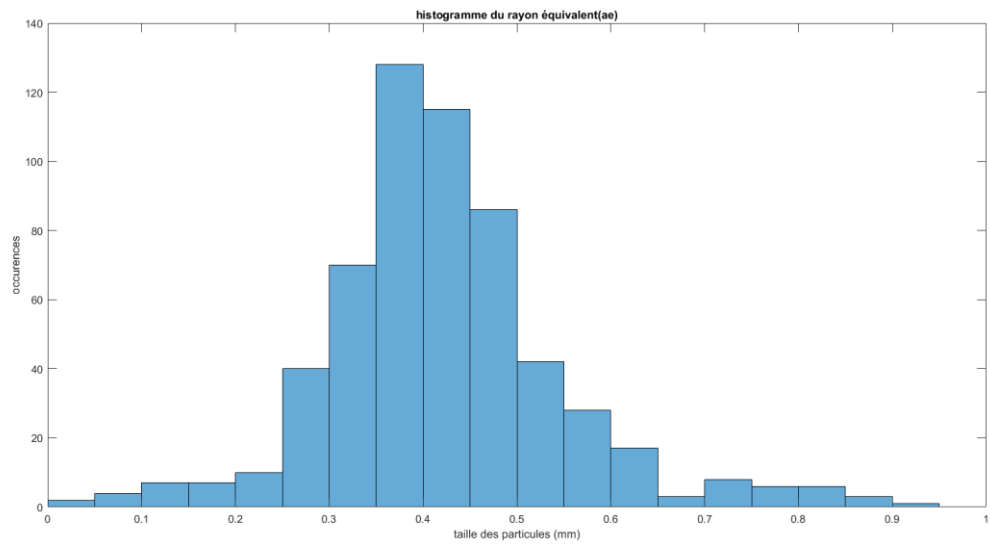
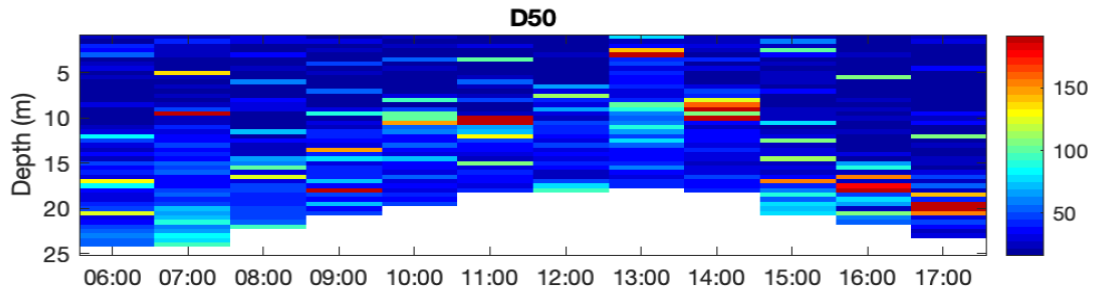
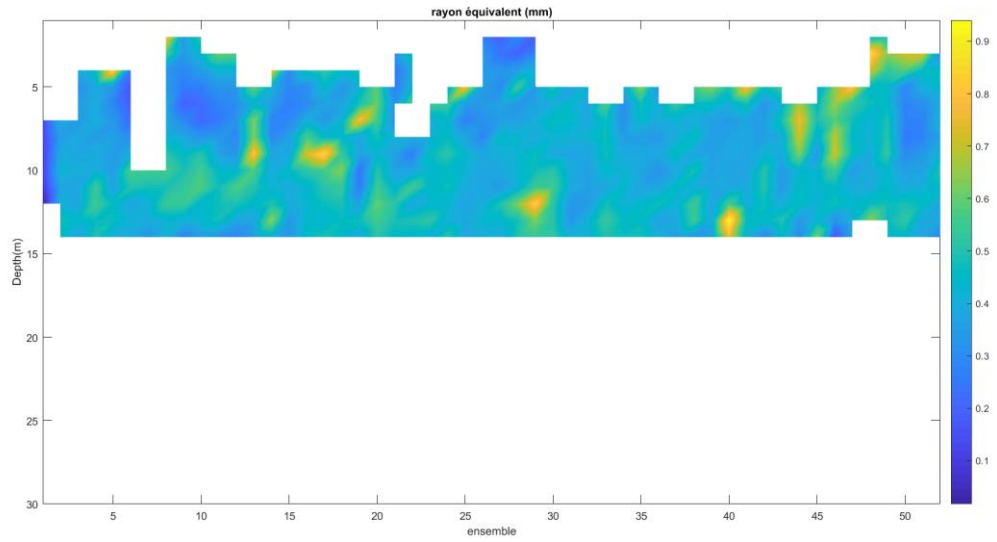
- Station Saint- Nazaire (Loire) :





- Station Douarnenez :





Concarneau :

Une différence de backscatter moyenne de 2 dB est présente, avec une différence max de 15 dB au tout début du déploiement en surface. L'histogramme de cette différence est centré sur 2 dB indiquant une taille de particule assez importante.

Le rayon équivalent est représenté en mm, il nous permet de distinguer des particules réparties de façon plutôt hétérogène dans la colonne d'eau, avec des particules plus grosses vers la fin des ensembles. Leur taille s'échelonne entre 0.9 et 0.1 mm avec une moyenne à 0.5 mm. Il s'agit de la station où l'on retrouve les particules les plus grosses.

Loire :

La différence de backscatter observable est en moyenne autour de 4 dB avec une différence max à -15 dB en surface. L'histogramme de la différence indique une taille de particule plutôt grosse. Cette station semble présenter des particules plus petites, avec un maximum à 0.75 et un minimum à 0.25 mm une moyenne autour de 0.37 mm. Cette station comporte donc les particules les plus fines.

Douarnenez :

La différence de backscatter observable est en moyenne à 3 dB avec des valeurs toujours plus importantes en surface jusqu'à 15dB. On est donc aussi ici sur une taille de particule relativement grande soit entre 0.9 mm et 0.1 mm, le rayon équivalent se situant en moyenne autour de 0.4 mm.

Après comparaison avec le D50 du LISST on ne peut pas ressortir de similitudes entre ces deux instruments, ce qui pourrait s'expliquer par la capacité à distinguer une certaine taille de particule qui est différente pour ces instruments. La comparaison avec un instrument possédant la même capacité d'insonification pourrait confirmer ou non les figures présentées ci-dessus.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Points positifs :

- Les données sont exploitables pour toutes les stations et en comparant avec les données provenant du RDI workhorse , cela permet de voir que les capteurs d'attitudes sont similaires sur les deux instruments. L'écho est aussi similaire ce qui permet de travailler sur le bi-fréquence grâce à un seul instrument ce qui réduit les sources d'erreur potentiels pour trouver les tailles des particules présentes dans la colonne d'eau.
- Les différents faisceaux du RTI affichent des résultats très proches et l'écho du RTI permet de distinguer des réflecteurs ponctuels dans la colonne d'eau qui ne sont pas visible sur le RDI. (station Concarneau).
- Les conversions en taille de particules permettent d'identifier une tendance, avec des particules d'une taille normalement en adéquation avec le potentiel d'insonification de l'instrument. (soit autour de 10^{-3} mm au minimum)

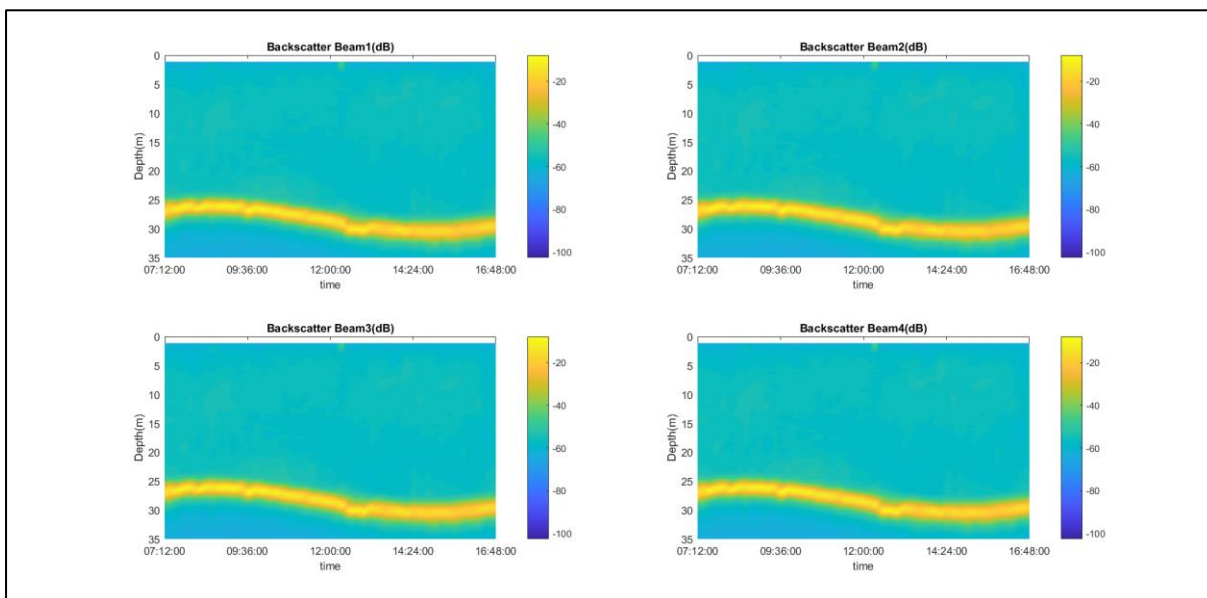
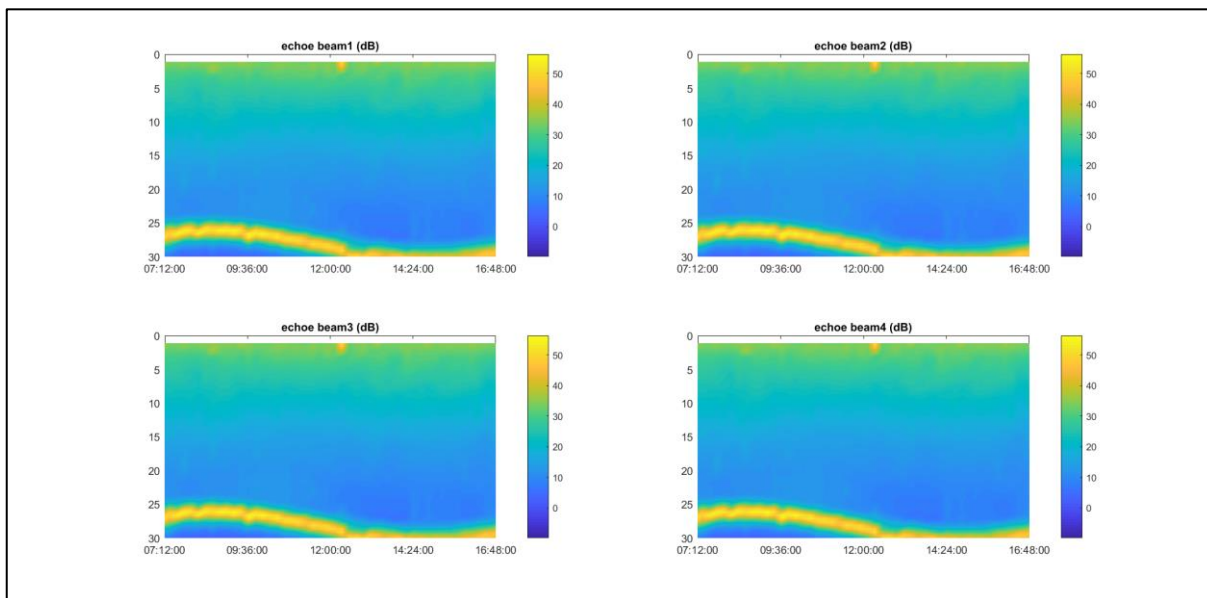
Remarques :

- Les vitesses pour les stations grands fonds ne reflètent pas les vitesses en profondeur car l'onde n'est pas réfléchi sur le fond, de plus le bottom track n'étant pas activé même pour les stations petits fond, on n'a donc que des vitesses de dérives du radeau, ces vitesses sont similaires sur le RDI et le RTI.
- Un écart d'intensité d'une 30^{ème} de dB est présent entre le RDI et le RTI
- Il serait nécessaire de connaître l'étalonnage de l'ADCP afin de convertir l'écho en tailles de particules car une variation minime de dB affecte énormément la taille des particules calculée. Aussi il existe un rayon minimal au-delà duquel l'ADCP ne peut pas percevoir une particule (de l'ordre de 1 μ m)

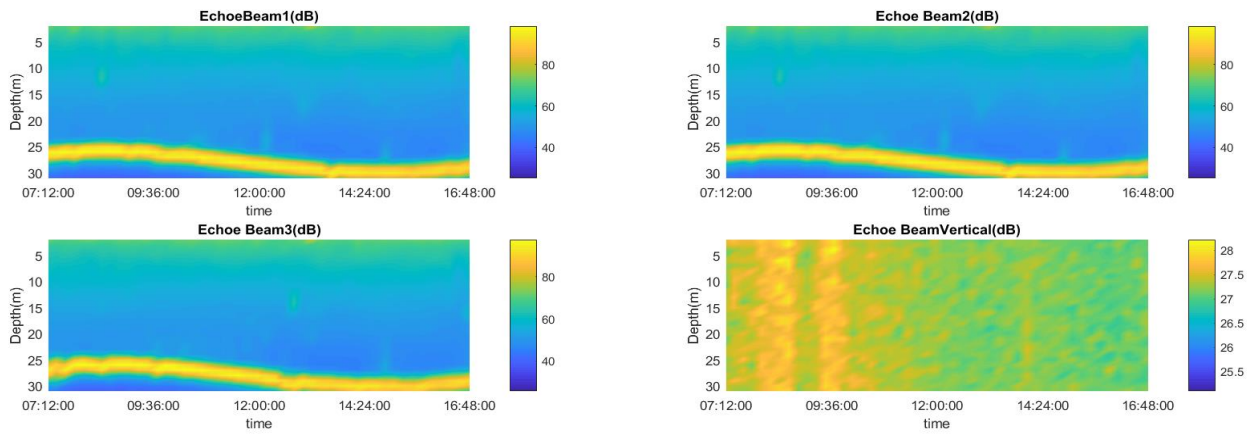
ANNEXE 1 – PROFILS COMPLEMENTAIRES

Station Concarneau :

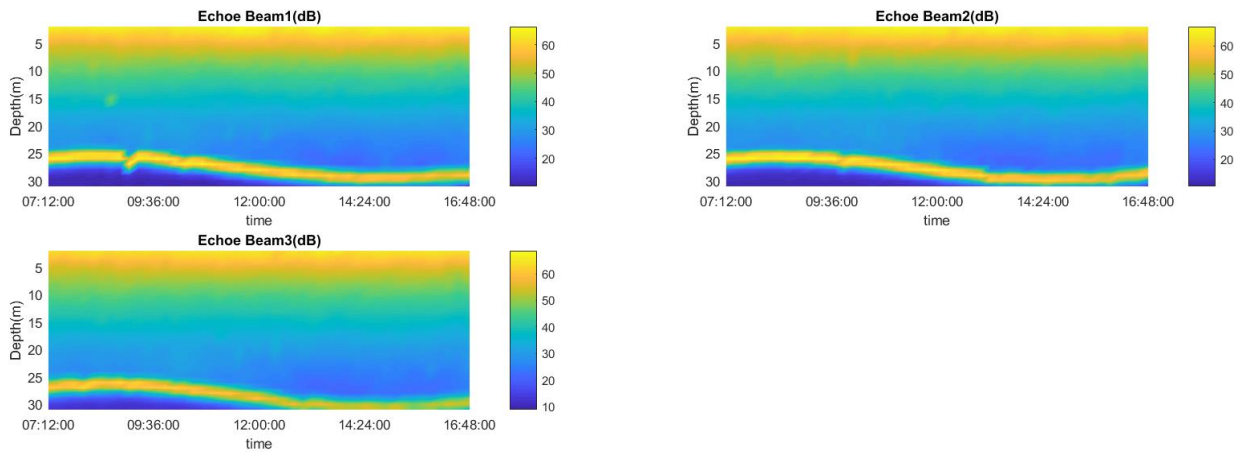
Echo/ Backscatter RDI :



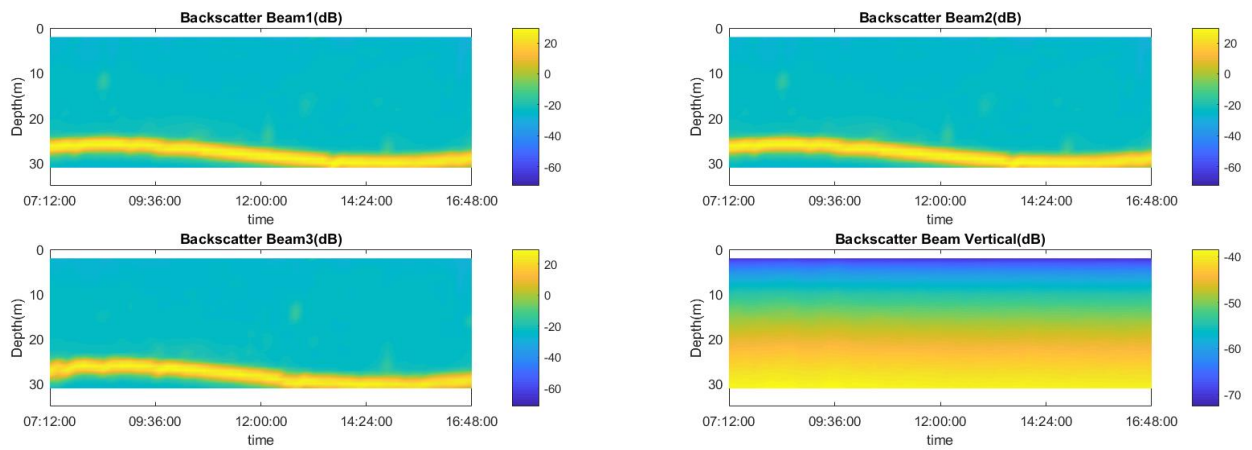
Echo RTI 600:



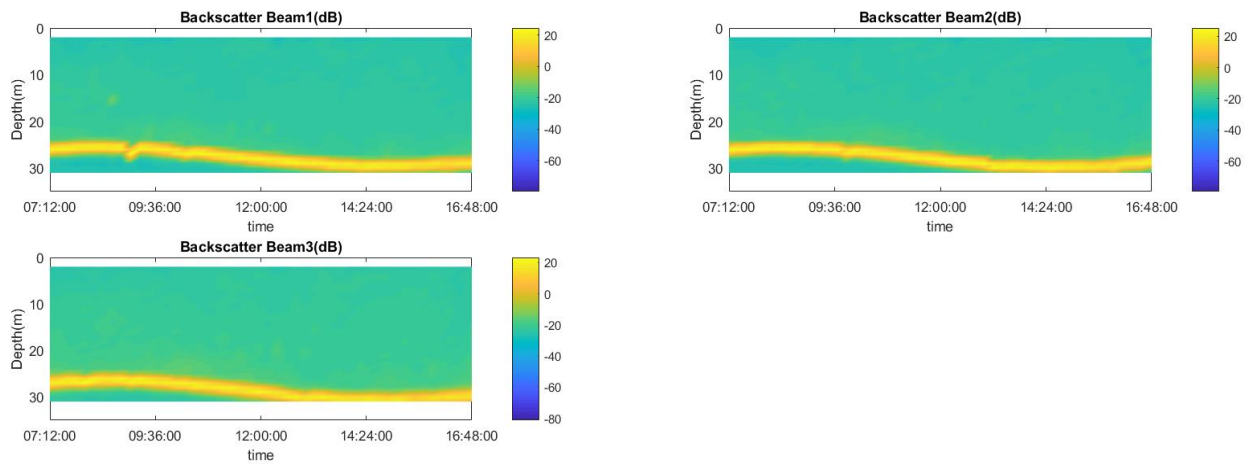
Echo RTI 1200 :



Backscatter RTI 600 :

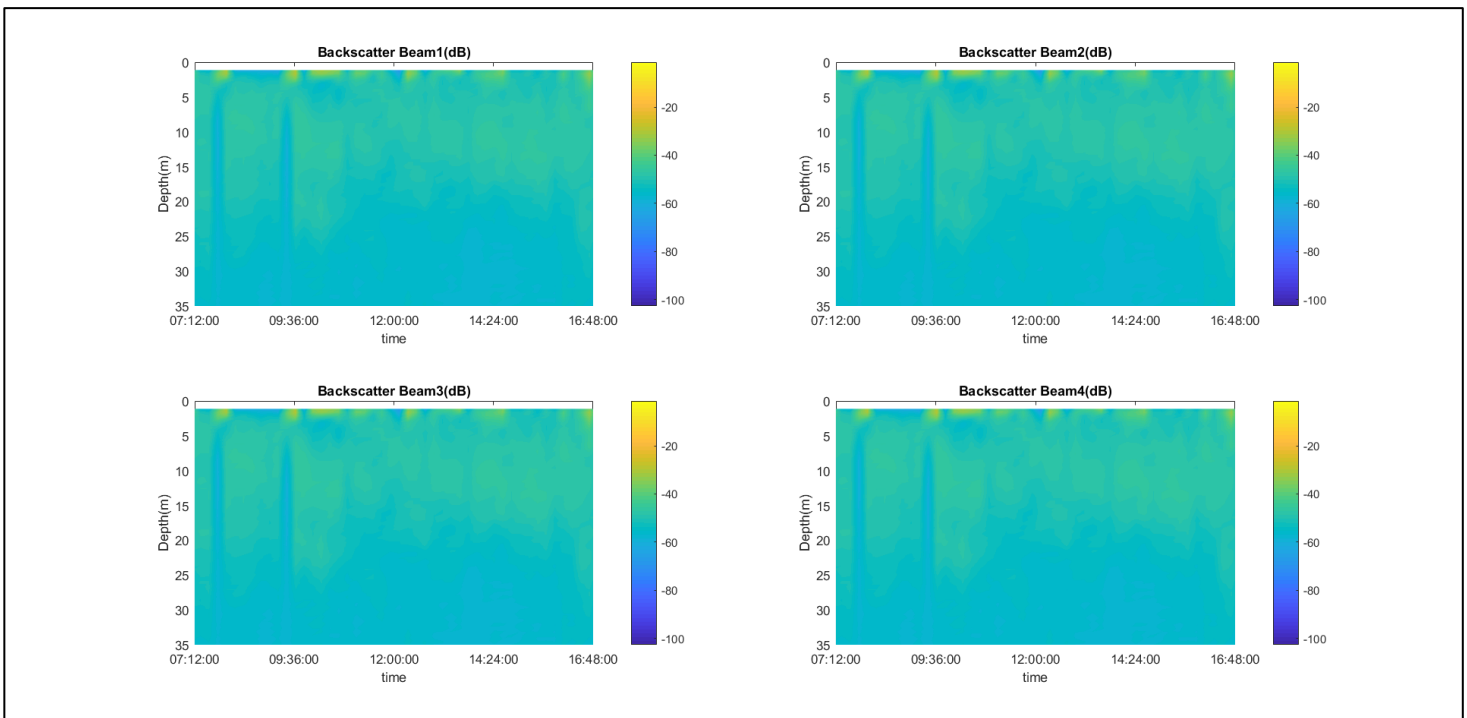
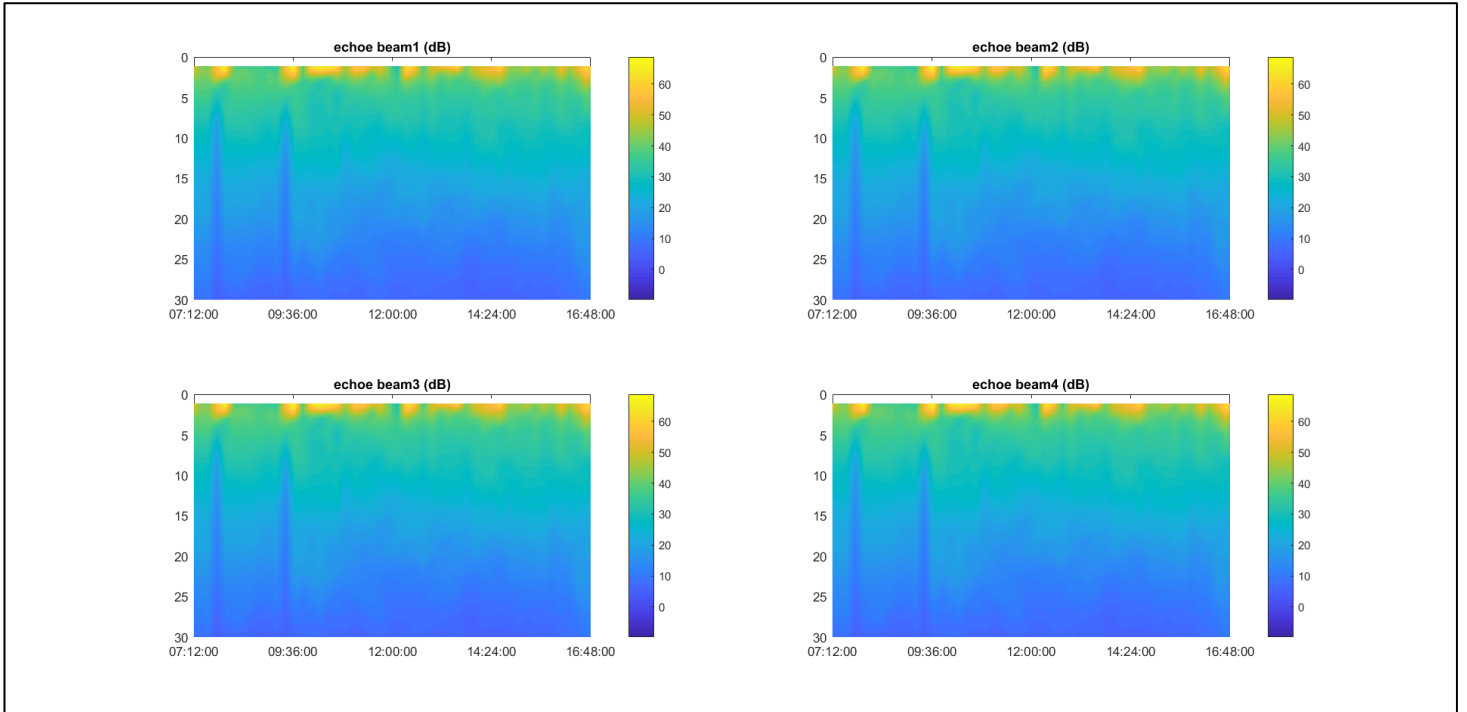


Backscatter RTI 1200 :

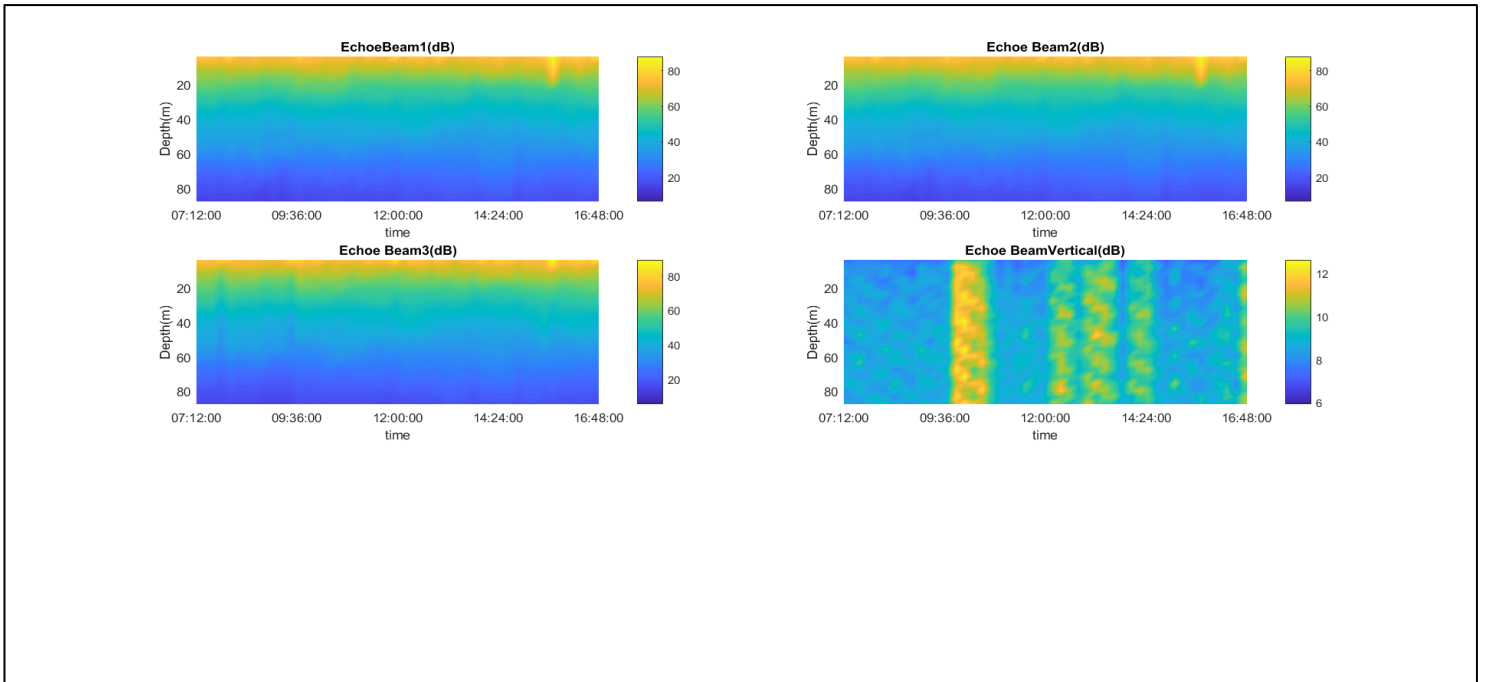


Station Grande-Vasière :

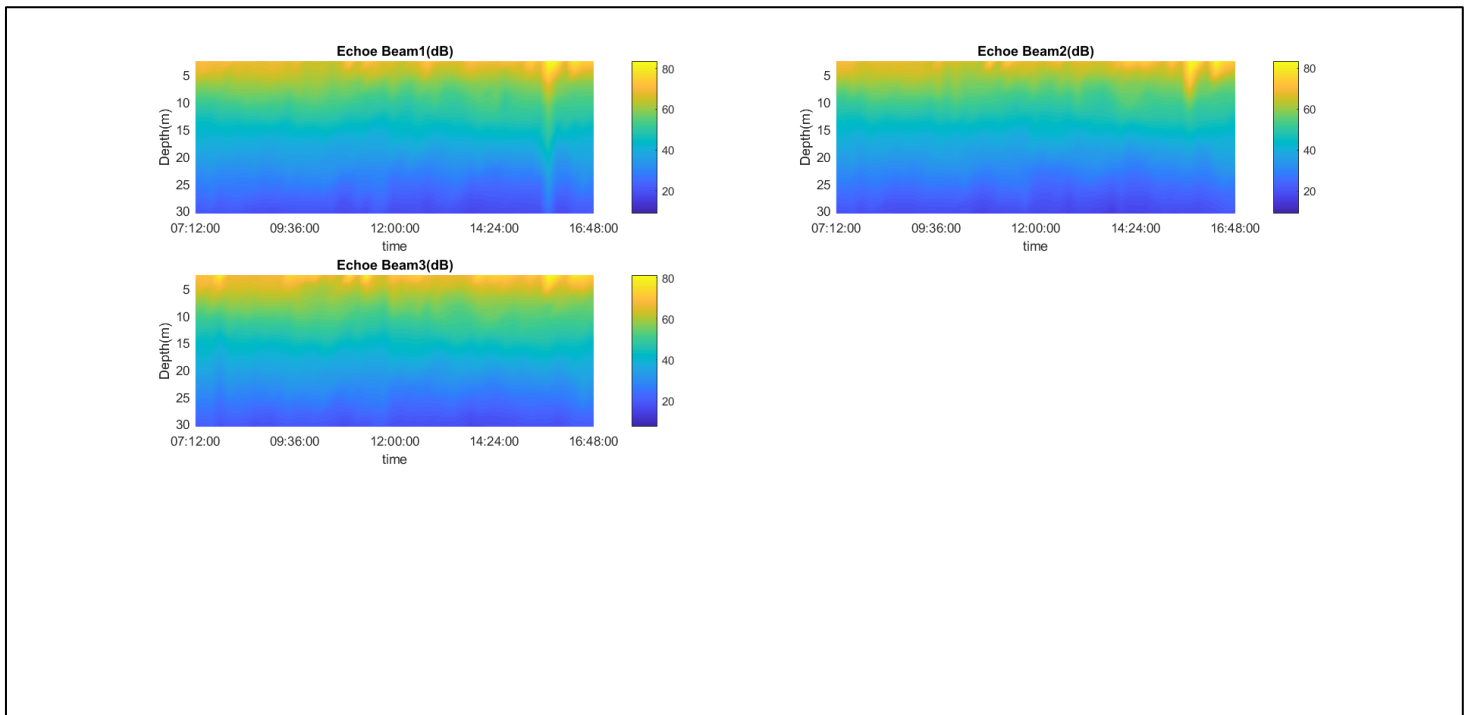
Echo/ Backscatter RDI :



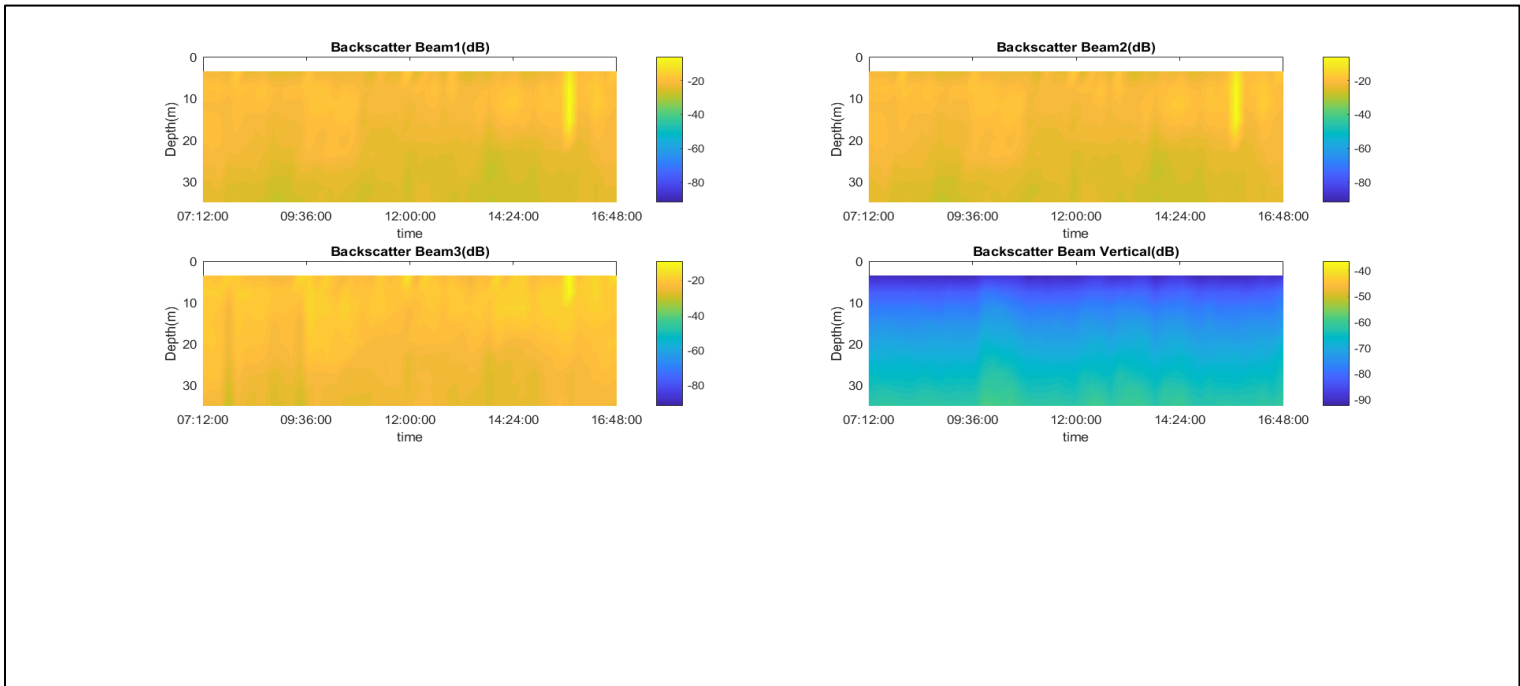
Echo RTI 600:



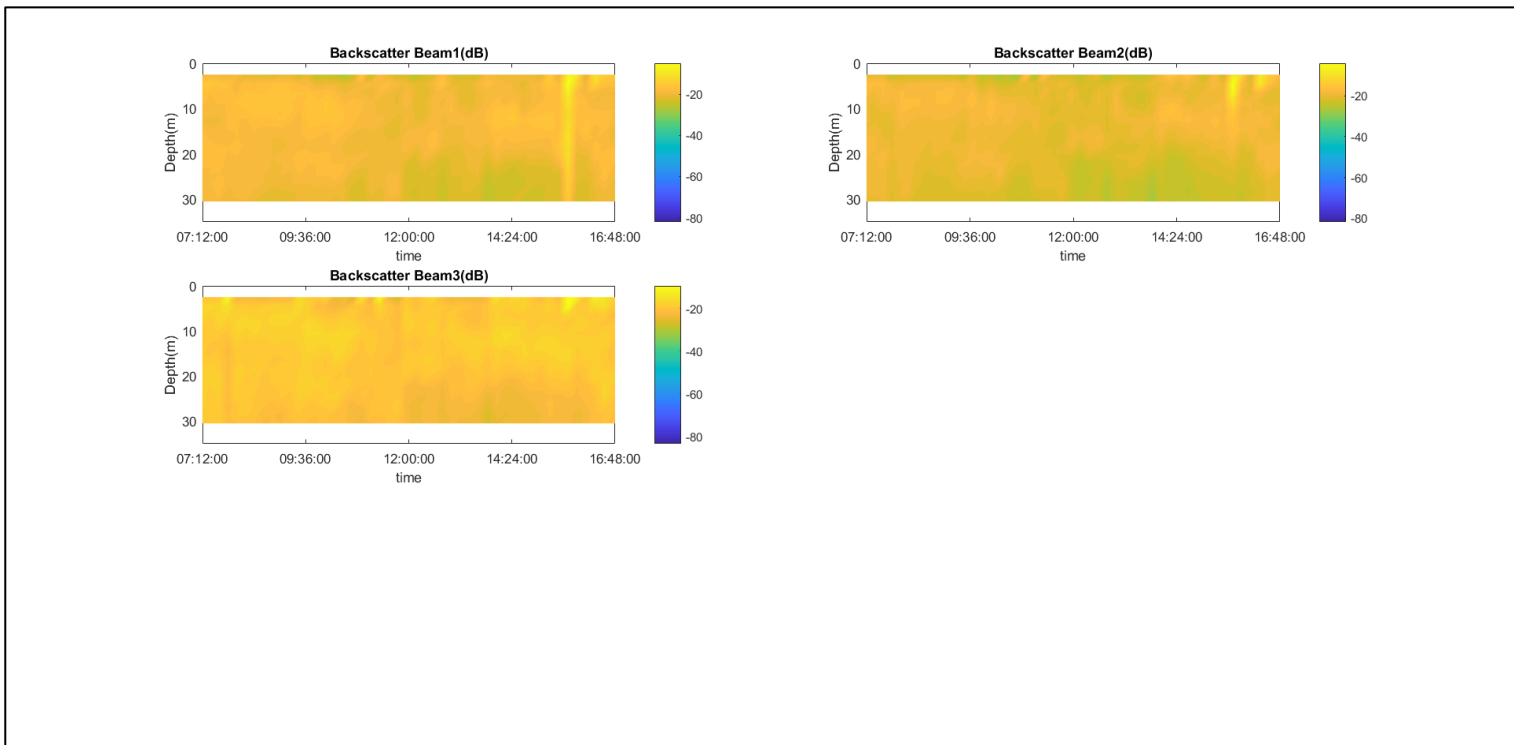
Echo RTI 1200:



Backscatter RTI 600 :

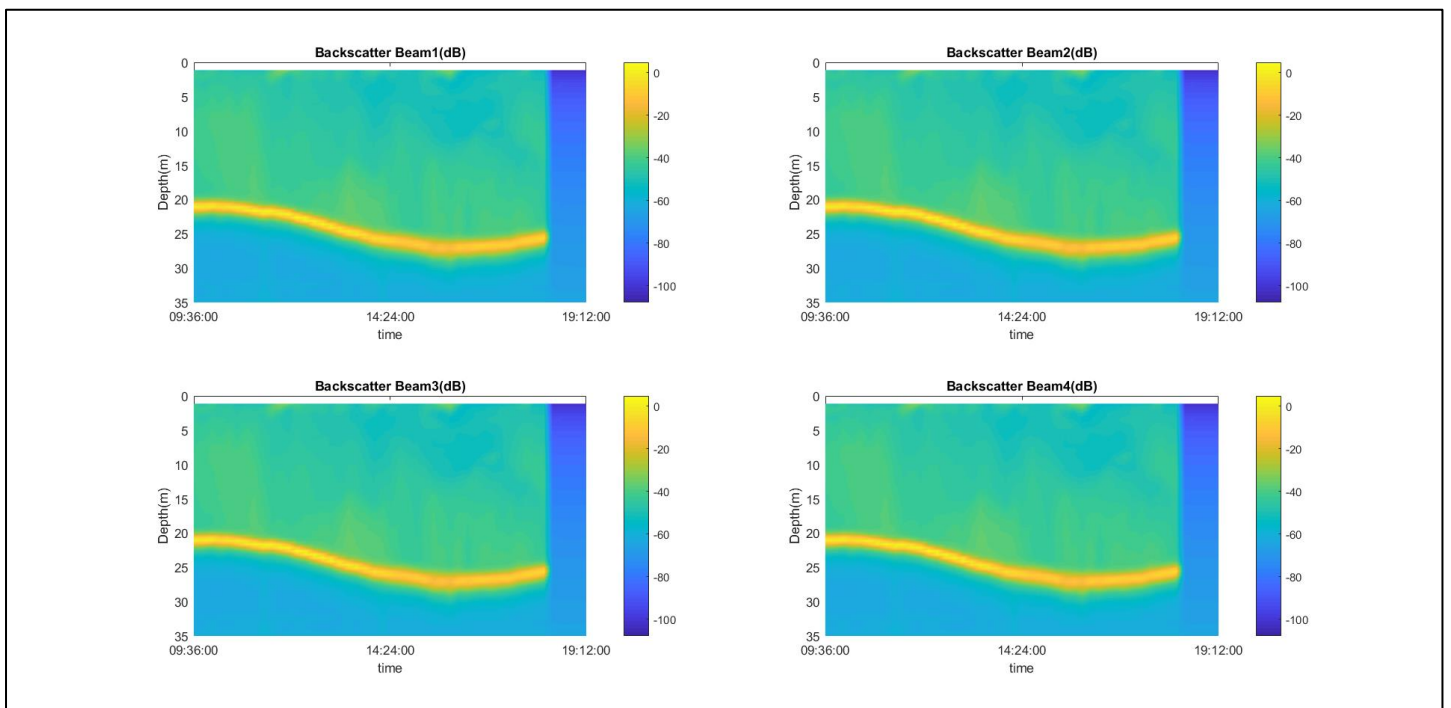
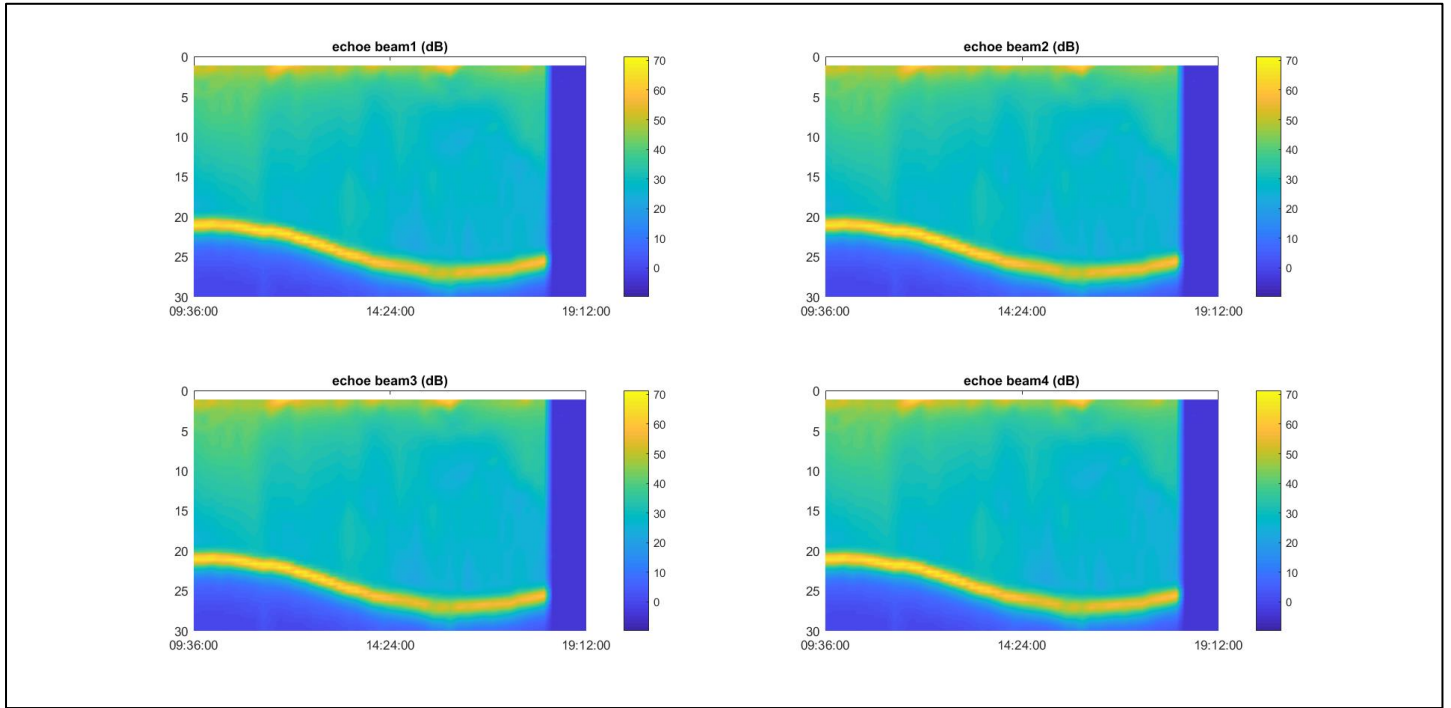


Backscatter RTI 1200 :

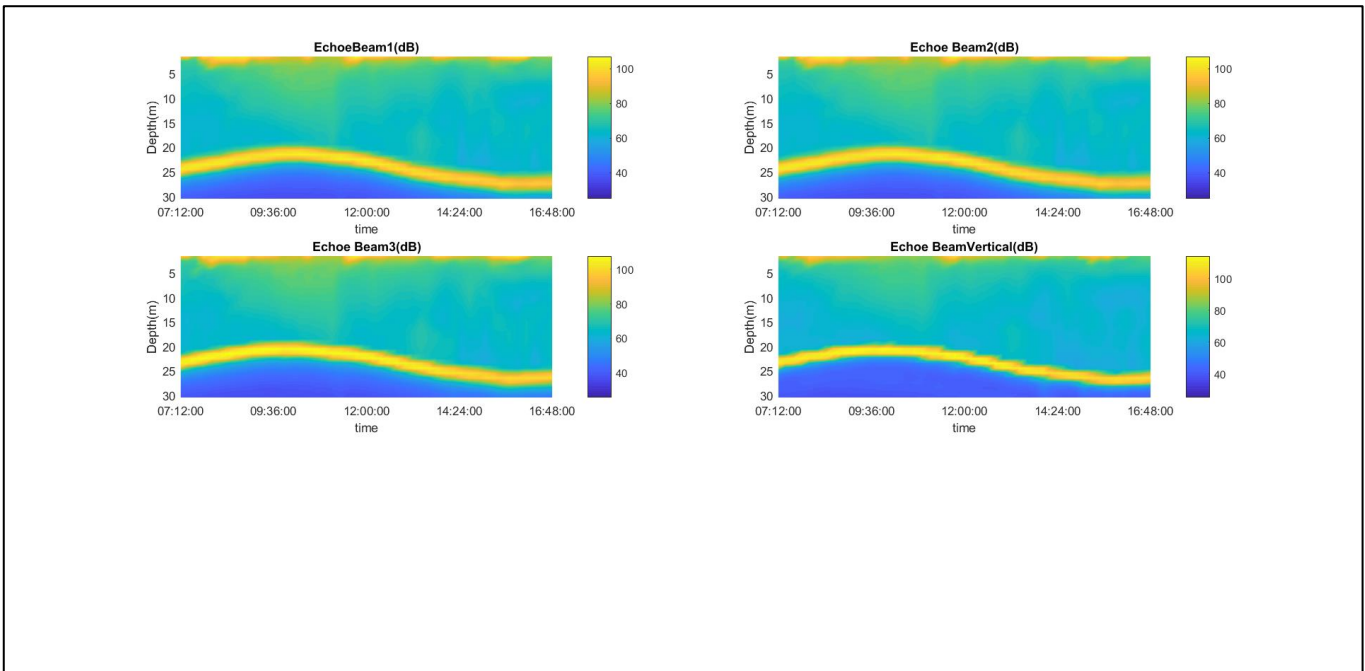


Station Saint-Nazaire (Loire) :

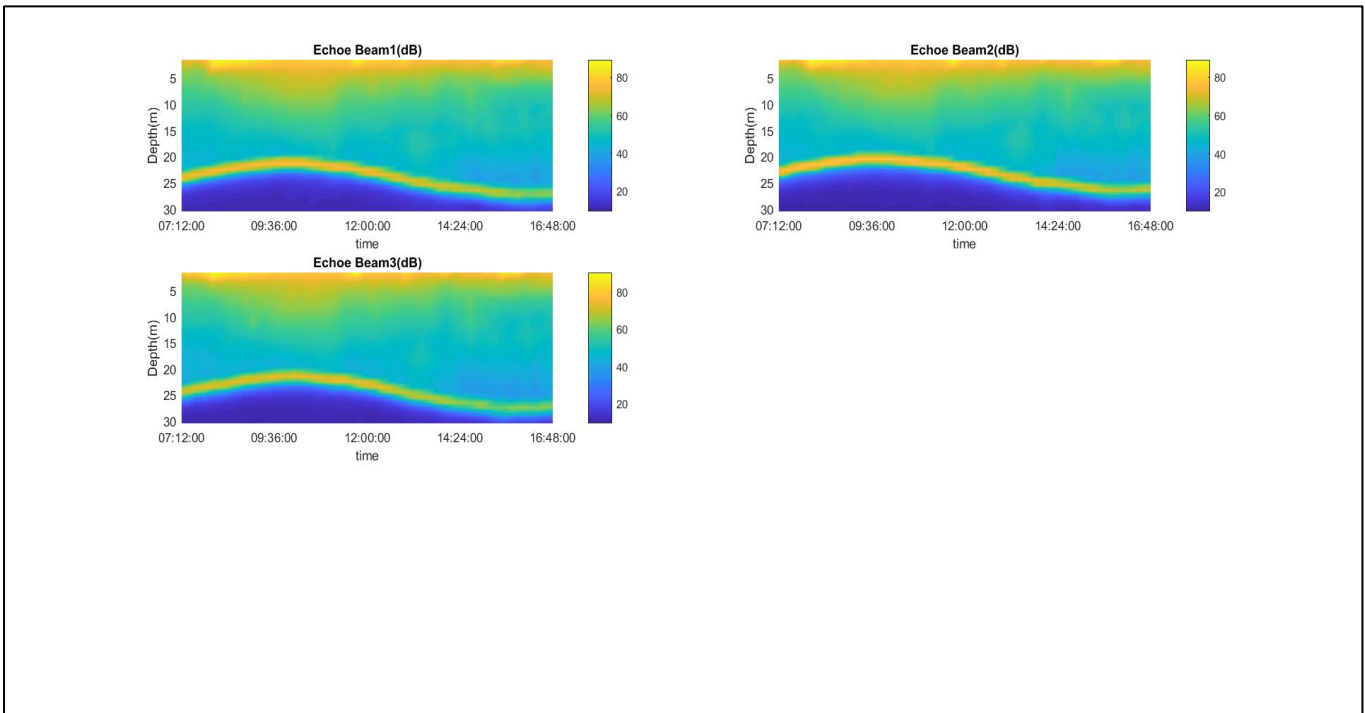
Echo/ Backscatter RDI :



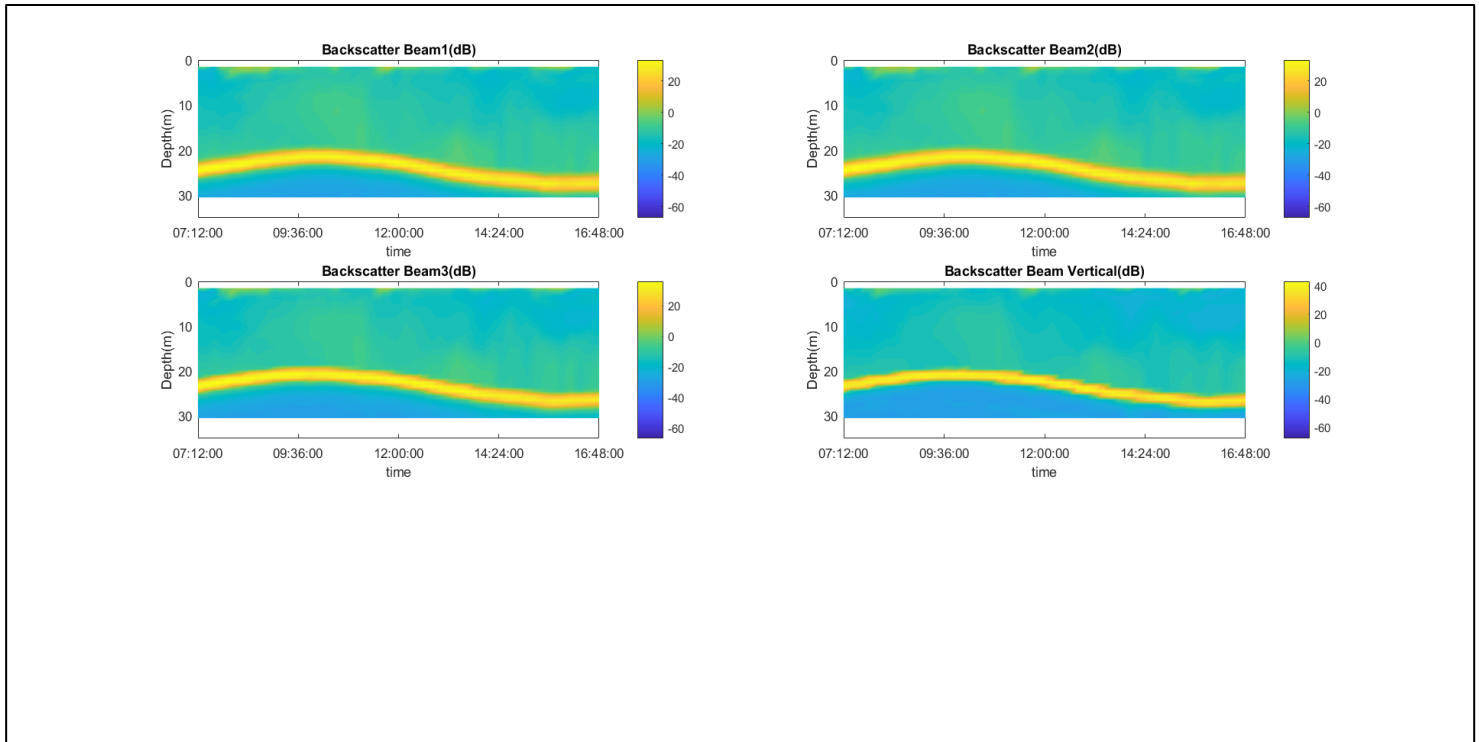
Echo RTI 600 :



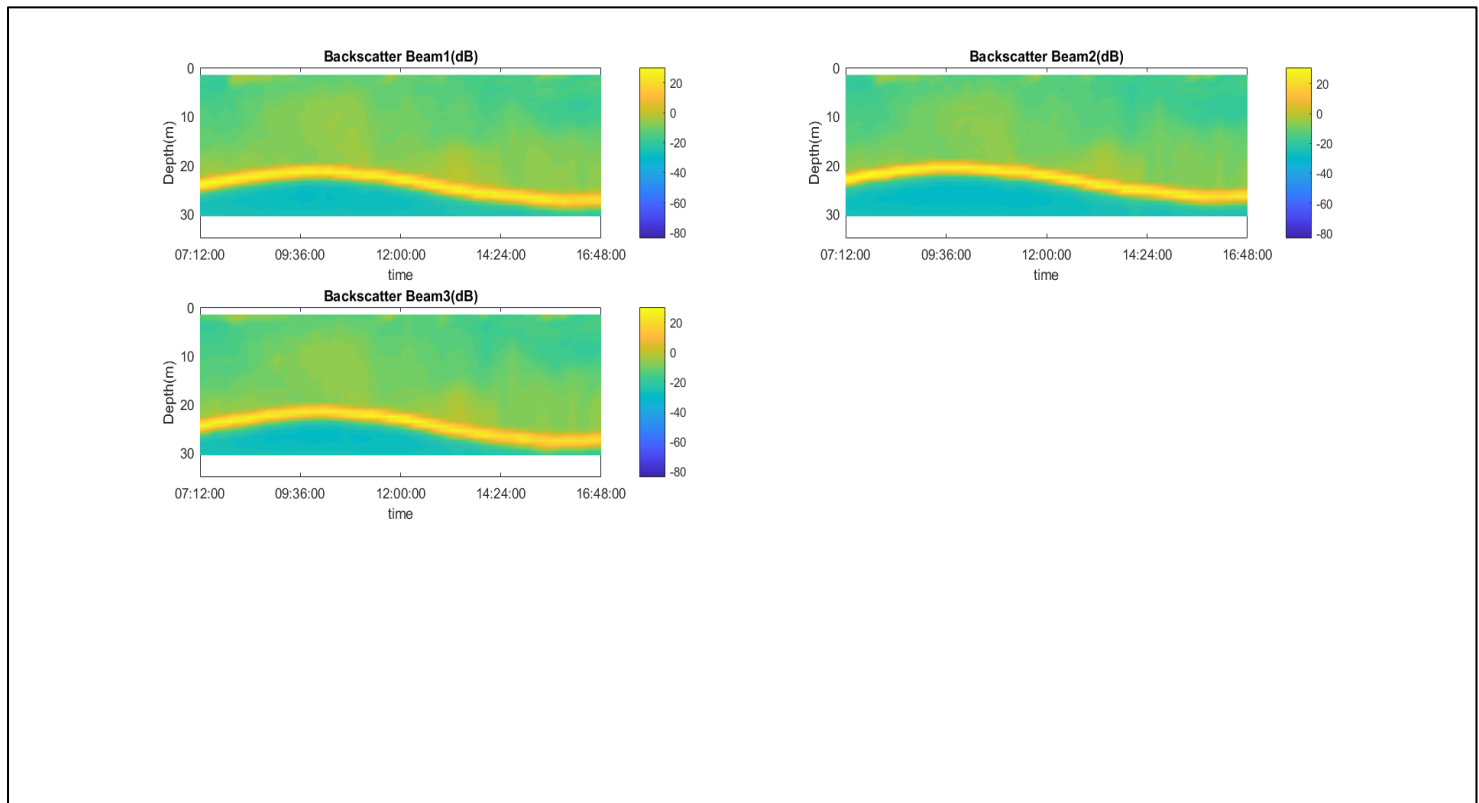
Echo RTI 1200:



Backscatter RTI 600:

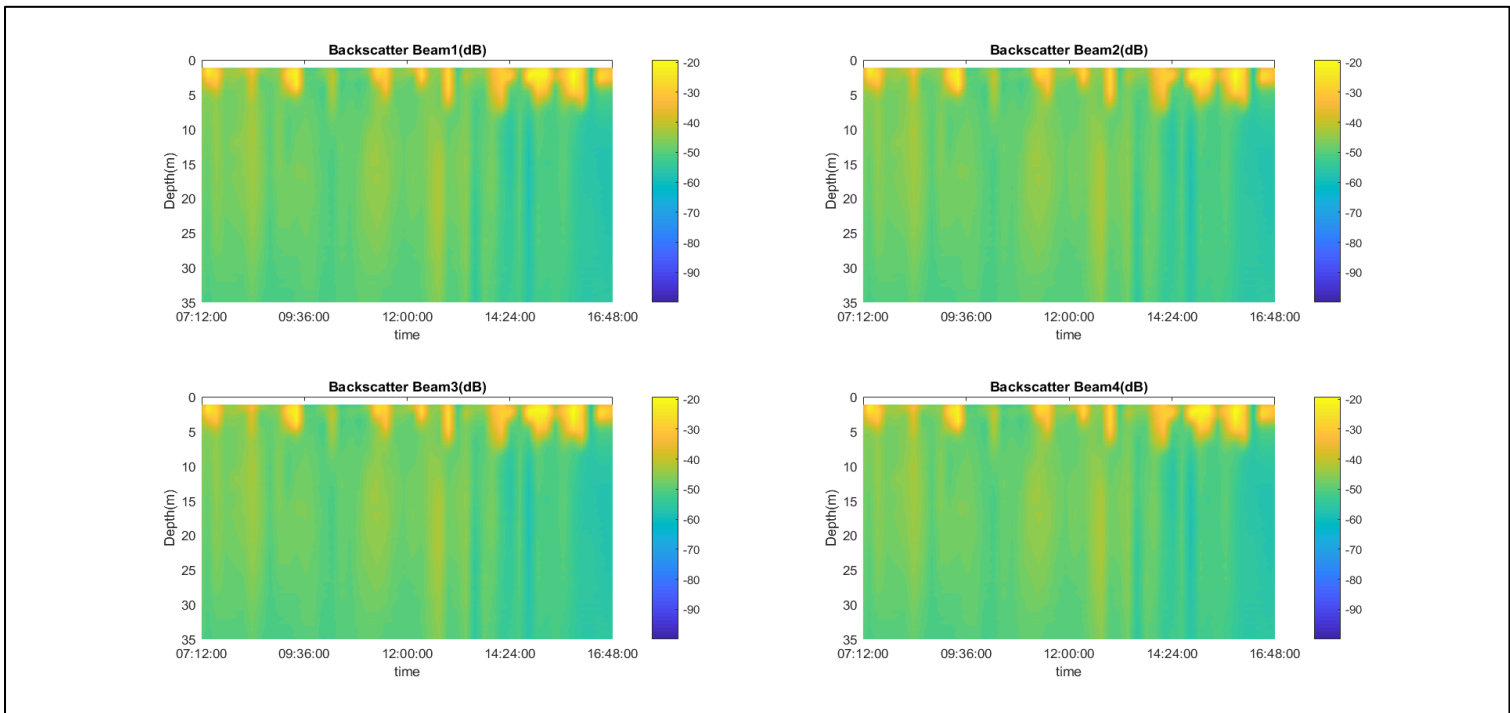
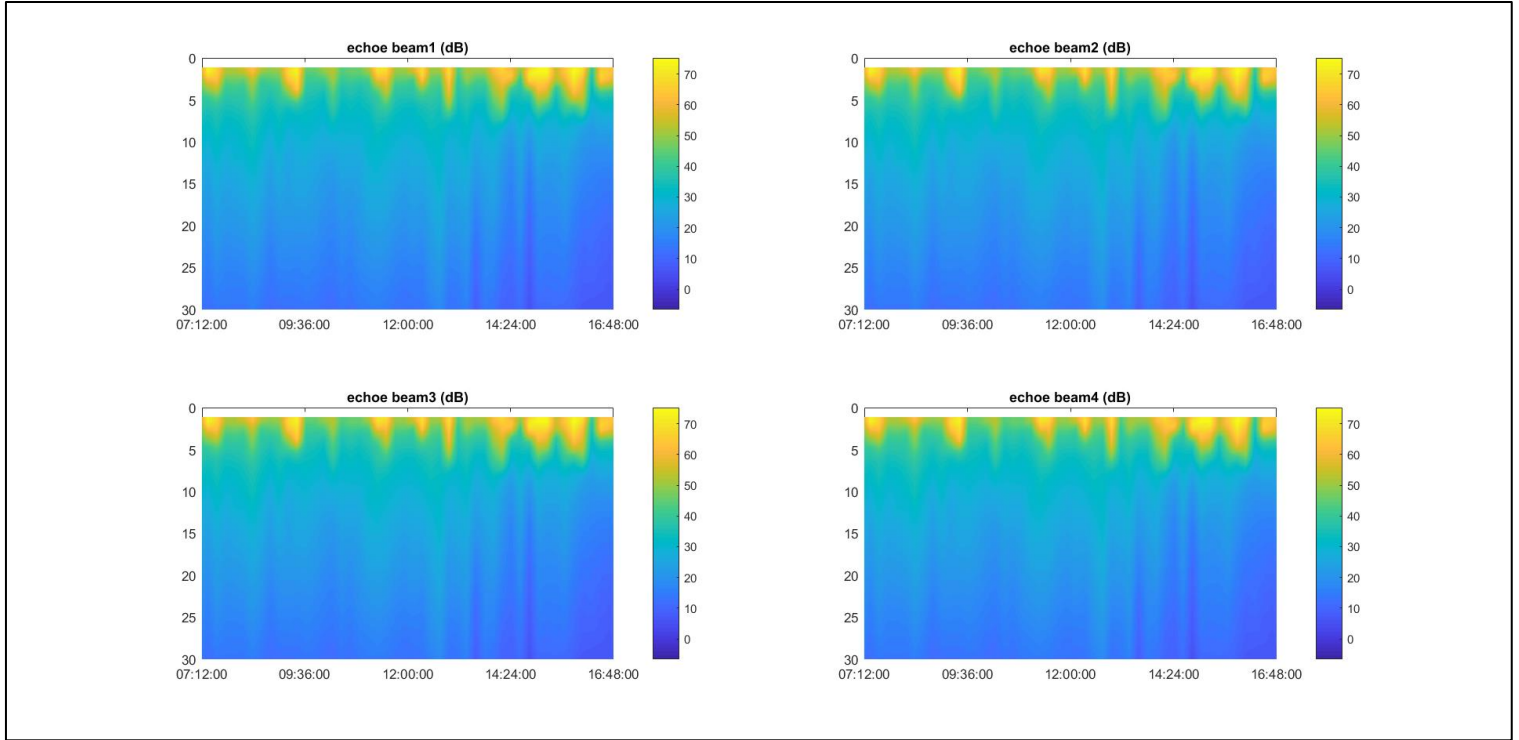


Backscatter RTI 1200:

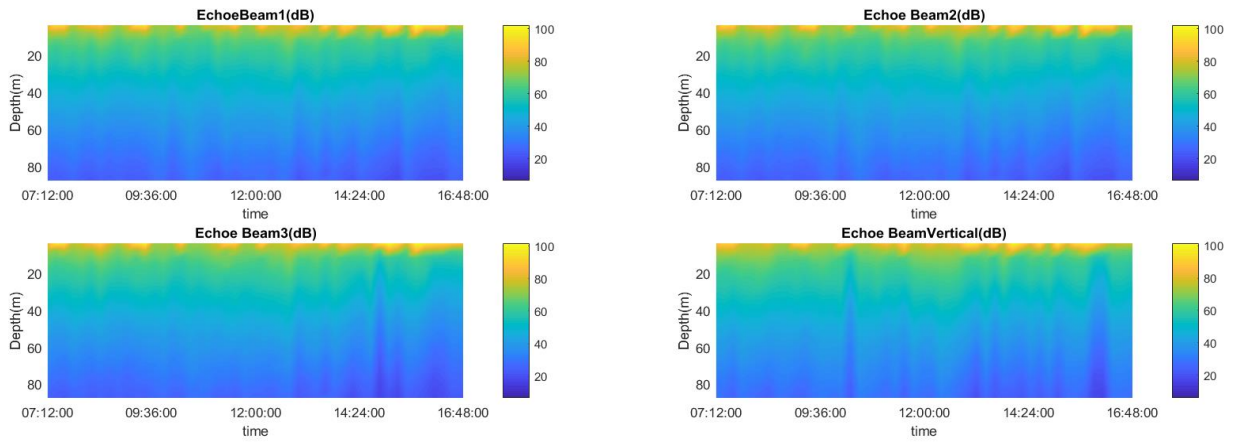


Station Gino :

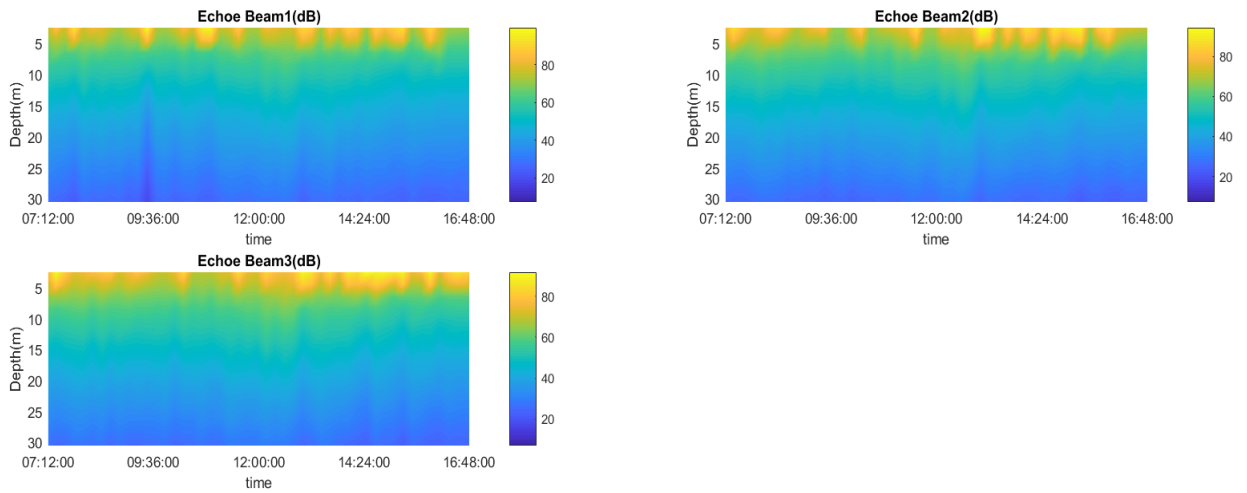
Echo/Backscatter RDI :



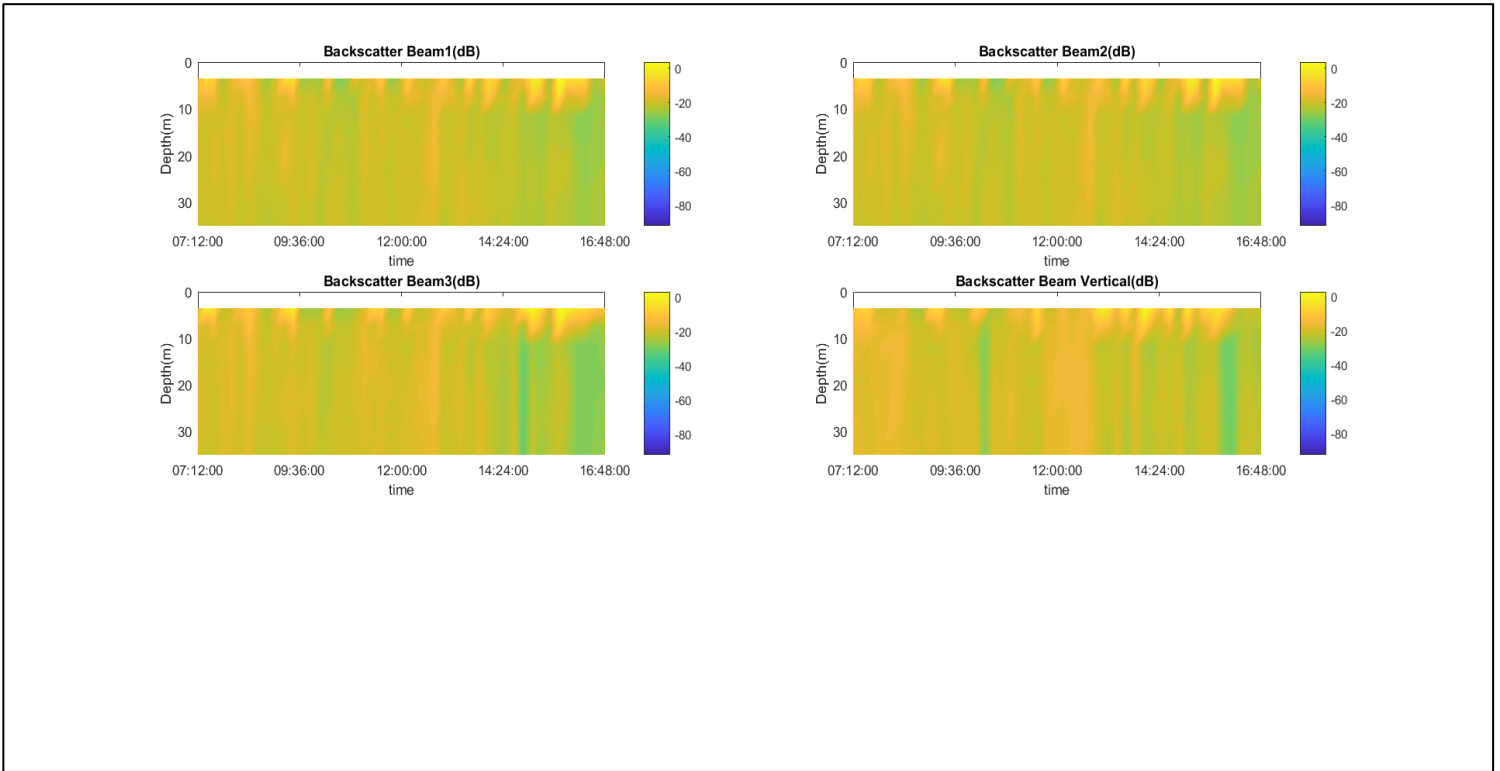
Echo RTI 600 :



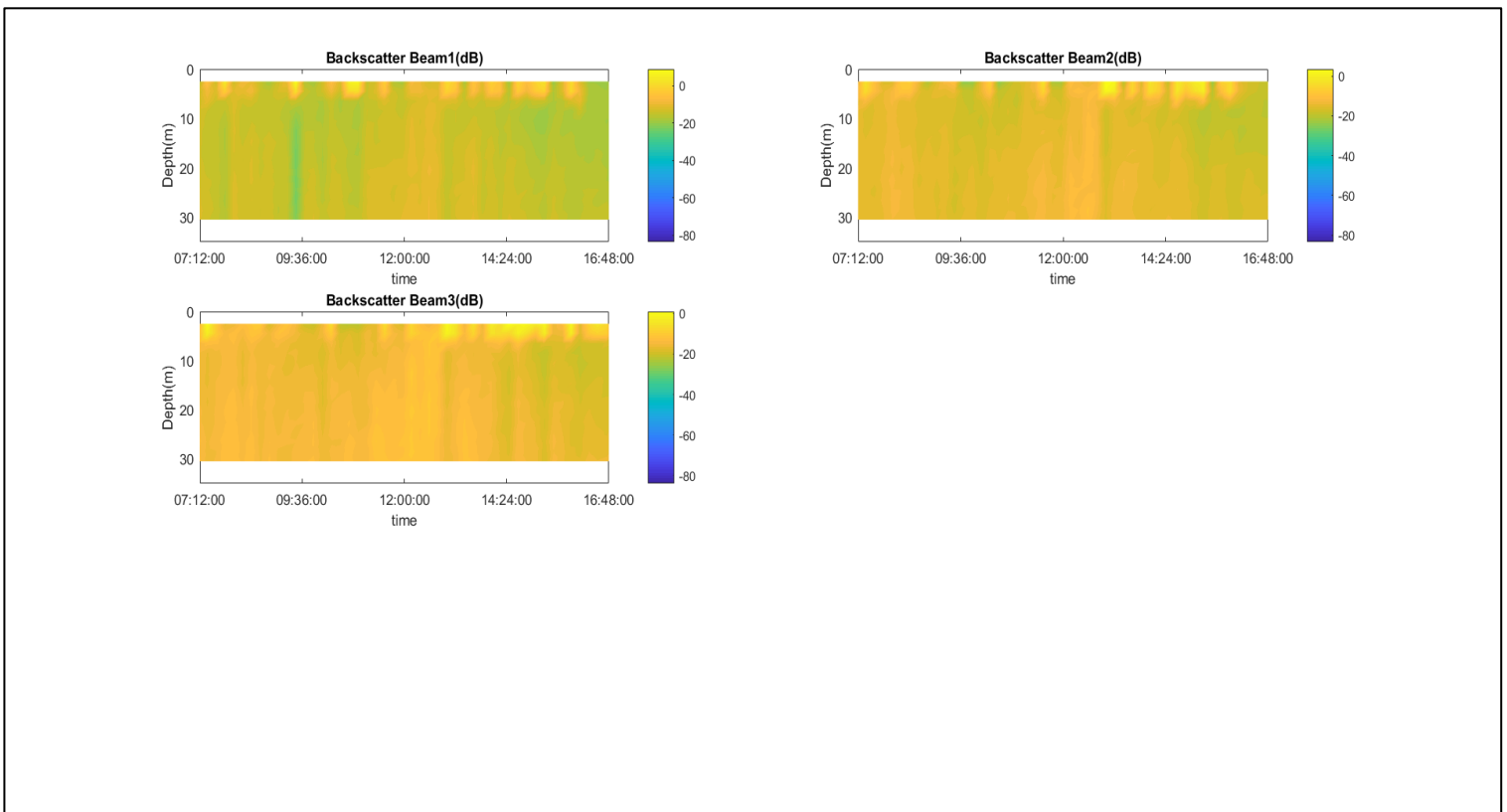
Echo RTI 1200 :



Backscatter 600 :

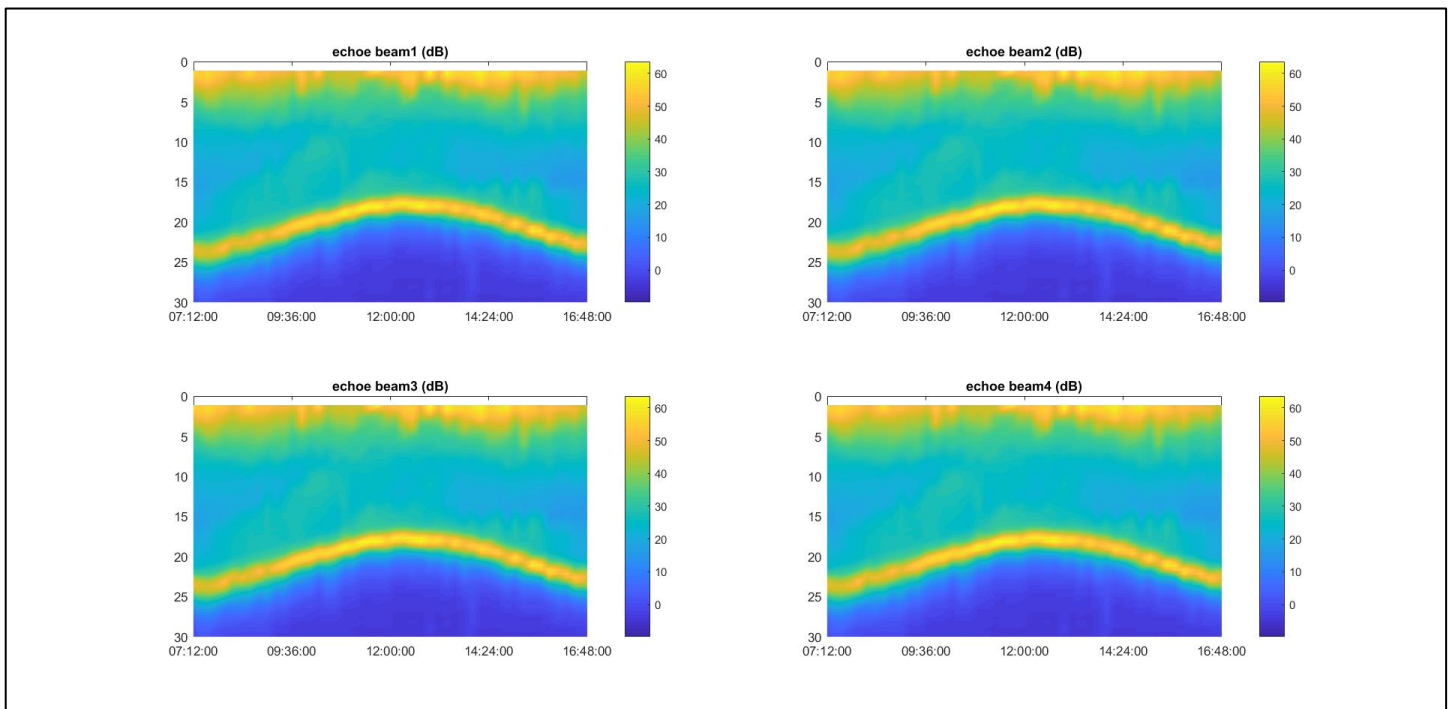
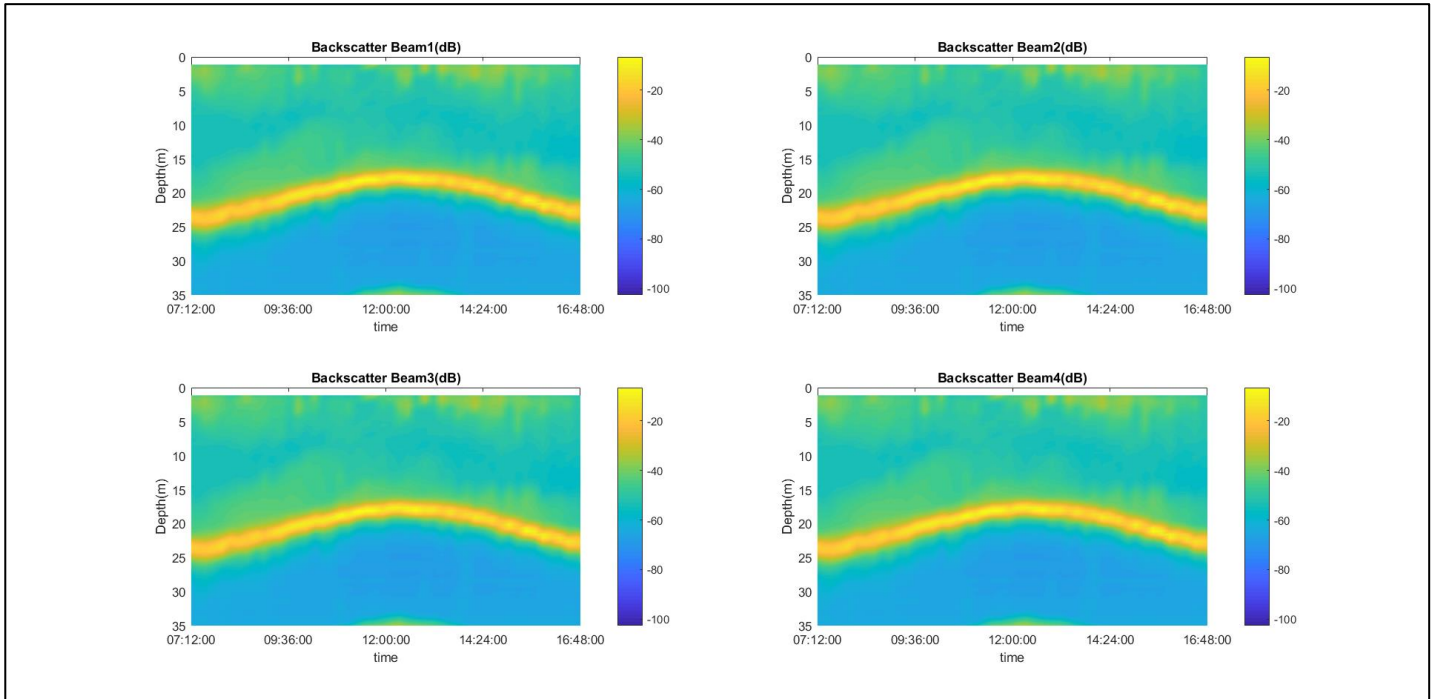


Backscatter 1200 :

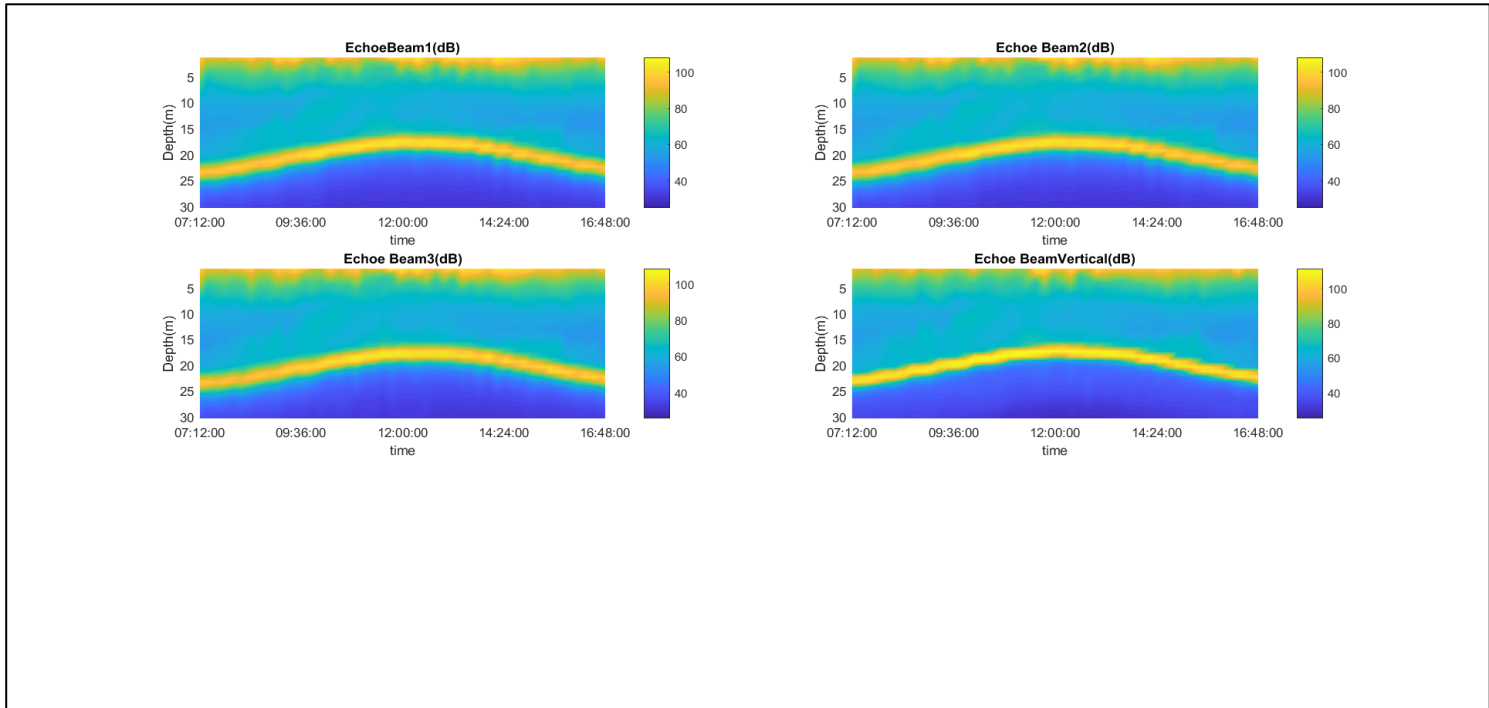


Station Douarnenez :

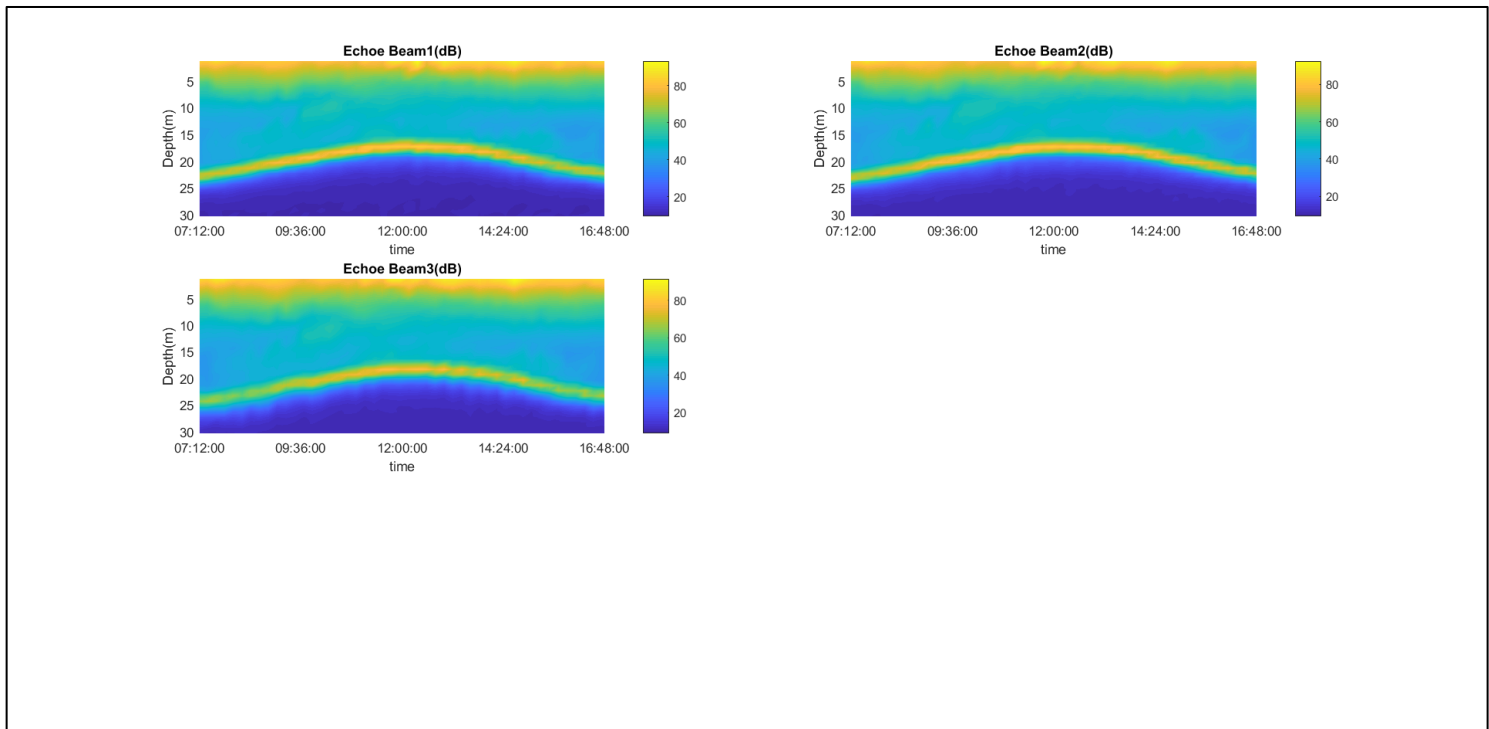
Echo/Backscatter RDI:



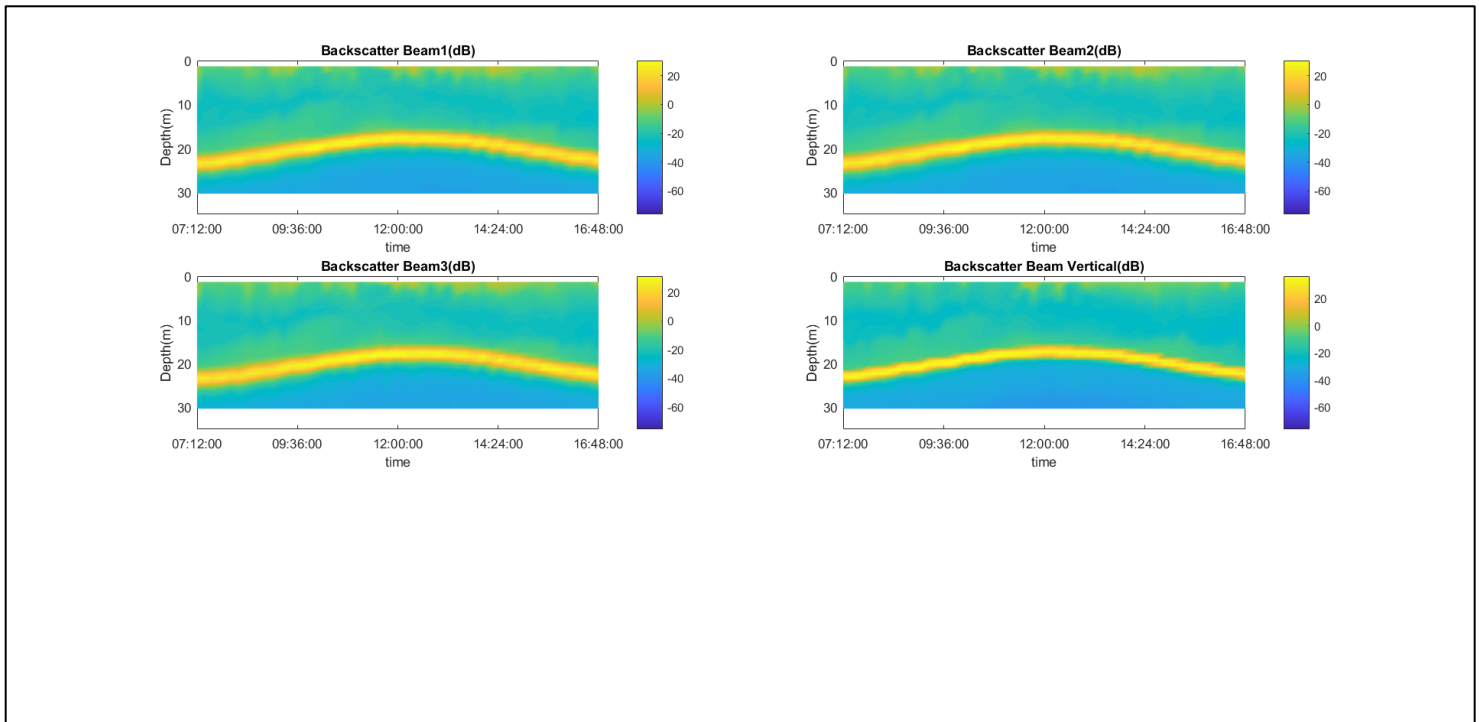
Echo RTI 600:



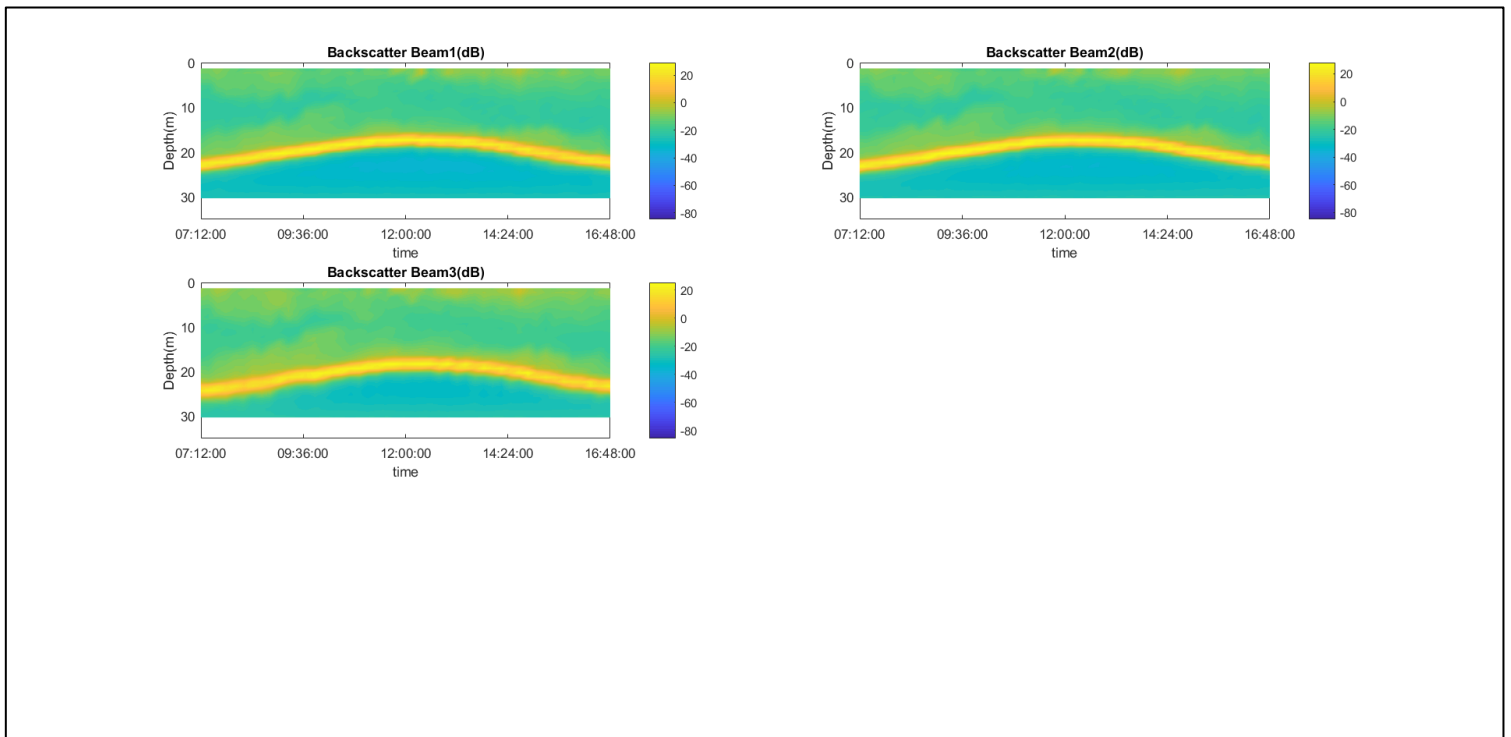
Echo RTI 1200:



Backscatter RTI 600:



Backscatter 1200:



ANNEXE 2 - SCRIPT

```
clc
close all
```

```
%% Programme de traitement et visualisation des données bi fréquence pour le RTI ROWE 600kHz et
1200kHz ;
% Permet d'afficher : l'écho brut, le backscatter, la vitesse des courants, et la conversion en taille de
particules avec sa représentation en dB.
```

```
%extraction des données
```

```
%Probleme avec la fin des données , on s'arrête donc a 10 valeurs avant la fin des données.
```

```
M=struct2cell(Ensembles);
Ensemble=M(9,1:end-10);E=cell2mat(Ensemble);
% Fichier de dates
Ancillary=M(10,1:end-10);A=cell2mat(Ancillary);
%Fichier des pitch/roll/heading
Amplitude=M(5,1:end-10);amp1=Amplitude.';
amp600=amp1(1:5:end-10,1);amp1200=amp1(2:5:end-10,1); ampvert=amp1(3:5:end-10,1);
VelocityEarth=M(4,1:end-10);vel=VelocityEarth.';Vel600e=vel(1:5:end-10,1);
VelocityBeam=M(2,1:end-10);vel1=VelocityBeam.' ;VelV=vel1(3:5:end-10,1);
Vel1200=vel(2:5:end-10,1);
```

```
Blank_r=1.5;
DepthCell_r=1;
```

```
FirstBin_z = Blank_r + DepthCell_r/2;
```

```
%DepthCell_r= binsize
First_z = FirstBin_z;
Last_z = FirstBin_z + DepthCell_r .* 29;
Cell_z1d_out= linspace( First_z, Last_z,30);
```

```
% Date
```

```
Year=E(7,1:5:end-10);y=Year.';
Month=E(8,1:5:end-10);m=Month.';
Day=E(9,1:5:end-10);d=Day.';
HH=E(10,1:5:end-10);hh=HH.';
MM=E(11,1:5:end-10);mm=MM.';
SS=E(12,1:5:end-10);ss=SS.';
t=datetime(y,m,d,hh,mm,ss)
```

```
% Date attitude
```

```
Year=E(7,1:end-10);y=Year.';
Month=E(8,1:end-10);m=Month.';
Day=E(9,1:end-10);d=Day.';
HH=E(10,1:end-10);hh=HH.';
MM=E(11,1:end-10);mm=MM.';
SS=E(12,1:end-10);ss=SS.';
t1=datetime(y,m,d,hh,mm,ss);
```

```
%Attitude de l'instrument
```

```

Heading=A(5,1:end-10);
Head_k= find( Heading > 180.0);
Heading( Head_k) = Heading(Head_k) - 360.0;
clear Head_k;

```

```

Pitch=A(6,1:end-10);
Roll=A(7,1:end-10);
Roll_k=find(Roll<0);
Roll(Roll_k)=Roll(Roll_k)+ 360.0
clear Roll_k
Temp=A(8,1:5:end-10);

```

%% Vitesses

% Vertical Beam Velocity

```

for i=1:length(VelV);
th=VelV{i,1};
thp=th(:,1);
Velov(1:length(thp),i)=thp;
end
% plot(thp);title('vitesse beam vertical(m/s)')

```

% Vitesse pour les 3 beams du 600kHz

```

East1=[];
North2=[];
Vertical3=[];
% ampmin_currents=-2
ampmax_currents=1;
ampmax_currentsvert=0.1;

```

% Vitesse pour les 3 beams du 600kHz

```

for i=1:length(Vel600e)
tmpa=Vel600e{i,1};
TMPa=tmpa(:,1);
TMP1a=tmpa(:,2);
TMP2a=tmpa(:,3);
f1a=find(abs(TMPa)>ampmax_currents);TMPa(f1a)=NaN;
f2a=find(abs(TMP1a)>ampmax_currents);TMP1a(f2a)= NaN;
f3a=find(abs(TMP2a)>ampmax_currentsvert);TMP2a(f3a)=NaN;

```

```

East1(1:length(TMP1a),i)=TMPa;
North2(1:length(TMP1a),i)=TMP1a;
Vertical3(1:length(TMP2a),i)=TMP2a;
end

```

% Vitesse pour les 3 beams du 1200kHz

```

for i=1:length(Vel1200)
tmpa1=Vel1200{i,1};
TMPa1=tmpa1(:,1);
TMP1a2=tmpa1(:,2);
TMP2a3=tmpa1(:,3);
f11a=find(abs(TMPa1)>ampmax_currents);TMPa1(f11a)=NaN;
f22a=find(abs(TMP1a2)>ampmax_currents);TMP1a2(f22a)= NaN;
f33a=find(abs(TMP2a3)>ampmax_currentsvert);TMP2a3(f33a)=NaN;

```

```

East11(1:length(TMPa1),i)=TMPa1;
North22(1:length(TMP1a2),i)=TMP1a2;
Vertical33(1:length(TMP2a3),i)=TMP2a3;
end

```

```

%% Echoes
%% Vertical Beam
for i=1:length(ampvert)
    th1=ampvert{i,1};
    % thp1=cell2mat(th1)
    Vertamp(1:length(th1),i)=th1;
end
% pcolor(datenum(t),Cell_z1d_out,Vertamp);datetick('x','HH:MM:SS','keepticks');shading
interp;set(gca,'YDir','reverse');title('Echoe beam vertical(dB)')

```

```

% Grands fonds:(station GINO et GV)
% 600kHz: 22x4m / 1200 kHz: 15x2m
% %
% Petits fonds:
% 600kHz:30x1m / 1200 kHz: 30x1

```

% % Echoe pour les 3 beams du 600kHz:

```

F1=[];
F2=[];
F3=[];
for i=1:length(amp600)

    tmp=amp600{i,1};
    TMP=tmp(:,1);
    TMP1=tmp(:,2);
    TMP2=tmp(:,3);
    f1=TMP;
    f2=TMP;
    f3=TMP2;
    F1(1:length(TMP),i)=f1;
    F2(1:length(TMP),i)=f2;
    F3(1:length(TMP),i)=f3;
end

```

%Echoe pour les 3 beams du 1200kHz

```

F11=[];
F22=[];
F33=[];
for i=1:length(amp1200)

    tmp11=amp1200{i,1};
    TMP11=tmp11(:,1);
    TMP22=tmp11(:,2);
    TMP33=tmp11(:,3);

    F11(1:length(TMP11),i)=TMP11;
    F22(1:length(TMP22),i)=TMP22;
    F33(1:length(TMP33),i)=TMP33;
end

```

%%% Script de conversion en backscatter

%%Paramètres:

```
BN=54; %Numbers of bins
nb=30;
phi600=1.42;
phi1200=1.01;
phi_r600=phi600.*pi/180;% angle ouverture
phi_r1200=phi1200.*pi/180;

phi_sr600=pi*phi_r600*phi_r600/4;% angle steradians
phi_sr1200=pi*phi_r1200*phi_r1200/4;

thetaRTI=20 %angle du beam
R=(Cell_z1d_out/cosd(thetaRTI));R=R';
L=DepthCell_r;
V600=phi_sr600*(1*R).^2*L;
V1200=phi_sr1200*(1*R.^2)*L;
%V=V' * ones(1,BN);
%echoe du beam 1 dur RTI
SL6=221 .* ones(nb,BN);
SL12=218 .* ones(nb,BN);
%TP=E1; % Transmit power = echoe* SIL(Sound intensity level) [1]
DT=83.*ones(nb,BN); %DT(detection threshold)=83 dB
```

%%% Water attenuation coefficient aw

```
Press=0;
Sal=35;
Freq6=600;
Freq12=1200; %ou 1200 suivant l'instrument
Z=0.3; %données du fichier E000009
pH=8;
```

```
Sal=35*0.028571 %Relative salinity
```

```
f1=exp( Temp .* 0.038462) .* sqrt(Sal) .* 0.78; %relaxation frequency for boron
f2=exp( Temp .* 0.058824) .* 42.0; %relaxation frequency for magnesium
```

```
fs6= Freq6*Freq6 %square of the frequency
fs12=Freq12*Freq12
```

%%%frequency dependence to boron and magnesium

```
ff1_rNd6= f1 .* fs6 ./ ( fs6 + f1 .* f1);
ff2_rNd6= f2 .* fs6 ./ ( fs6 + f2 .* f2);
```

```
ff1_rNd12= f1 .* fs12 ./ ( fs12 + f1 .* f1);
ff2_rNd12= f2 .* fs12 ./ ( fs12 + f2 .* f2);
```

%%%attenuation

```
AW6=1.06E-4 .*ff1_rNd6*exp((8-pH)*10.56)*5.2E-4 .* ( 1.0 + Temp .* 0.023256) .* Sal .* ff2_rNd6 .* exp(
Press .* -1.66667E-4)+ 4.9E-7 .* fs6 .* exp( Temp .* -0.037037 + Press .* -5.88235E-5);
AW12=1.06E-4 .*ff1_rNd12*exp((8-pH)*10.56)*5.2E-4 .* ( 1.0 + Temp .* 0.023256) .* Sal .* ff2_rNd12 .*
exp( Press .* -1.66667E-4)+ 4.9E-7 .* fs12 .* exp( Temp .* -0.037037 + Press .* -5.88235E-5);
```

%% Transmission loss

```
TL6=20*log10(R)+(AW6.* R); %(aw=coefficient of attenuation in water)
```



```
TL12=20*log10(R)+(AW12.* R);
```

%% Target strength 600

```
TS1=F1+(DT-SL6)+TL6*2;  
TS2=F2+(DT-SL6)+TL6*2;  
TS3=F3+(DT-SL6)+TL6*2;  
TSV=Vertamp+(DT-SL6)+TL6*2;
```

%%%Target strength 1200

```
TS11=F11+(DT-SL12)+TL12*2;  
TS22=F22+(DT-SL12)+TL12*2;  
TS33=F33+(DT-SL12)+TL12*2;
```

%%% Backscatter 600

```
V1=10*log10(V600);
```

```
BS1=TS1-V1;  
BS2=TS2-V1;  
BS3=TS3-V1;  
BSV=TSV-V1;
```

%%%Backscatter 1200

```
V2=10*log10(V1200);
```

```
BS11=TS11-V2;  
BS22=TS22-V2;  
BS33=TS33-V2;
```

```
% figure(10)  
% plot(BS1)  
% view([-90 90])  
%  
% figure(11)  
% plot(BS11)  
% view([-90 90])  
%% Delta BS
```

```
BS1_kk=BS1(:,3:end);  
BS11_kk=BS11(:,3:end)
```

```
%caractérisation de la parcelle de donnée où l'on va effectuer le calcul:  
%enlever l'écho de fond sans enlever des échos ponctuels dans la colonne  
%d'eau
```

% search and subsurface bins

```
K1=10%k1: Index of first bin looking for surface echo retrieval  
K2=15% k2: Index of last bin beyond where surface echo should not be  
K3=2%k3: subsurface bin indice for surface echo retrieval
```

% counts at reference beam

```
r2d=BS1_kk;  
r3d=BS11_kk;
```

%take the upper part

```
r2d= r2d( K1: nb,:);
r3d= r3d( K1: nb,:);
```

```
%take max echo in this part
```

```
[z1d,k1d]= max(r2d, [], 1);
```

```
[z1d,k2d]= max(r3d, [], 1);
```

```
%convert to max absolute indice : (k1-1) + k1d
```

```
k1d= k1d + K1 -1;
```

```
k2d= k2d + K1 -1;
```

```
% profiles indice where surface echo found should not be
```

```
    i1d= find( ( k1d >= K1 ) ...
              & ( k1d <= K2));
```

```
    i2d= find( ( k2d >= K1 ) ...
              & ( k2d <= K2));
```

```
% take subsurface : (k1-1)+k1d-Ss
```

```
k1d= k1d - K3;
```

```
k2d= k2d - K3;
```

```
for i=1:1:50
```

```
    BS1_kk(k1d(i) : end, :)= NaN;
end
```

```
for i=1:1:50
```

```
    BS11_kk(k2d(i) : end, :)= NaN;
end
```

```
figure(15)
```

```
pcolor(BS1_kk);set(gca,'YDir','reverse');set(gca,'XDir','reverse');shading interp
```

```
% figure(10)
```

```
% plot(BS1);
```

```
% ax= gca;
```

```
% ax.YDir= 'reverse';
```

```
% view([-90 90]);
```

```
%
```

```
% figure(11)
```

```
% plot(BS11);set(gca,'YDir','reverse')
```

```
% view([-90 90])
```

```
%% Conversion bi-fréquence
```

```
D1=BS11_kk-BE1_kk;
```

```

vectxx= reshape(D1,1560,1);
Per=prctile(vectxx,99.9);

% D1=D1+7;

figure(1)
pcolor(D1);shading interp;set(gca,'YDir','reverse'); title('DIV');ylabel('Depth(m)');xlabel('ensemble')

D1_k=find(D1>=12);
D1(D1_k)=NaN;
D1_k=find(D1<=0);
D1(D1_k)=NaN;
clear D1_k;

na_k= ~isnan(D1);
D11= D1(na_k);
figure(2)
histogram(D1);ylabel('occurence');xlabel('dB')

%necessary coefficients
lambda1_r=1500/(1200*10^3);
lambda1_r=lambda1_r.*ones(30,52);
lambda2_r=1500/(600*10^3);
lambda2_r=lambda2_r.*ones(30,52);

Pi2_r= 4.0 .* pi .* pi;
k1 = lambda1_r .* lambda1_r ./ Pi2_r; % delta 1
k2 = lambda2_r .* lambda2_r ./ Pi2_r; % delta 2
Lim_r= 20.0 .* log10( k2 ./ k1);

% beta coefficient

D1 = 10 .^ ( D1 ./ 20.0);
Beta_r2d= ( k2 - D1 .* k1) ./ ( D1 - 1);

% equivalent factor
Eq_r = 1.0 ./ sqrt( 2.0);

%equivalent radius
ae2_r2d= Beta_r2d .* Eq_r;
ae_r2d = sqrt(ae2_r2d);

% equivalent radius in mm

ae_r2d= ae2_r2d .* 1.0E+3;
ae_r2d=log10(ae_r2d)
% ae_r2dx=find(ae_r2d>0.4);
% ae_r2d(ae_r2dx)=NaN;

aesn_r2d= ae_r2d(na_k);

```