



Minéralier en cours de chargement dans le lagon de Koumac

Rapport de mesures dans le lagon de Koumac, Province Nord de la Nouvelle-Calédonie

Projet PRESENCE - mission CADHYAK
CAractérisation Du fonctionnement
HYdrodynamique du lAgon de Koumac

Oriane Bruyere – Romain Le Gendre - Emmanuel
Bourassin - Sébastien Petton - Benoit Soulard

17/05/2021



TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
1. REGION D'ETUDE	2
1.1. GENERALITES	2
1.2. BASSINS VERSANTS	3
1.3. LE LAGON	3
1.4. MAREE	5
2. CONTEXTE CLIMATIQUE	7
2.1. ÉVENEMENTS METEOROLOGIQUES	7
2.1.1. <i>Cyclone tropical UESI</i>	7
2.1.2. <i>Dépression Tropicale Forte GRETEL</i>	8
2.2. CONDITIONS ATMOSPHERIQUES	9
2.3. CONDITIONS OCEANIQUES	11
2.4. TEMPERATURE DE SURFACE	12
3. INSTRUMENTATION DU LAGON	13
3.1. STRATEGIE D'ÉCHANTILLONNAGE	13
3.1.1. <i>Mouillages fixes</i>	14
3.1.2. <i>Mesures ponctuelles</i>	15
3.1.3. <i>Circulation de surface</i>	15
3.2. DISPONIBILITE DU JEU DE DONNEES	16
4. RESULTATS	17
4.1. AGREGATION DE MESURES ET CONVENTIONS DE REPRESENTATION	17
4.2. MESURES FIXES	17
4.2.1. <i>Impact du cyclone Uesi</i>	21
4.2.2. <i>Impact de la dépression Gretel</i>	23
4.3. MESURES PONCTUELLES	24
4.3.1. <i>Circulation de surface</i>	24
4.3.2. <i>Radiales CTD</i>	26
CONCLUSION	28
ANNEXES	31
ANNEXE 1. ÉVOLUTION DES PRECIPITATIONS ET REGIME DE VENT	31
1. CYCLONE TROPICAL UESI	31
2. DEPRESSION TROPICALE FORTE GRETEL	31
ANNEXE 2. TABLEAU CARACTERISTIQUE STATIONS CTD	32
ANNEXE 3. FLUORESCENCE ET TURBIDITE MESUREES AUX RADIALES CTD (I-K-S)	33
LEG 1 : DECEMBRE 2019	33
LEG 2 : MAI 2020	34
ANNEXE 4. SERIES TEMPORELLES DE TEMPERATURE ISSUES DES MAROTTES HS	35
ANNEXE 5. SERIES TEMPORELLES DE TEMPERATURE ISSUES DES CAPTEURS RBR – JFE ET ADCP	35
ANNEXE 6. ADCP - INTENSITE ET DIRECTION DU COURANT - PASSE DE KOUMAC (A02)	36
ANNEXE 7. ADCP - INTENSITE ET DIRECTION DU COURANT - CHENAL DE L'INFERNET (A01)	41
ANNEXE 8. INTENSITE ET DIRECTION DU COURANT MAROTTE HS	46

LISTES DES TABLES

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des capteurs aux différentes stations. 14



LISTE DES FIGURES

Figure 1 Localisation de la commune de Koumac. (Sources : Bathymétrie GEBCO 500 m – Topographie Géorep 10 m).....	2
Figure 2 Carte topographique et localisation des bassins versants (> 5 km ²) de la région de Koumac	3
Figure 3 Géomorphologie récifale du lagon de Koumac (Andréfouët S., 2004)	4
Figure 4 Bathymétrie du lagon de Koumac utilisée pour la maquette MARS3D « Kana ».....	4
Figure 5 Distribution spatiale des quatre composantes principales de l'onde de marée en Nouvelle-Calédonie.....	5
Figure 6 Amplitudes des 8 harmoniques majeures de l'onde de marée prédites par FES2012 à Nouméa - Koumac et Hienghène	6
Figure 7 Onde de marée recomposée par FES2012 au large de Koumac	6
Figure 8 Carte des systèmes tropicaux pour la saison 2019-2020 dans les bassins du Pacifique Sud et de l'Océan Indien du Sud-Est. (Source : WikiProject Tropical cyclones/Tracks)	7
Figure 9 Trajectoire du Cyclone UESI (Météo France).....	7
Figure 10 Instantané de hauteurs significatives (échelle de couleur) et de directions des états de mer (flèches) simulés par le modèle WW3 le 11-02-20 à 20h (UTC).....	8
Figure 11 Trajectoire de la Dépression Tropicale GRETEL (Météo France)	8
Figure 12 Instantané de hauteurs significatives (échelle de couleur) et de directions des états de mer (flèches) simulés par le modèle WW3 le 15-03-20 à 3h UTC	8
Figure 13 Localisation des stations d'extraction de données.....	9
Figure 14 Conditions météorologiques pendant la période de mesures. Station L1 : P _{atm} (rouge), vitesse (vert) et direction (noir) du vent. Station MF : précipitations instantanées (gris) et cumulées (bleu)	10
Figure 15 Conditions météorologiques durant Uesi et Gretel. Station L1 : P _{atm} (rouge), vitesse (vert) et direction (noir) du vent. Station MF : précipitations instantanées (gris) et cumulées (bleu).....	10
Figure 16 Direction et hauteurs significatives de houle issues de WW3 et extraites à la station O1	11
Figure 17 Série temporelle de température de surface à la station O1 (en noir). Moyennes mensuelles et interannuelles associées (respectivement en rouge et en bleu)	12
Figure 18 Positions des mouillages fixes	13
Figure 19 Positions des stations CTD	15
Figure 20 Positions des lâchers des trois bouées dérivantes (Campagne décembre 2019).....	15
Figure 21 Séries temporelle de salinité à la station J02 (vert) et précipitations mesurées à la station MF (rouge).	17
Figure 22 Présentation des observations sur toute la période de mesure (décembre 2019 - mai 2020).	19
Figure 23 : Présentation globale des observations durant le passage de du cyclone Uesi.....	21
Figure 24 : Présentation globale des observations durant le passage de la dépression Gretel.....	23
Figure 25 : Régime de vent et trajectoires des bouées dérivantes lâchées le 10 décembre 2019	24
Figure 26 : Températures de surface mesurées par les bouées dérivantes lâchées le 10 décembre	25
Figure 27 : Évolution de la température et de la salinité sur la colonne d'eau sur les trois radiales cross-shore réalisées en décembre 2019	26
Figure 28 : Précipitations mesurées au pluviomètre météo France de Koumac durant la mission de récupération des instruments	27
Figure 29 Évolution de la température et de la salinité sur la colonne d'eau pour les trois radiales cross-shore réalisées en mai 2020.....	27

RESUME

Le projet PRESENCE (PRESSIONS sur les Ecosystèmes récifaux et lagunaires de Nouvelle-Calédonie) a pour objectif majeur de mieux appréhender le fonctionnement des lagons de Nouvelle-Calédonie à partir d'observations in-situ, de télédétection et de modélisation hydrodynamique. Ce rapport de terrain, présente les données acquises dans le cadre des missions CADHYAK (CARACTÉRISATION DU FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DU LAGON DE KOUMAC) effectuées dans le lagon de Koumac sur la période du 12 décembre 2019 au 29 mai 2020. Elle a permis de caractériser le fonctionnement général de ce lagon et d'observer l'influence sur l'hydrodynamique de phénomènes climatiques tels que le cyclone (UESI) ou la dépression (GRETEL) qui se sont abattus sur la zone d'étude. Plusieurs types de mesures physiques (e.g température, salinité, courant, niveaux) ont été réalisés afin de mieux appréhender la dynamique de ce lagon sous influence minière.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la Province Nord et la chefferie Boarat pour nous avoir permis de réaliser la pose des capteurs dans le lagon de Koumac, le plongeur Gilbert Sarrailh ainsi que David Lecornu gérant du centre de Plongée « Rêve Bleu » qui a été notre guide et a apporté la logistique nécessaire pour mener à bien ces missions sur le lagon.

CITATION

Ce rapport doit être cité comme suit :

Oriane Bruyère, Romain Le Gendre, Emmanuel Bourassin, Sébastien Petton, Benoit Soulard, (2021). Rapport de mesures dans le lagon de Koumac, Province Nord de la Nouvelle-Calédonie. Projet PRESENCE - mission CADHYAK CARACTÉRISATION DU FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DU LAGON DE KOUMAC. 47 pages

MOTS CLES

Nouvelle-Calédonie, Province Nord, Koumac, Lagon, Hydrodynamique, Courant, Pression, Température, Salinité, Vagues, Environnement Côtier, Bassins versants, Qualité de l'eau, Projet PRESENCE

INTRODUCTION

Cette mission d'instrumentation a été réalisée dans le cadre du projet de recherche PRESENCE (PRESSIONS sur les Ecosystèmes récifaux- lagonaires de Nouvelle-Calédonie). Depuis 2017, ce projet a pour but de mieux appréhender le fonctionnement des lagons de Nouvelle-Calédonie à partir d'observations in-situ, de télédétection et de modélisation hydrodynamique. Le projet s'appliquant à caractériser le fonctionnement physique de lagons soumis à divers types de pressions, qu'elles soient urbaines (e.g lagon sud-ouest), agricoles/aquacoles (e.g. région de Moindou) ou encore dans des milieux plus « préservés » (e.g lagon de Hienghène), le site d'étude de Koumac a été choisi en regard des pressions minières exercées par les bassins versants alentours ainsi que pour pallier à l'absence de données physiques sur le secteur. Les données mesurées pourront par ailleurs servir à des fins de calibration/validation de la maquette Kana du modèle MARS3D.

Les six mois d'acquisition de données réalisés dans le lagon de Koumac, ont nécessité deux campagnes sur le terrain pour réaliser :

- La pose des instruments sur des mouillages fixes en décembre 2019, également associée à la réalisation de trois radiales cross-shore de CTD (Conductivity – Temperature – Depth) sur toute la colonne d'eau. Par ailleurs, trois bouées lagrangiennes ont été lâchées dans le lagon sur une durée d'environ 24h afin d'observer la circulation des eaux de surface.
- La récupération de tous les instruments, initialement prévue en mars 2020, a été retardée à fin mai 2020 pour des raisons météorologiques puis sanitaires (confinement lié au COVID-19). Cette mission a été combinée une fois de plus aux trois radiales CTD ainsi qu'à des profils CTD ponctuels dans le lagon conjointement avec l'acquisition d'une image satellite Sentinel-2A le 27 mai sur la zone.

Après une présentation des caractéristiques de la région d'étude et une description des conditions météorologiques et océaniques survenues durant la période de mesure, une présentation du plan d'échantillonnage est réalisée. Enfin, la dernière partie sera consacrée à une présentation non exhaustive des données brutes acquises.

1. REGION D'ETUDE

1.1. Généralités

La Nouvelle-Calédonie est un archipel situé dans le Pacifique Sud ($21^{\circ}15' S$, $165^{\circ} 18' E$) à environ 1 400 km à l'est des côtes australiennes. Ce territoire se compose d'une île principale, la Grande Terre et de plusieurs îles (e.g. îles Loyauté, île des Pins, îles Bélep). Orientée dans l'axe des vents dominants (alizés), la Grande Terre se caractérise tout d'abord par sa forme et ses dimensions, plus de 400 km de long du nord au sud sur environ 80 km de large, mais également par la présence d'une chaîne montagneuse induisant des différences marquées de paysages entre les côtes est et ouest. Le littoral de la côte ouest est notamment caractérisé par la présence de lagons fermés par un récif barrière distant de plusieurs kilomètres de la côte. Les paysages terrestres sont définis par de grandes plaines où une végétation de type savane est majoritaire et propice à l'élevage. La côte est est quant à elle balayée par les alizés ce qui lui confère un climat beaucoup plus humide induisant un paysage marqué par des forêts denses et tropicales. Au centre de l'île, une chaîne de montagnes s'élève et sépare les deux côtes, ces massifs montagneux sont exploités pour leur richesse en minerais et notamment pour le nickel.

Koumac est une commune littorale établie au nord de la côte ouest de la Grande Terre à environ 370 km de la capitale, Nouméa (Figure 1).

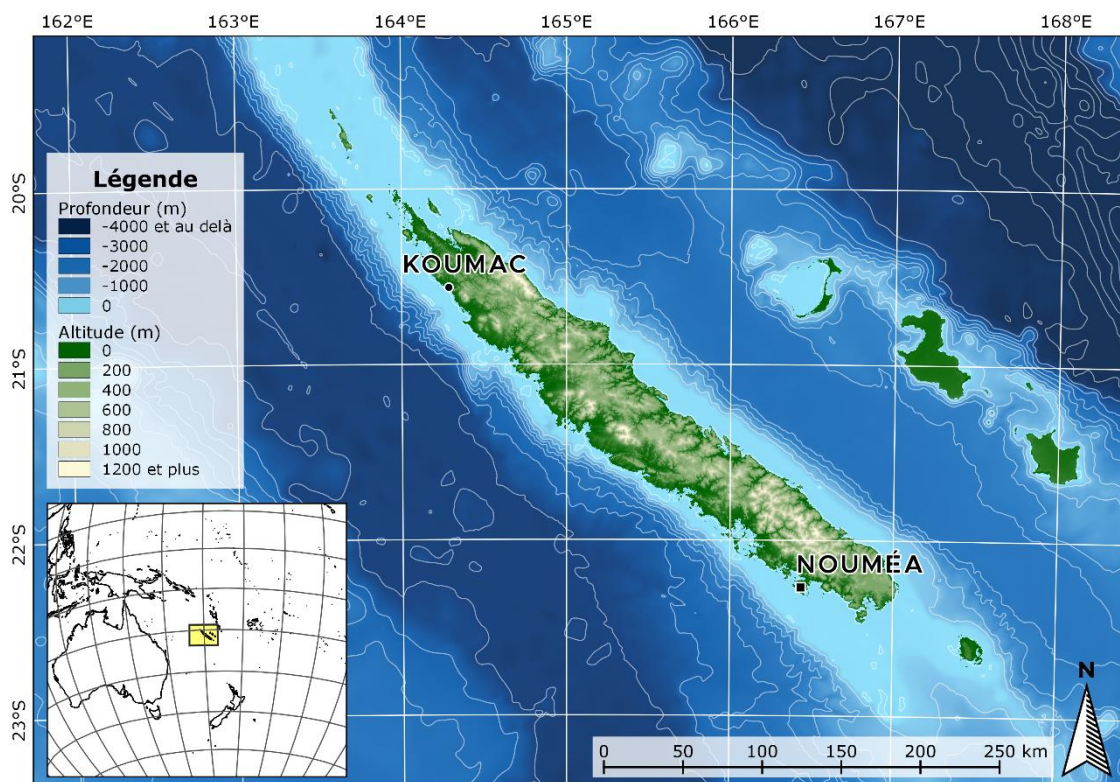


Figure 1 | Localisation de la commune de Koumac.
(Sources : Bathymétrie GEBCO 500 m – Topographie Géorep 10 m)



1.2. Bassins versants

La ville de Koumac, est située sur la plaine littorale (< 160 m d'altitude) et entourée par les massifs de la chaîne centrale (Figure 2). Le bassin versant le plus important est celui de la rivière éponyme (La Koumac) atteignant une superficie de 222 km². Les bassins alentours présentent des superficies plus modestes avoisinant en moyenne 10 km². Les plaines de la région sont principalement utilisées pour les élevages et cultures tandis que les massifs montagneux sont exploités pour leurs teneurs en minerais (Mine de Tiébaghi – Mine de l'étoile du Nord).

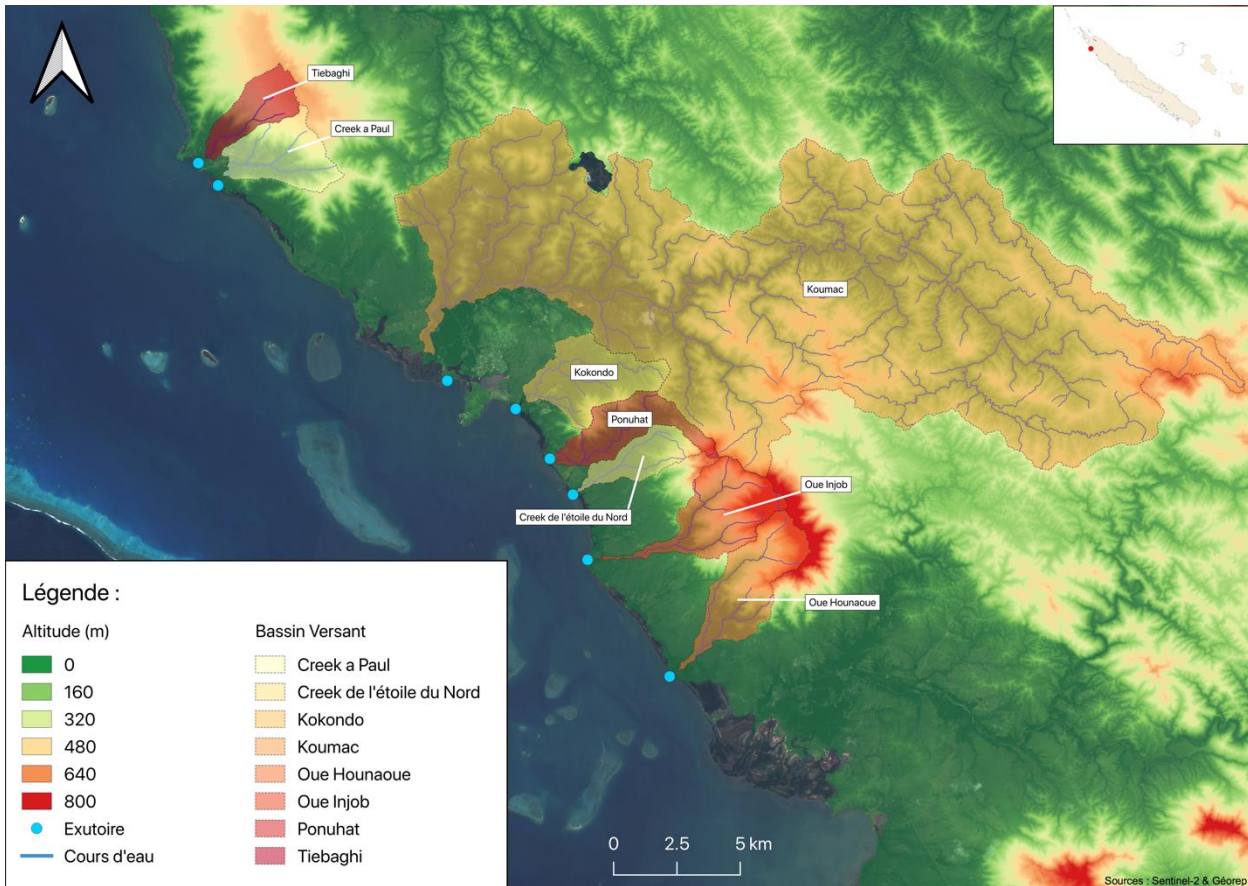


Figure 2 | Carte topographique et localisation des bassins versants (> 5 km²) de la région de Koumac

1.3. Le lagon

Le lagon de Koumac se compose, de la côte vers le large, de quelques récifs frangeants suivis de constructions coralliennes de type platier récifal (e.g. récif de l'Infernet) au centre du lagon et enfin d'un récif barrière situé approximativement à une dizaine de kilomètres de la côte et ouvert sur l'océan au niveau de deux passes (la passe de Koumac et la passe de Deverd plus au sud) (Figure 3). La présence de terres émergées est également remarquable avec l'îlot Kendec dans la passe de Koumac et les îlots de la Table, Magone et Tangadiou situés dans le nord du lagon.

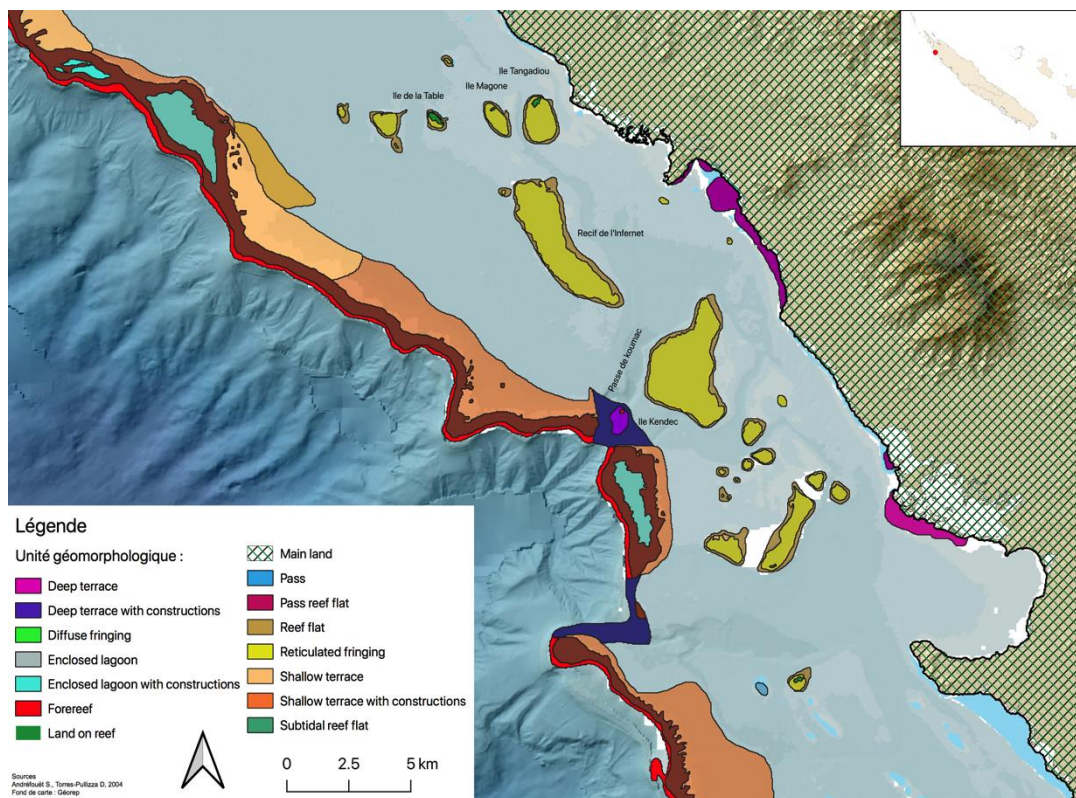


Figure 3 | Géomorphologie récifale du lagon de Koumac (Andréfouët S., 2004)

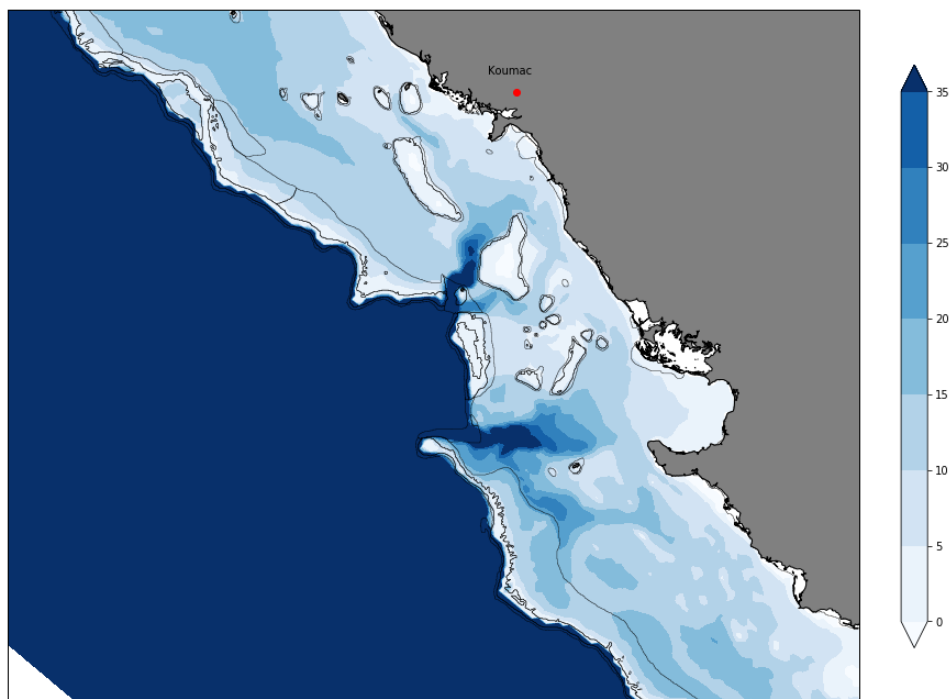


Figure 4 | Bathymétrie du lagon de Koumac utilisée pour la maquette MARS3D « Kana »



- Région d'étude -

Le lagon est majoritairement peu profond (entre 10 – 20 m), excepté dans les chenaux formés par les passes où les profondeurs peuvent atteindre à l'intérieur du lagon plus de 30 mètres (Figure 4).

1.4. Marée

La marée est un phénomène astronomique engendrant une modification cyclique du niveau marin. Elle se définit comme une onde composée de plusieurs harmoniques possédant des amplitudes et phases différentes. Sur la Grande Terre, seuls trois marégraphes (Nouméa, Hienghène, Ouinné) sont opérationnels pour mesurer et enregistrer ces variations. En l'absence de mesure *in situ*, il est possible de recomposer les harmoniques de marées afin de déterminer l'évolution des niveaux d'eau. Le modèle FES2012, par exemple, propose 32 harmoniques de marée utilisables pour recomposer le signal tidal de niveau en un point donné du globe. L'amplitude des harmoniques majeures (M2, K1, S2 et O1) autour de la Grande Terre varie selon des gradients nord-sud et/ou est-ouest (cf. Figure 5).

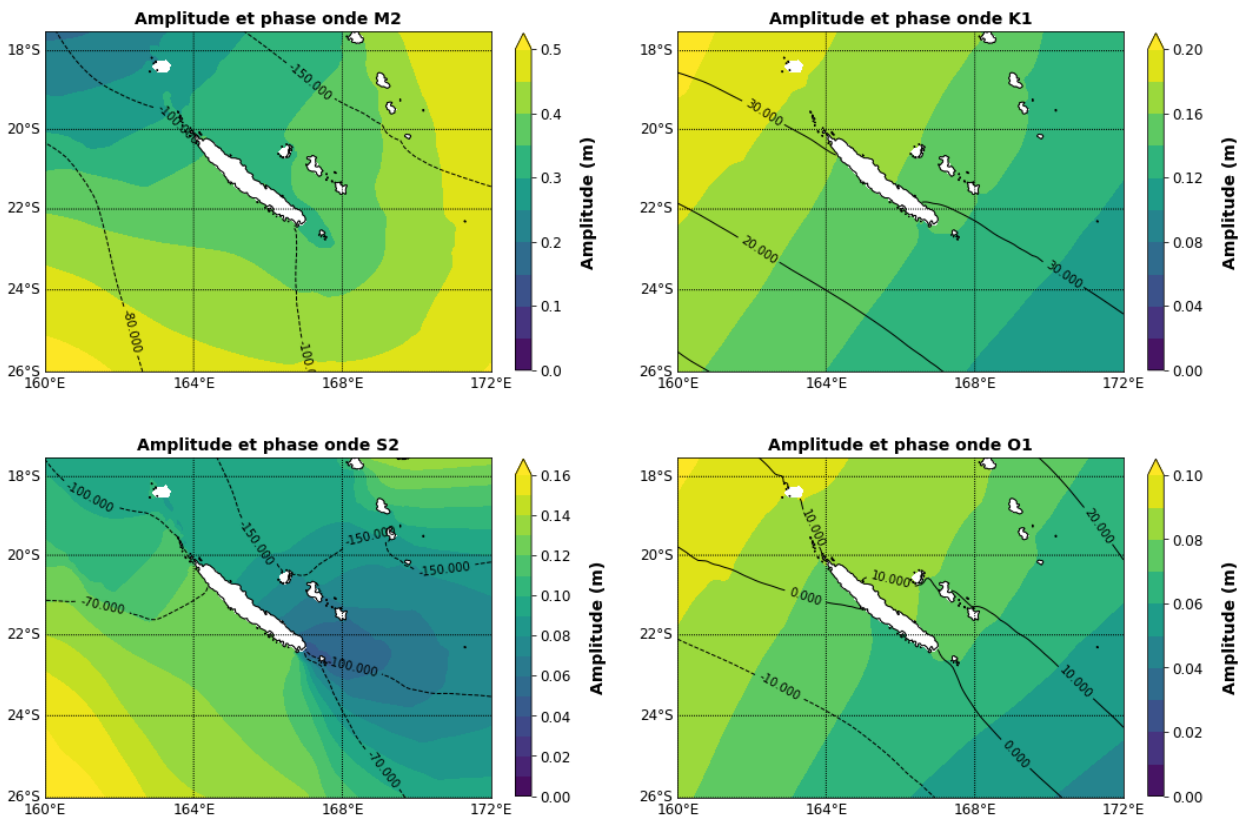


Figure 5 | Distribution spatiale des quatre composantes principales de l'onde de marée en Nouvelle-Calédonie

Localement, il est possible d'extraire les harmoniques majeures de la solution FES2012 (cf. Figure 6). L'histogramme présente les amplitudes sur trois points autour de la Grand-Terre (Nouméa, Koumac et Hienghène). Pour ces trois stations, la composante semi-diurne M2 représente entre 39 et 43% (respectivement à Hienghène et à Nouméa) de l'amplitude totale des huit harmoniques majeures. On observe notamment une diminution de l'amplitude M2 entre Nouméa et Koumac de 0,033 m, à l'inverse, K1 augmente entre Nouméa et Koumac de 0,02 m.

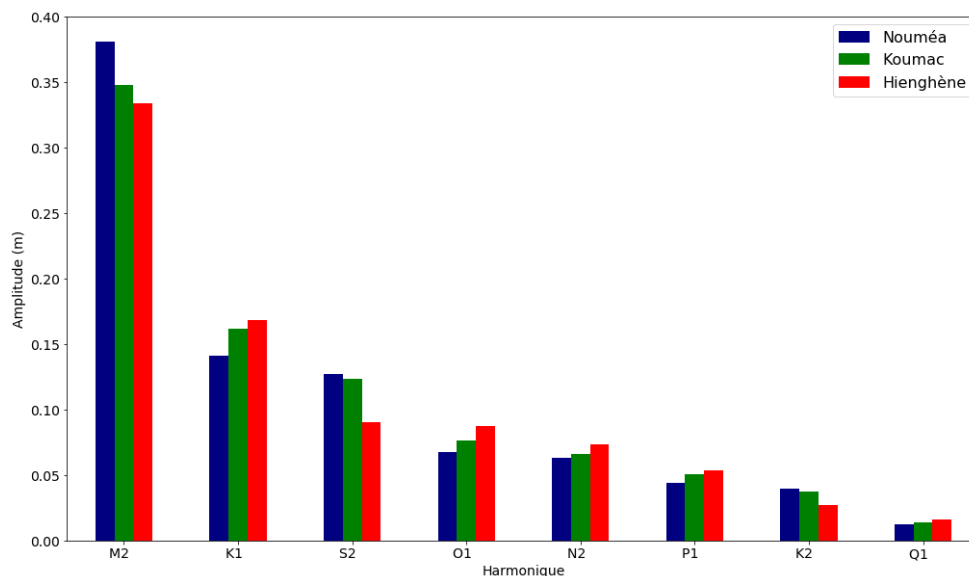


Figure 6 | Amplitudes des 8 harmoniques majeures de l'onde de marée prédites par FES2012 à Nouméa - Koumac et Hienghène

Connaitre les valeurs d'amplitude permet de catégoriser le signal de marée. En Nouvelle-Calédonie, la marée est semi-diurne à inégalités diurnes (Douillet P., 1998). De plus amples informations sont disponibles dans un rapport dédié à l'évaluation de l'atlas FES2012 en Nouvelle-Calédonie (lien : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00641/75341/>).

La Figure 7 représente le signal de marée issu de la recombinaison FES2012 au large de Koumac ($20^{\circ} 41' 47.6'' - E 164^{\circ} 6' 30.099''$) sur la période décembre 2019 - mai 2020. On voit clairement l'alternance des cycles de mortes eaux/vives eaux tous les 14 jours. Le marnage moyen observé dans le lagon de Koumac équivaut à environ 1,40 m ce qui, d'après la classification de Davies, caractérise un environnement mésotidal (marnage entre 2 et 4m).

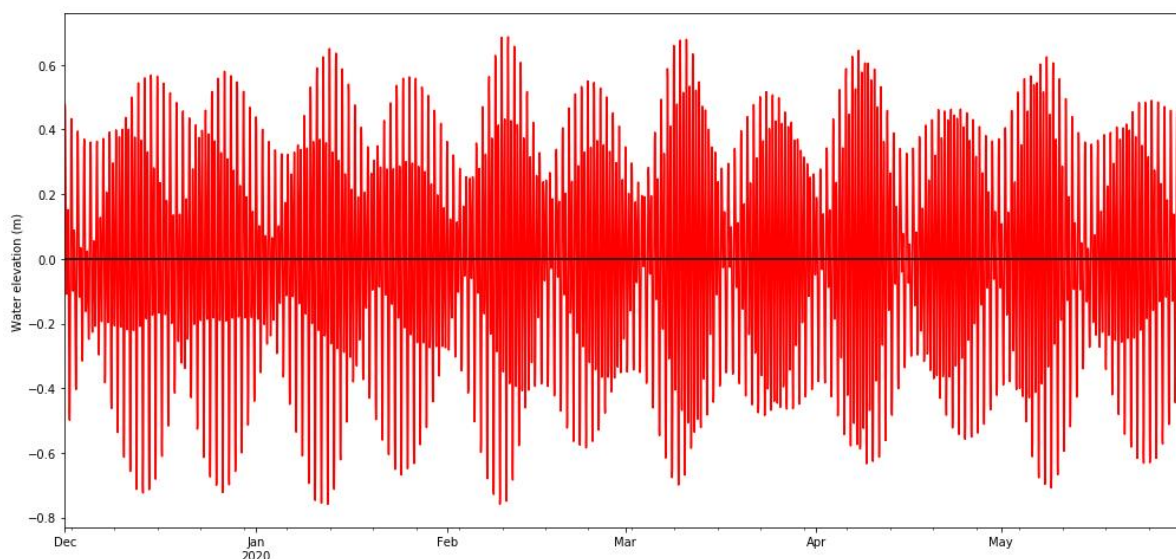


Figure 7 | Onde de marée recomposée par FES2012 au large de Koumac



2. CONTEXTE CLIMATIQUE

2.1. Évènements météorologiques

La saison cyclonique débute dans le Pacifique Sud Ouest en novembre et s'étend jusqu'à fin avril (Diamond, H. J., 2012). Pour la saison 2019-2020, 8 phénomènes majeurs, 3 tempêtes tropicales et 5 cyclones, ont été enregistrés dans ce bassin (Figure 8). Seuls deux évènements ont directement concerné la Nouvelle-Calédonie : le cyclone Uesi et la dépression tropicale Gretel.

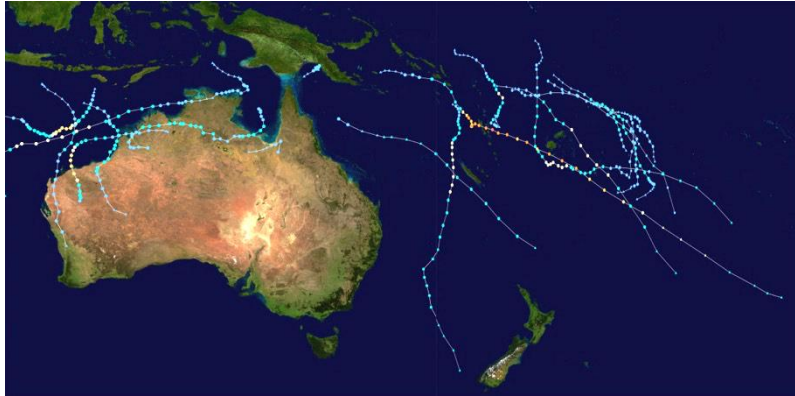


Figure 8 | Carte des systèmes tropicaux pour la saison 2019-2020 dans les bassins du Pacifique Sud et de l'Océan Indien du Sud-Est. (Source : WikiProject Tropical cyclones/Tracks)

2.1.1. Cyclone tropical UESI

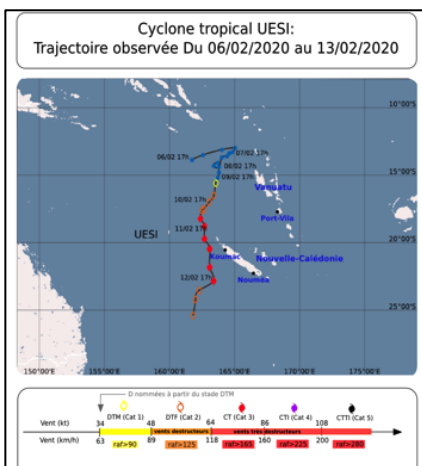


Figure 9 | Trajectoire du Cyclone UESI (Météo France)

Uesi s'est développé en mer de corail au large des côtes sud de l'archipel des îles Salomon. Il s'est renforcé en se déplaçant au sud-ouest, jusqu'à atteindre le nord de la Nouvelle-Calédonie passant au stade de cyclone tropical de catégorie 3 (Figure 9). Il est passé au plus près de la côte nord de la Grande-Terre dans la nuit du 11 au 12 février 2020 à une distance de 100 km de la commune de Koumac. De fortes rafales de vent (100 à 120 km/h) et des précipitations se sont alors abattues pendant plusieurs heures sur le nord de la Grande Terre (173 mm en 24h). Les hauteurs significatives de vagues simulées par le modèle WAVEWATCH III Nouvelle-Calédonie-Vanuatu à 3 minutes de résolution (lien : <https://nouvelle-caledonie.ifremer.fr/>) étaient proches de 4-5 mètres et orientées de secteur Nord Nord-Ouest aux abords du lagon de Koumac (Figure 10).

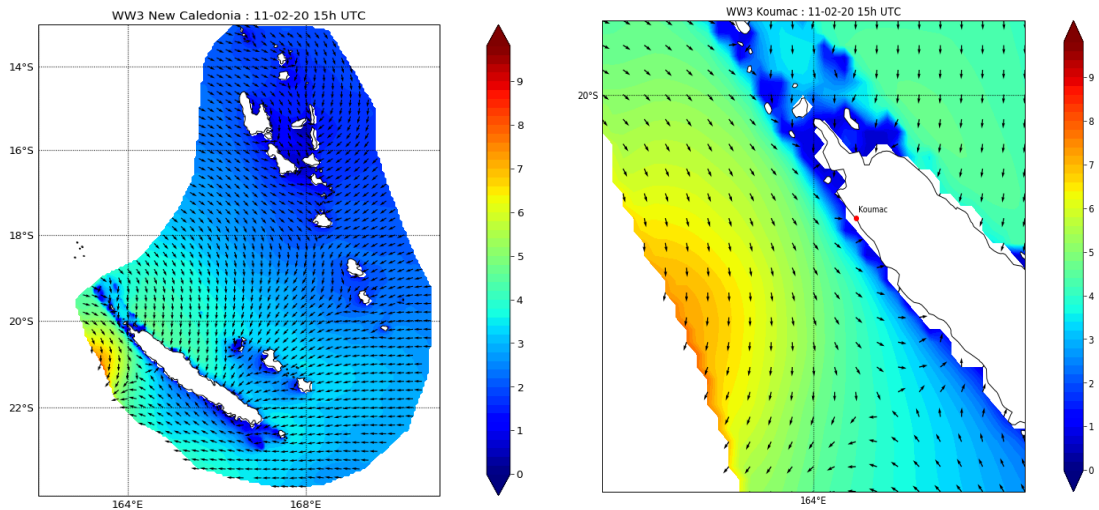
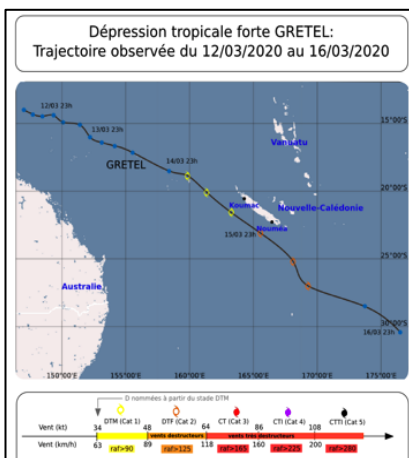


Figure 10 | Instantané de hauteurs significatives (échelle de couleur) et de directions des états de mer (flèches) simulés par le modèle WW3 le 11-02-20 à 20h (UTC)

2.1.2. Dépression Tropicale Forte GRETEL



GreteL s’est développée sur la côte nord-est de l’Australie en suivant une trajectoire vers le sud-est. Elle a atteint le littoral ouest de la Grand-Terre dans la nuit du 15 au 16 mars 2020 au stade de dépression tropicale modérée (Figure 11). Elle a continué à se renforcer en longeant la côte à une centaine de kilomètres, pour atteindre le stade de dépression tropicale forte au large de Nouméa. Des rafales de vent entre 120 et 140 km/h, suivies d’intenses précipitations ont été mesurées sur toute la côte (55 mm en 24 h). Le modèle de vagues WW3 a quant à lui simulé des hauteurs significatives de houles exceptionnelles (8-9 mètres) lorsque que le phénomène était au plus proche de Koumac (Figure 12).

Figure 11 | Trajectoire de la Dépression Tropicale GRETEL (Météo France)

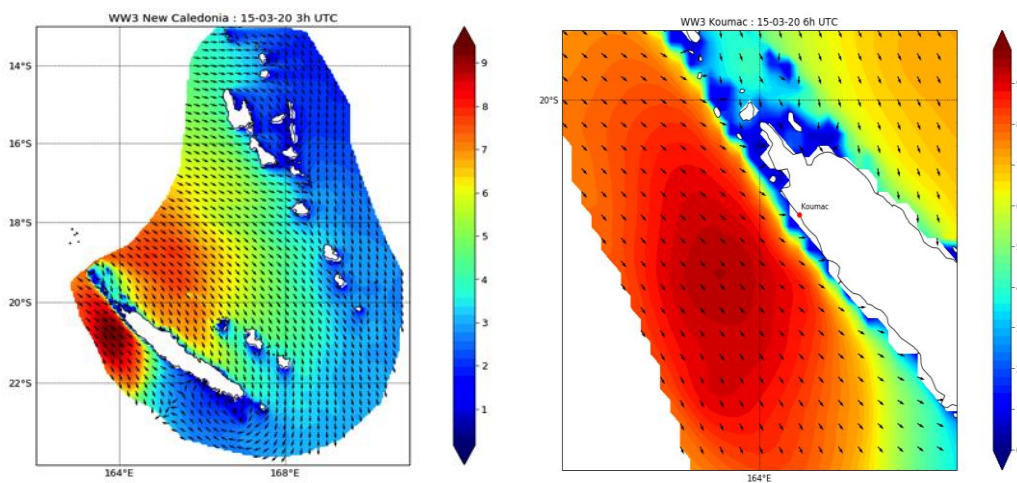


Figure 12 | Instantané de hauteurs significatives (échelle de couleur) et de directions des états de mer (flèches) simulés par le modèle WW3 le 15-03-20 à 3h UTC



2.2. Conditions atmosphériques

Les conditions météorologiques sur la période sont présentées ci-après, à partir de données *in-situ* et des simulations de modèles. Les données de terrain proviennent de la station Météo France (MF) (Figure 13) implantée sur la commune de Koumac. Elle mesure en temps réel les précipitations et la pression atmosphérique au pas de temps horaire.

L'intensité et la direction du vent au pas de temps horaire sont issues de la réanalyse ERA5 à 30 km de résolution (Hersbach, H., 2020). Ces données ont été extraites sur la maille ERA5 la plus proche de la station L1 située en milieu lagonnaire.



Figure 13 | Localisation des stations d'extraction de données

La Figure 14 présente les chroniques de pression atmosphérique (hPa), de direction (en degrés) et d'intensité du vent (m/s) extraites à la station L1 ainsi que les précipitations (mm/h) relevées à la station MF. Le positionnement des événements cycloniques durant la période (Uesi et Gretel) est notifié sur les différentes figures par deux bandes rouges.

Entre décembre 2019 et mai 2020, le lagon de Koumac a été soumis majoritairement à un alizé de sud-est modéré (entre 4 et 6 m/s) interrompu par ces deux phénomènes dépressionnaires intenses. Sur la période de mesures Cadhyak, plusieurs épisodes de pluie conséquents ont également été observés au pluviomètre Météo France avec des intensités et durées variables.

- Contexte climatique -

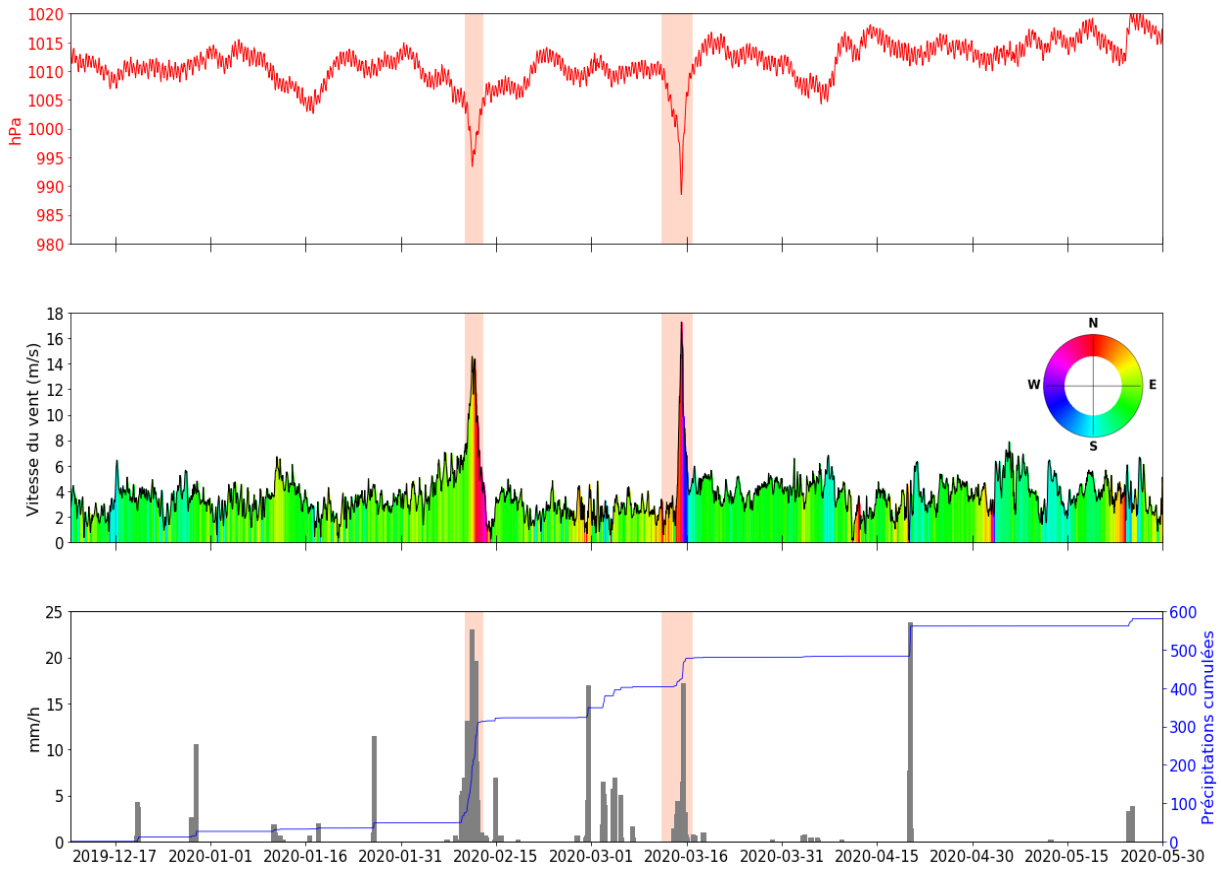


Figure 14 | Conditions météorologiques pendant la période de mesures. Station L1 : P_{atm} (rouge), vitesse (vert) et direction (noir) du vent. Station MF : précipitations instantanées (gris) et cumulées (bleu)

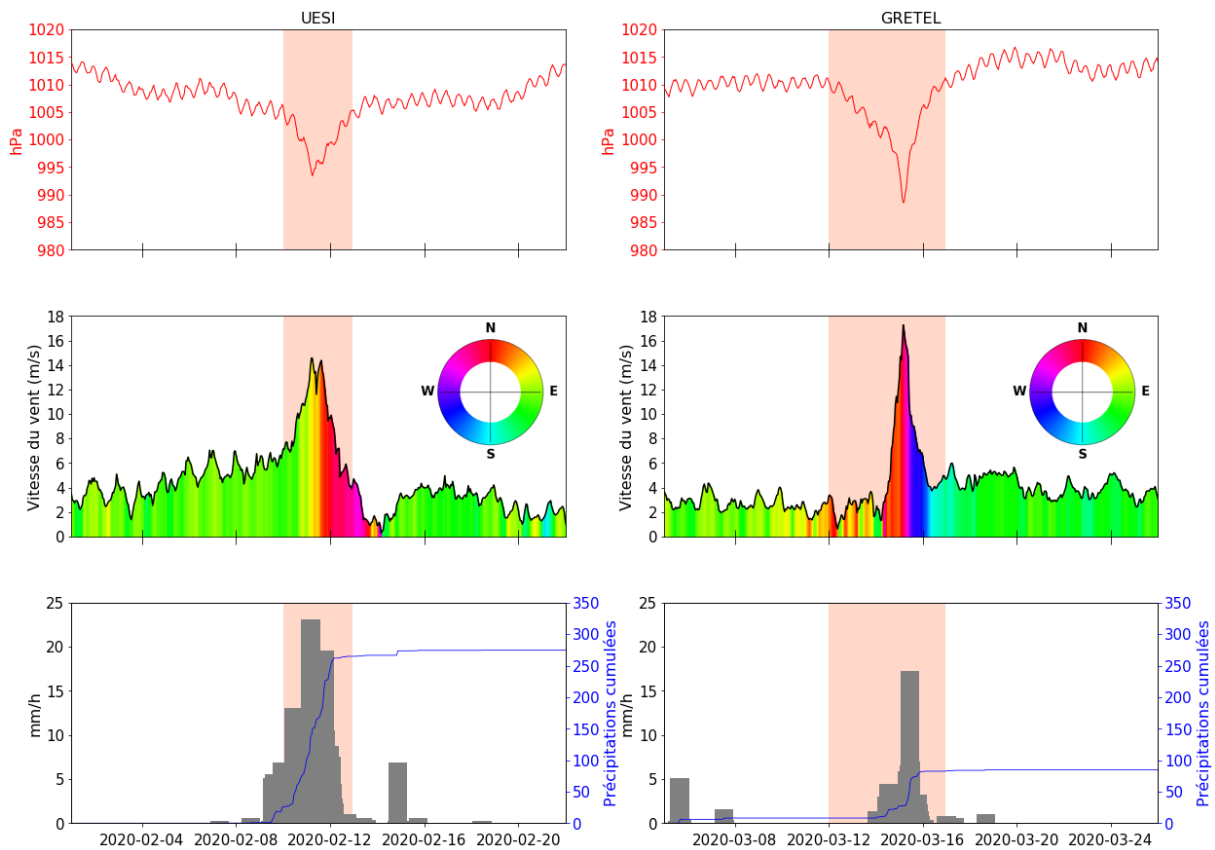


Figure 15 | Conditions météorologiques durant Uesi et Gretel. Station L1 : P_{atm} (rouge), vitesse (vert) et direction (noir) du vent. Station MF : précipitations instantanées (gris) et cumulées (bleu)



- Contexte climatique -

Les deux phénomènes atmosphériques Uesi et Gretel sont identifiables sur ces séries temporelles par une chute rapide de la pression atmosphérique atteignant 993 hPa pour le cyclone Uesi et 989 hPa pour Gretel.

Un phénomène de « backing » est observable pour la composante vent : orienté sud-est avant les phénomènes cycloniques, le vent tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en atteignant une direction nord-nord-ouest au plus fort de l'évènement, suivit d'un rétablissement des alizés. De forts cumuls de précipitations s'étalant sur plusieurs jours ont également été observés (cf. Figure 15).

2.3. Conditions océaniques

Les données d'états de mer issues de WW3 ont été extraites au niveau de la station océanique O1 (cf. Figure 13). Les vagues proviennent principalement du sud et du sud-sud-est avec des hauteurs significatives moyennes comprises entre 1 et 2 m. Les simulations WW3 montrent des hauteurs significatives de vagues exceptionnelles au large de Koumac à la mi-février et mi-mars avec des valeurs supérieures à 4 mètres pour le cyclone Uesi et au-delà de 8 mètres pour la dépression Gretel (Figure 16). Par ailleurs, pendant ces 2 évènements la provenance des vagues était plutôt nord-nord-ouest.

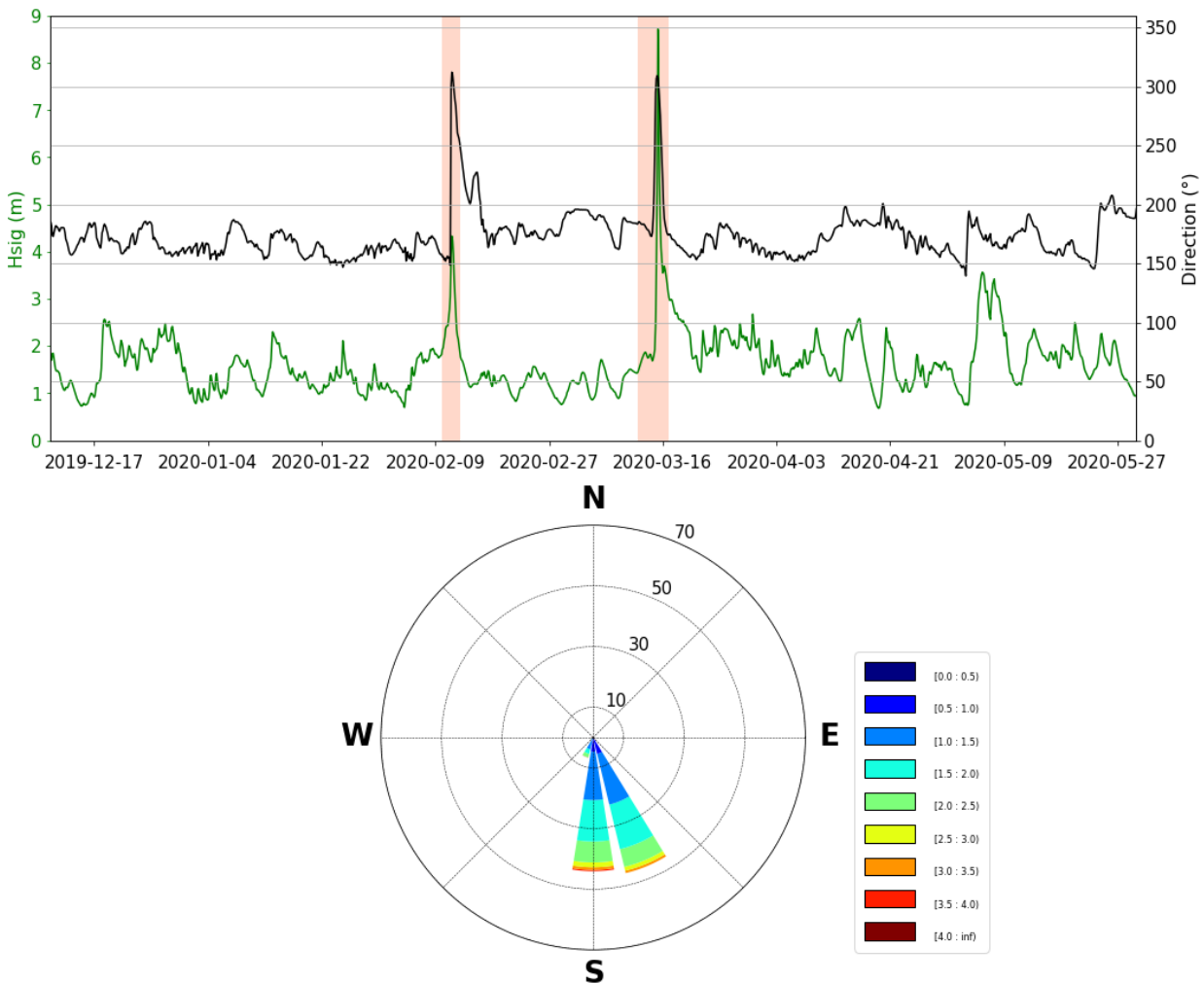


Figure 16 | Direction et hauteurs significatives de houle issues de WW3 et extraites à la station O1

2.4. Température de surface

Le produit satellitaire MUR (Multi-Scale Ultra High Resolution) SST (Sea Surface Temperature), est un produit journalier composite fournissant la température des eaux de surface des océans à l'échelle globale à une résolution de 1 km (Chin, T. et al, 2017). Depuis la mise en œuvre de ce produit en juin 2002 ([Lien NASA¹](#)), un jeu de données conséquent est disponible en quasi temps réel. Sa profondeur temporelle permet notamment le calcul d'indicateurs mensuels climatologiques tels que des moyennes interannuelles ou des anomalies. Ces indicateurs sont par ailleurs mis à jour mensuellement, à l'échelle du Parc Naturel de la Mer de Corail (PNMC), sur le site de la Délégation de l'Ifremer en Nouvelle-Calédonie ([Lien LEAD-NC²](#)).

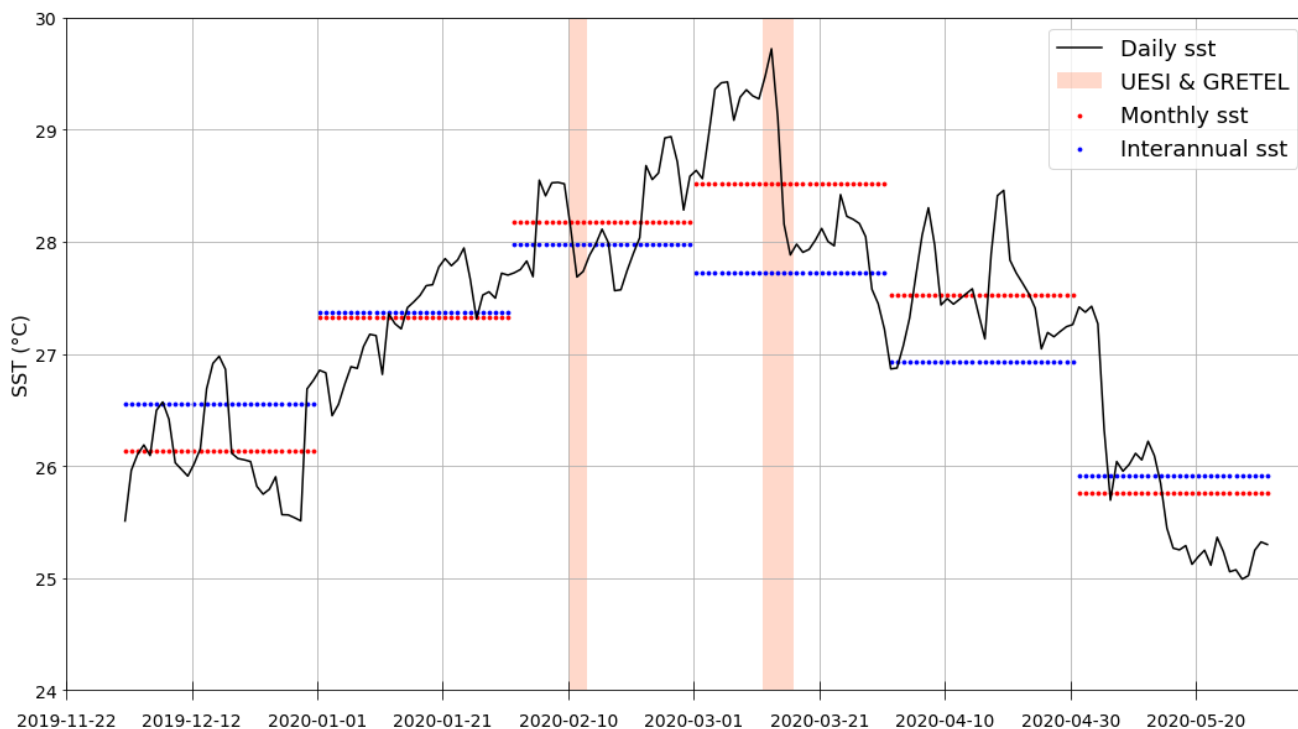


Figure 17 | Série temporelle de température de surface à la station O1 (en noir). Moyennes mensuelles et interannuelles associées (respectivement en rouge et en bleu)

La Figure 17 présente la série temporelle de température journalière extraite à la station O1, les moyennes mensuelles sur la durée de la campagne de mesures, et les moyennes mensuelles interannuelles issues des climatologies 2003-2018 pour décembre 2019 et 2003-2019 pour le reste du graphique.

Les données journalières de température de surface suivent globalement une augmentation entre décembre 2019 et la mi-mars d'environ 3 °C. S'ensuit une diminution du même ordre de grandeur jusqu'à fin mai. Après un mois de janvier situé dans les normales, les mois de février, mars et avril montrent des anomalies positives importantes, avec respectivement des valeurs de 0.2, 0.8 et 0.6 °C. Enfin, le passage de la dépression Gretel engendre une baisse conséquente de la température d'environ 2 °C.

¹ Lien NASA | <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/MUR-JPL-L4-GLOB-v4.1>

² Lien LEAD-NC | <https://nouvelle-caledonie.ifremer.fr/Outils-pour-la-gestion/Donnees/SST-Anomalies-mensuelles>



3. INSTRUMENTATION DU LAGON

3.1. Stratégie d'échantillonnage

Pour mémoire, la récupération des instruments a été retardée de plusieurs semaines, d'abord pour des raisons météorologiques (dépression Gretel), puis sanitaires (Covid-19). En conséquence, les dates de fin d'acquisition diffèrent selon les instruments et la durée de vie de leur batterie.

Le lagon présente plusieurs interfaces d'intérêt le long du continuum Terre-Lagon-Océan, jouant des rôles majeurs sur son fonctionnement et son état de santé. La compréhension des échanges entre la terre et le lagon (e.g apports fluviaux) ainsi qu'entre l'océan et le lagon (e.g via les passes ou par surverse sur les récifs barrière) est par exemple primordiale afin d'être en mesure d'estimer l'extension des panaches ou encore les taux de renouvellement des lagons. L'objectif du projet PRESENCE étant de mieux appréhender la dynamique de ces milieux, plusieurs types d'instruments ont été déployés à cet effet.

Pour suivre la circulation des masses d'eau à l'intérieur du lagon mais aussi au niveau de la passe, des ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) Sentinel V2 ont été disposés pour caractériser la vitesse et la direction du courant sur la colonne d'eau. Pour les zones de plus petits fonds, des inclinomètres mesurant également l'intensité et la direction du courant (Marotte HS) ont été utilisés afin de mesurer les entrées/sorties d'eau circulant par-dessus la barrière récifale (surverses). Enfin des bouées ont été lâchées pour observer le déplacement des eaux de surfaces du lagon.

Pour identifier l'influence des apports fluviaux, des thermo-salinomètres JFE Advantech ont été disposés afin de mettre en évidence le déplacement et l'extension des masses d'eau douce. Enfin des capteurs de pression-température RBR® ont été utilisés pour avoir une connaissance des états de mer (hauteur et période de la houle incidente) ainsi que pour caractériser le signal de marée et surcotes durant la période d'acquisition.

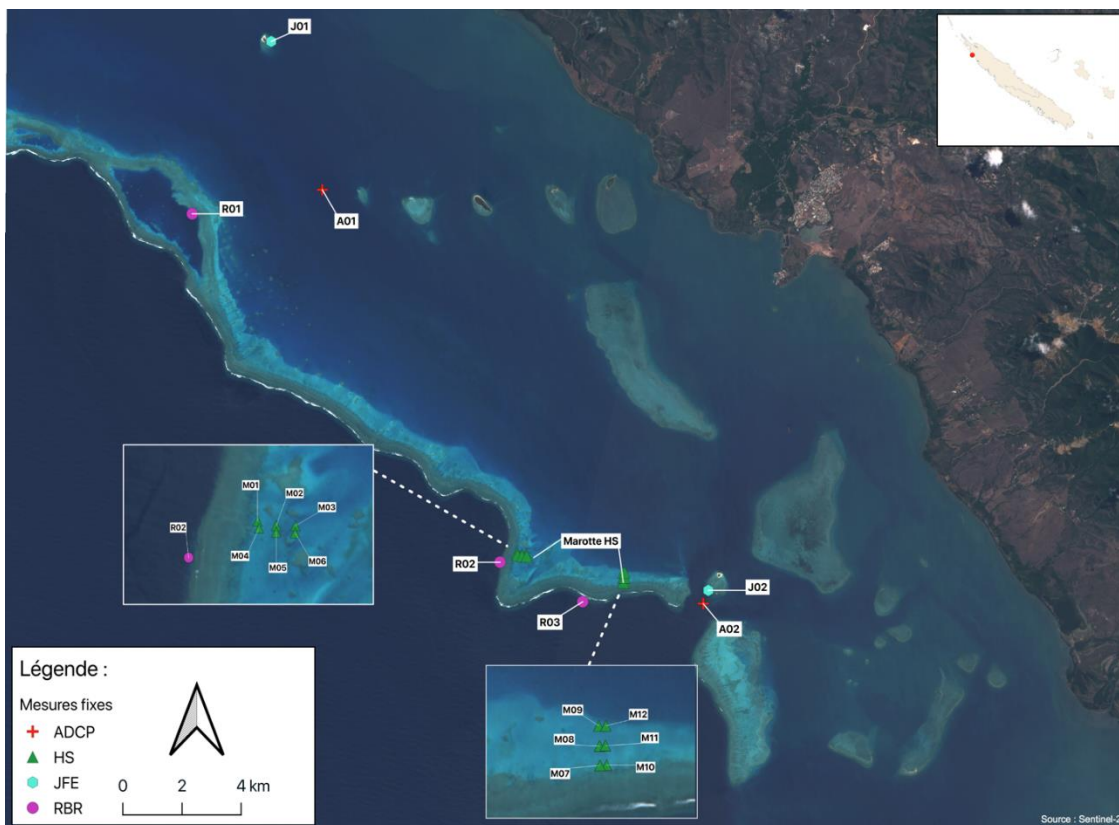


Figure 18 | Positions des mouillages fixes

3.1.1. Mouillages fixes

Au total, 18 mouillages fixes ont été positionnés entre la passe de Koumac au sud et les îlots coralliens au nord (îlot de la Table). La Figure 18 présente la position des instruments.

Quatre types d'instruments ont été déployés :

- 2 ADCP ont été installés aux points A01 et A02, respectivement dans le chenal de l'Infernet à l'intérieur du lagon et dans la Passe de Koumac.
- 12 courantomètres (Marotte HS – High Sampling Rate) situés sur deux zones d'arrière récif. Les stations M07 à M12 sont placées dans une zone sous influence de la houle dominante (sud, cf. 2.3) au contraire des capteurs M01 à M06 qui sont plutôt exposés aux houles de secteur ouest.
- 3 instruments RBR®, deux RBR Duo et un RBR Duet ont été fixés aux stations R01, R02 et R03. Les capteurs fixés en stations R02 et R03 sont situés sur la pente externe du récif et chacun face à un lot de 6 marottes afin de quantifier la houle incidente. R01 est quant à lui placé dans le trou bleu pour apporter des informations sur les signaux d'élévation/température.
- 2 thermo-salinomètres JFE (J01 et J02) situés aux abords de platiers récifaux. J01, situé au nord du lagon et J02 situé aux abords de la passe de Koumac.

Les caractéristiques techniques de chaque mouillage sont présentées dans le Tableau 1. Deux capteurs (R02 et M08) n'ont malheureusement pas été retrouvés, sans doute suite aux conditions climatiques exceptionnelles présentées au chapitre 2.

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des capteurs aux différentes stations.

Station	Paramètres	Longitude	Latitude	Profondeur (m)	Fréquence d'acquisition	Début de la mesure (UTC)	Fin de la mesure (UTC)
A01	Courant – Température - Pression	164,136466	-20,554121	19,5	20 min	10/12/19	06/05/20
A02	Courant – Température - Pression	164,252161	-20,675672	27	10 min	11/12/19	18/05/20
R01	Température - Pression	164,096938	-20,561161	12	1 sec	12/12/19	28/04/20
R02	Température - Pression	164,190428	-20,663492	10,4	1 sec	PERDU	
R03	Température - Pression	164,21555	-20,675113	11,7	1 sec	12/12/19	06/04/20
J01	Température - Salinité	164,120939	-20,510531	4,8	10 min	12/12/19	26/05/20
J02	Température - Salinité	164,253714	-20,671781	4,8	10 min	12/12/19	27/05/20
M01	Courant - Température	164,19567	-20,660921	3,9	1 sec	10/12/19	28/05/20
M02	Courant - Température	164,197096	-20,66123	5	1 sec	10/12/19	28/05/20
M03	Courant - Température	164,198547	-20,661251	6	1 sec	10/12/19	01/05/20
M04	Courant - Température	164,195782	-20,661425	3,6	1 sec	10/12/19	19/05/20
M05	Courant - Température	164,197097	-20,661697	5,2	1 sec	10/12/19	28/05/20
M06	Courant - Température	164,198529	-20,661771	6	1 sec	10/12/19	28/05/20
M07	Courant - Température	164,22789	-20,669449	3	1 sec	10/12/19	28/05/20
M08	Courant - Température	164,22785	-20,668032	3,5	1 sec	PERDU	
M09	Courant - Température	164,227801	-20,666582	3,9	1 sec	10/12/19	16/05/20
M10	Courant - Température	164,228385	-20,669414	2,8	1 sec	10/12/19	28/05/20
M11	Courant - Température	164,228316	-20,668009	3,1	1 sec	10/12/19	28/05/20
M12	Courant - Température	164,228321	-20,666574	4	1 sec	10/12/19	28/05/20



3.1.2. Mesures ponctuelles

Les deux missions réalisées pour la pose et la récupération des instruments ont également fait l'objet de profils avec une sonde CTD SBE 19plus V2 (Conductivity – Temperature – Depth) équipée de capteurs supplémentaires de turbidité, fluorescence et PAR (quantité de lumière utile pour la photosynthèse). Trois radiales, nommées I, K et S du nord au sud (pour Infernet, Koumac et passe de Deverd) ont été effectuées afin de mettre en évidence d'éventuels gradients côte / large et/ou surface / fond des différents paramètres mesurés (Figure 19). Des informations complémentaires (e.g dates d'acquisition, positions et profondeurs des profils) sont disponibles en Annexe 2.



Figure 19 | Positions des stations CTD

3.1.3. Circulation de surface

Trois bouées lagrangiennes (PacificGyre®, modèle Reef drifter) ont été déployées en 3 points différents du lagon (Figure 20) pendant une période de 24 heures. Ces bouées spécifiquement construites pour caractériser la circulation de surface émettent leur position toutes les 10 minutes. Les lâchers ont été effectués le 10 décembre 2020 entre la passe de Koumac et la pointe de Pandop.

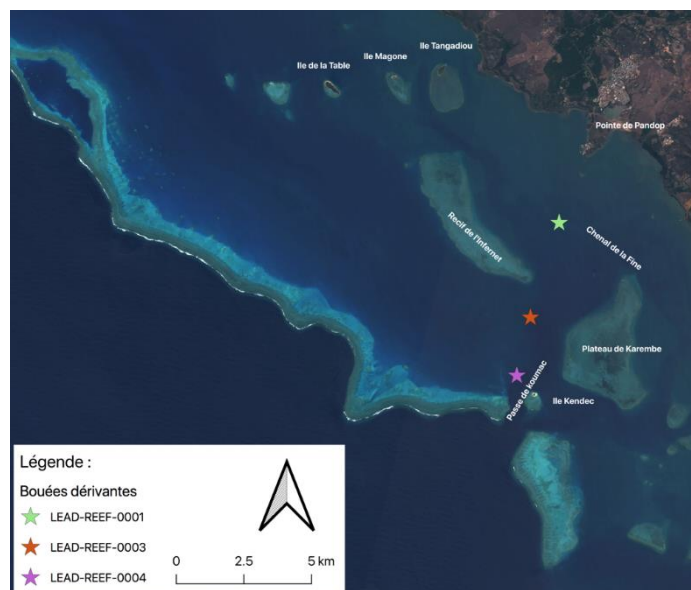


Figure 20 | Positions des lâchers des trois bouées dérivantes (Campagne décembre 2019)

3.2. Disponibilité du jeu de données

La mission CADHYAK a permis d'acquérir un jeu de données conséquent de variables physiques caractérisant la dynamique du lagon de Koumac.

Le plan d'échantillonnage, les métadonnées des mouillages et données issues des bouées dérivantes sont disponibles sur le site sextant.ifremer.fr.

Liens vers les fiches de métadonnées associées :

<https://sextant.ifremer.fr/Donnees/Catalogue#/metadata/adfccb3a-d44c-4d7e-bacb-09b4eb1bfbf2>

<https://sextant.ifremer.fr/Donnees/Catalogue#/metadata/86b9b31f-aa30-4471-8f2e-3705bdf71380>

Enfin, les données physiques ont été bancarisées dans le portail de données SEANOE au format Netcdf4 :

<https://doi.org/10.17882/79616>



4. RESULTATS

Nous ne présentons ici que certains résultats issus des capteurs fixes et mesures ponctuelles réalisées entre décembre 2019 et mai 2020. D'autres séries de données sont disponibles en annexes numérotées de 3 à 8.

4.1. Agrégation de mesures et conventions de représentation

Pour des raisons de clarté de la représentation, les valeurs d'intensité et de direction du courant des inclinomètres M01 à M06 et M07 à M12 ont été moyennées par groupe. Les deux groupes de marottes ont été renommés de la manière suivante : le groupe « Ma » contient les capteurs M01 à M06 et le groupe « Mb », les capteurs M07 à M12. Les séries temporelles individuelles pour chaque inclinomètre (Marotte HS) sont disponibles en annexe.

Sur le même principe, les intensités et direction de courant mesurées par les ADCP ont été moyennées sur la verticale. Les données de vitesse, direction du courant et de température ont subi une moyenne glissante sur 24 h afin de présenter un signal moins « bruité ». Cette méthode lisse donc les résultats et réduit l'intensité moyenne des signaux mais les données non lissées peuvent être trouvées en annexes.

Enfin, concernant les conventions utilisées pour décrire les données de direction, il a été choisi d'utiliser la convention météorologique pour représenter la direction du vent et de la houle désignant ainsi la direction d'où le vent souffle et d'où la houle se propage. Au contraire, la convention océanographique est utilisée ici pour caractériser les directions des courants (i.e la direction vers laquelle le courant se déplace).

4.2. Mesures fixes

La Figure 22 présente l'évolution de différents paramètres sur toute la période de mesure (décembre 2019 à mai 2020) afin d'avoir une vision globale de la dynamique. Les figures suivantes mettent l'accent sur les deux évènements intenses Uesi (Figure 23) et Gretel (Figure 24). La partie Annexes présente quant à elle plus exhaustivement les différentes observations récoltées.

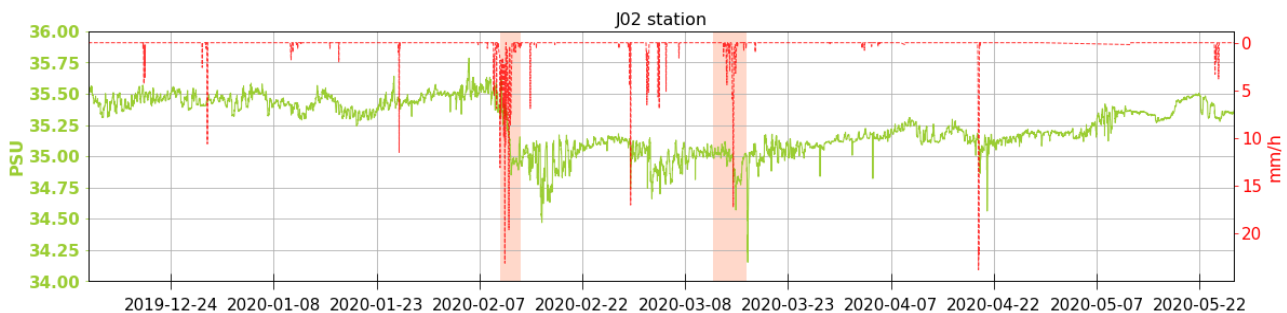


Figure 21 | Série temporelle de salinité à la station J02 (vert) et précipitations mesurées à la station MF (rouge).

Le thermo-salinomètre situé à l'entrée de la passe de Koumac a mesuré des valeurs stables durant les trois premiers mois (Figure 21). Cependant le passage du cyclone Uesi a induit une baisse abrupte de la salinité jusqu'à 34.5 PSU, corrélée à de fortes précipitations, suivie d'une stagnation des valeurs aux alentours de 35 PSU jusqu'à la fin de la mesure. De ce fait, il n'est pas possible d'affirmer l'exactitude de ces données dans le cas où le capteur aurait pu subir une dérive de la donnée ou du fooling suite au cyclone.

- Résultats -

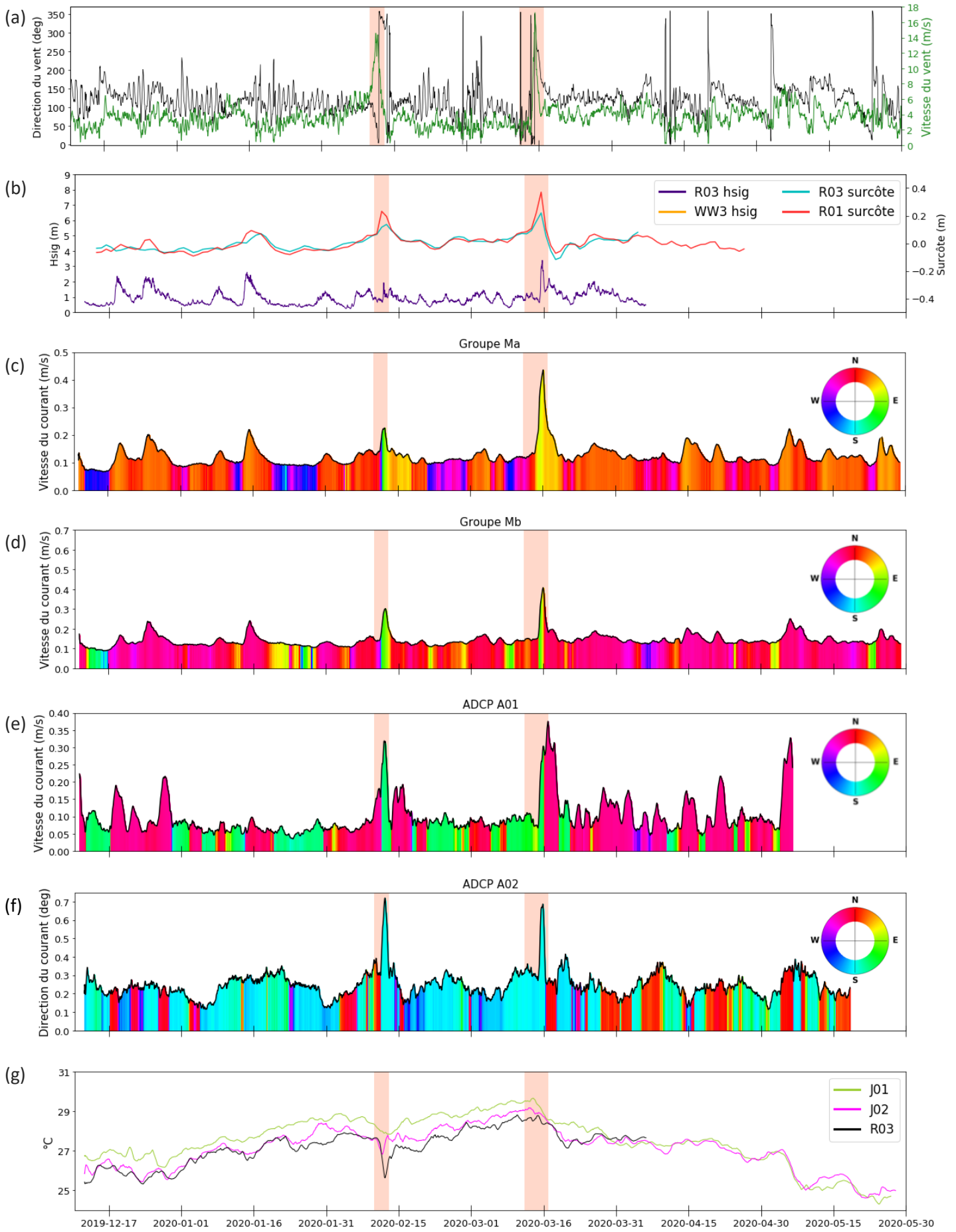


Figure 22 | Présentation des observations sur toute la période de mesure (décembre 2019 - mai 2020).

(a) Vitesse (m/s) et direction (deg) du vent en L1 | (b) Hauteur significative des vagues (m) en O1 (WW3) et R03 et surcôtes (m) en R01 et R03 | (c) Vitesse (m/s) et direction (deg) du courant pour le groupe Ma de Marotte HS | (d)) Vitesse (m/s) et direction (deg) du courant pour le groupe Mb de Marotte HS | (e) Vitesse (m/s) et direction (deg) moyennes du courant sur la verticale en A01 | (f) Vitesse (m/s) et direction (deg) moyennes du courant sur la verticale en A02 | (g) Température (°C) en J01, J02 et R03.

La Figure 22 présente les séries temporelles de plusieurs paramètres. De manière générale on observe que l'évolution des hauteurs significatives des vagues mesurées par le capteur R03 est bien corrélée à celles extraites à la station O1 (Figure 22-b)). Cependant, les hauteurs significatives simulées sont plus importantes que celle observées hormis lors de quelques évènements (e.g ~ 18 décembre, ~ 16 janvier) où observations et modèle sont de même intensité. Ces différences sont certainement causées par deux facteurs, la direction de la houle et la géomorphologie récifale. Pour rappel, lors de conditions météorologiques non exceptionnelles, la houle dominante extraite au large de Koumac provient du sud à sud-sud-est (Figure 16). Ainsi avant d'atteindre le capteur R03, le champ de vagues est potentiellement filtré par une avancée de la barrière située au niveau de la passe Deverd (Figure 3). De même, lors des évènements intenses où la houle provient de nord-nord-ouest, l'orientation du récif barrière va avoir tendance à fortement atténuer les états de mer ressentis en R03.

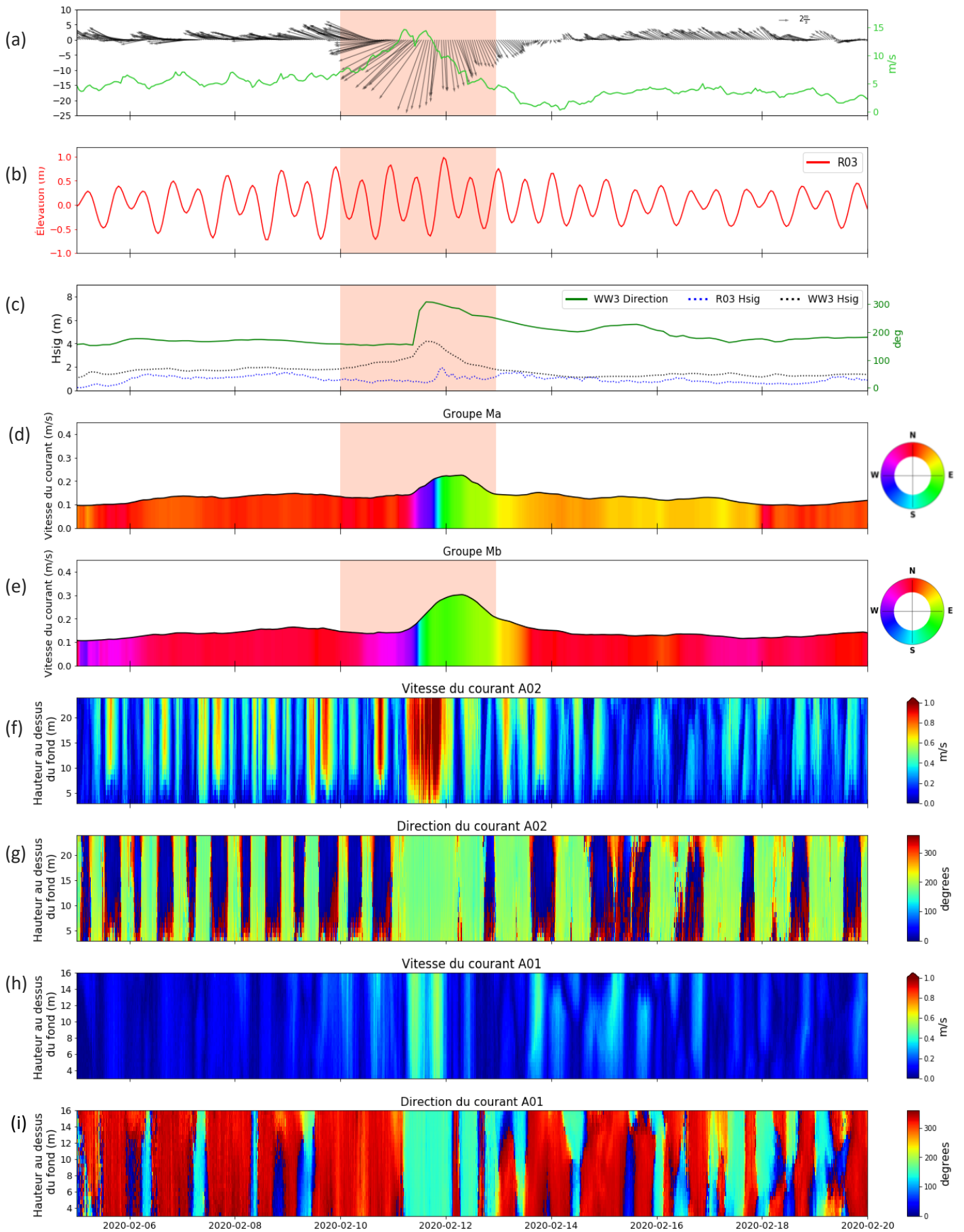
Les surcotes/décotes lagonaires et océaniques (en R01 et R03) ont été calculées en filtrant les séries de niveaux par le filtre de marée Demerliac. Durant la période de mesure, on remarque des surcotes importantes durant les événement tempétueux (e.g pendant le cyclone Uesi, les surcotes dans le lagon ont atteint 39 cm contre 22 cm à la station océanique R03). Ces différences entre le lagon et l'océan peuvent être expliquées par un remplissage rapide du lagon via les passes et par-dessus les récifs barrières (surverses) sous l'effet de la houle (ensachage), phénomène qui est mis en évidence par les observations des deux groupes de Marotte HS.

Les moyennes de vitesses de courant mesurés sur les deux zones d'arrière récif montrent des valeurs proches avec respectivement 0,09 m/s pour le groupe Ma et 0,1 m/s pour Mb (Figure 22-(c)). Les orientations de courants observés diffèrent cependant entre les deux zones, puisque les marottes M01 à M06 enregistrent une direction moyenne oscillant entre 0 et 50° contre 300-350° pour le second groupe (soit nord-nord-ouest) (Figure 22).

Tout comme les zones d'arrière récif, les intensités et directions des courants mesurés par les ADCP A01 et A02, respectivement situés dans le chenal de l'Infernet et dans la passe de Koumac sont présentées sur la Figure 22 (e) et (f). Dans la passe, la vitesse moyenne sur la colonne d'eau oscille entre 0.2 m/s et 0.6 m/s avec une moyenne sur la série temporelle de 0,26 m/s ce qui est quasiment deux fois plus élevé que la vitesse moyenne dans le chenal (environ 0,11 m/s). Pour les deux stations, la direction moyenne du courant sur la verticale présente deux directions privilégiées, orientée dans l'axe du chenal donc sud-est ou nord-ouest pour A01 et sud-ouest ou nord pour A02. Il est à noter que l'influence du cycle diurne sur ces directions n'est quasiment pas perceptible.

Enfin, les séries temporelles des mesures de température (Figure 22-(g)) concordent bien avec les tendances observées avec le produit MURSST (Figure 17). Une augmentation générale de la température se produit entre décembre et mi-avril (environ 3°C) avant de redescendre de la même amplitude jusqu'à fin mai. Cette tendance est entrecoupée de chutes intenses de la température lors des tempêtes Uesi et Gretel. Ces fortes diminutions pourraient être selon les secteurs la résultante de nombreux facteurs comme par exemple un fort refroidissement lié aux vents et pluies intenses, des entrées d'eau océanique plus fraîches, des débits importants dans les rivières alentours, etc.

- Résultats -



4.2.1. Impact du cyclone Uesi

Le passage du cyclone entraîne une ré orientation du vent passant d'un alizé d'est-sud-est au nord-nord-est avec un renforcement rapide d'environ 10 m/s en moins de 24 heures (Figure 23-(a)).

L'arrivée du cyclone n'engendre aucune amplification remarquable des hauteurs de vagues à la station R03 malgré les prévisions de 4 mètres par le modèle (Figure 23-(b) et (c)). Comme émis dans les explications de la Figure 22, la station R03 ne peut représenter les prévisions de houle du fait de sa localisation protégée de la houle incidente de nord-ouest.

Durant le cyclone, la passe de Koumac joue un rôle important d'évacuation du surplus d'eau arrivé dans le lagon par déferlement. Le cycle tidal est complètement annihilé et pendant environ 48h les courants sont exclusivement sortants avec une intensité 4 fois supérieure à la moyenne sur toute la durée des observations Cadhyak (Figure 23-(f)). Les courants en arrière-récif subissent eux aussi une augmentation importante lors du passage de Uesi atteignant respectivement environ 0.2 m/s et 0.3 m/s pour les groupes Ma et Mb.

La circulation au niveau de l'arrière récif semble très instable car les directions moyennes entre le début et la fin de l'événement sont tourbillonnantes.

Enfin, la colonne d'eau du chenal de l'Infernet réagit de manière à évacuer les masses d'eau en provenance du nord-ouest au plus fort du cyclone avec une vitesse cinq fois plus intense que la moyenne.

Figure 23 : Présentation globale des observations durant le passage de du cyclone Uesi.

(ci-contre)

(a) vitesse (m/s) et direction (deg) du vent en L1

(b) Élévation de la surface (m) en R03

(c) Direction du courant (deg) en O1 et hauteur significative de la houle (m) en O1 et R03

(d) Vitesse (m/s) et direction (deg) moyenne du courant pour le Groupe Ma

(e) Vitesse (m/s) et direction (deg) moyenne du courant pour le Groupe Mb

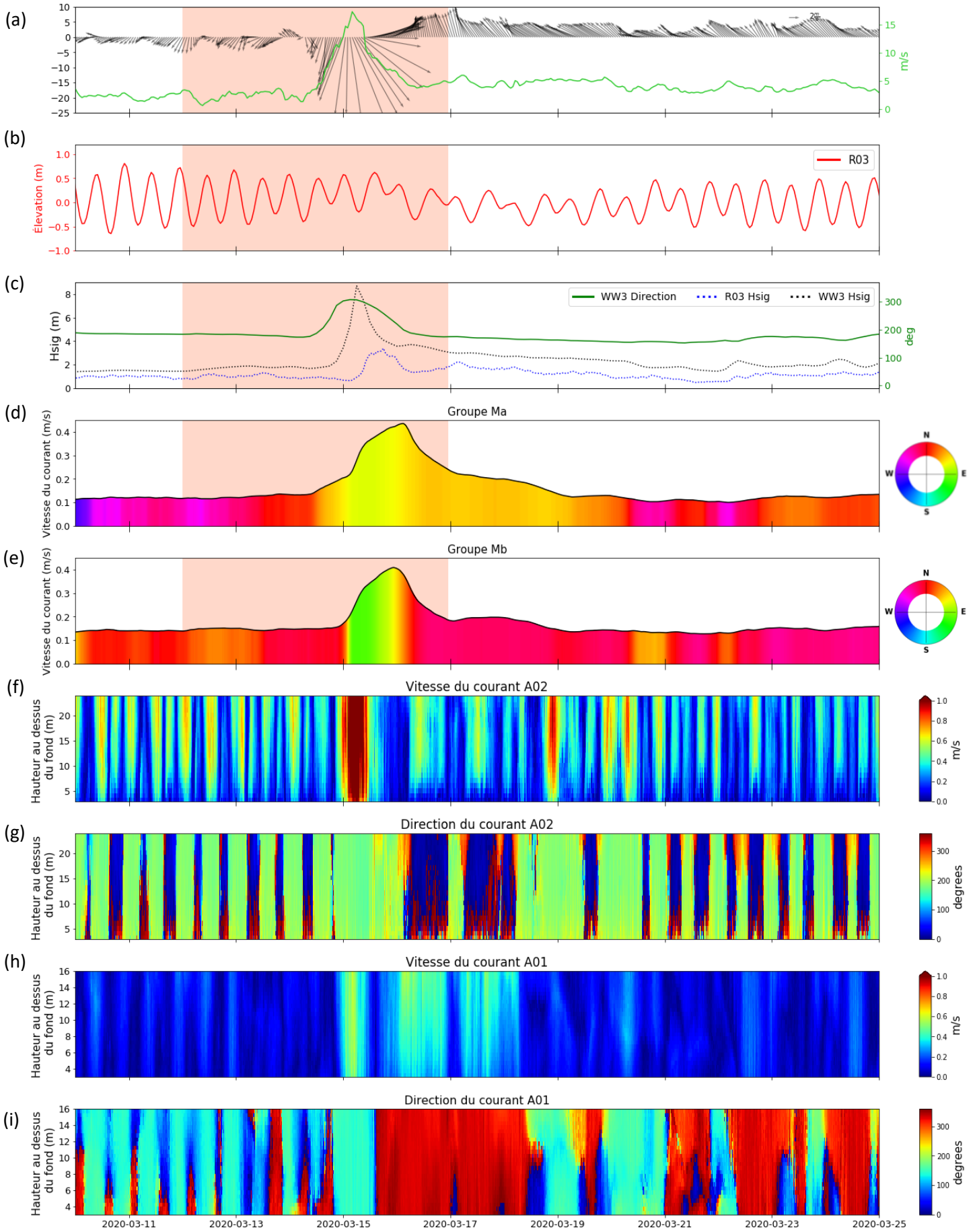
(f) Vitesse du courant sur la verticale (m/s) en A02

(g) Direction du courant sur la verticale (deg) en A02

(h) Vitesse du courant sur la verticale (m/s) en A01

(i) Direction du courant sur la verticale (deg) en A01

- Résultats -



4.2.2. Impact de la dépression Gretel

L'arrivée de la dépression Gretel est marquée par une augmentation rapide de la vitesse du vent jusqu'à plus de 30 nœuds, soufflant du nord-nord-ouest (Figure 24-(a)).

Le phénomène s'accompagne d'une intensification de la hauteur de la houle ainsi que d'une modification de sa provenance passant rapidement de son régime régulier de sud-sud-ouest au nord-ouest (Figure 24-(c)). La représentation réelle de la houle ne peut être mise en évidence ici par le capteur R03 car celui-ci est protégé de la houle incidente par le récif. Malgré cela, l'instrument enregistre une hauteur de vague maximum durant l'événement de 3,38 m ce qui correspond à une hauteur significative trois fois plus haute que la moyenne mesurée à cette station.

Au plus fort de la tempête, la houle cyclonique va engendrer des courants d'arrière récifs remarquables avec un pic atteint pour les 2 groupes de Marotte aux alentours de 0.4 m/s. La direction du courant au niveau des deux groupes de marottes s'oriente entre le nord et l'est durant le passage de Gretel.

Comme pour le cyclone Uesi, la dépression Gretel perturbe le rythme de marée et génère un flux exclusivement sortant pendant plus de 24h avec des vitesses de courant supérieures à 1 m/s au plus fort de l'évènement. De façon similaire à Uesi également, la circulation dans le chenal de l'Infernet est orientée vers le sud-est atteignant des vitesses de courant jusqu'à environ 0.5 m/s. Vers la fin de l'évènement les courants de la passe et du chenal vont s'inverser pendant presque 48h

Figure 24 : Présentation globale des observations durant le passage de la dépression Gretel.

(ci-contre)

(a) vitesse (m/s) et direction (deg) du vent en L1

(b) Élévation de la surface (m) en R03

(c) Direction du courant (deg) en O1 et hauteur significative de la houle (m) en O1 et R03

(d) Vitesse (m/s) et direction (deg) moyenne du courant pour le Groupe Ma

(e) Vitesse (m/s) et direction (deg) moyenne du courant pour le Groupe Mb

(f) Vitesse du courant sur la verticale (m/s) en A02

(g) Direction du courant sur la verticale (deg) en A02

(h) Vitesse du courant sur la verticale (m/s) en A01

(i) Direction du courant sur la verticale (deg) en A01.

4.3. Mesures ponctuelles

4.3.1. Circulation de surface

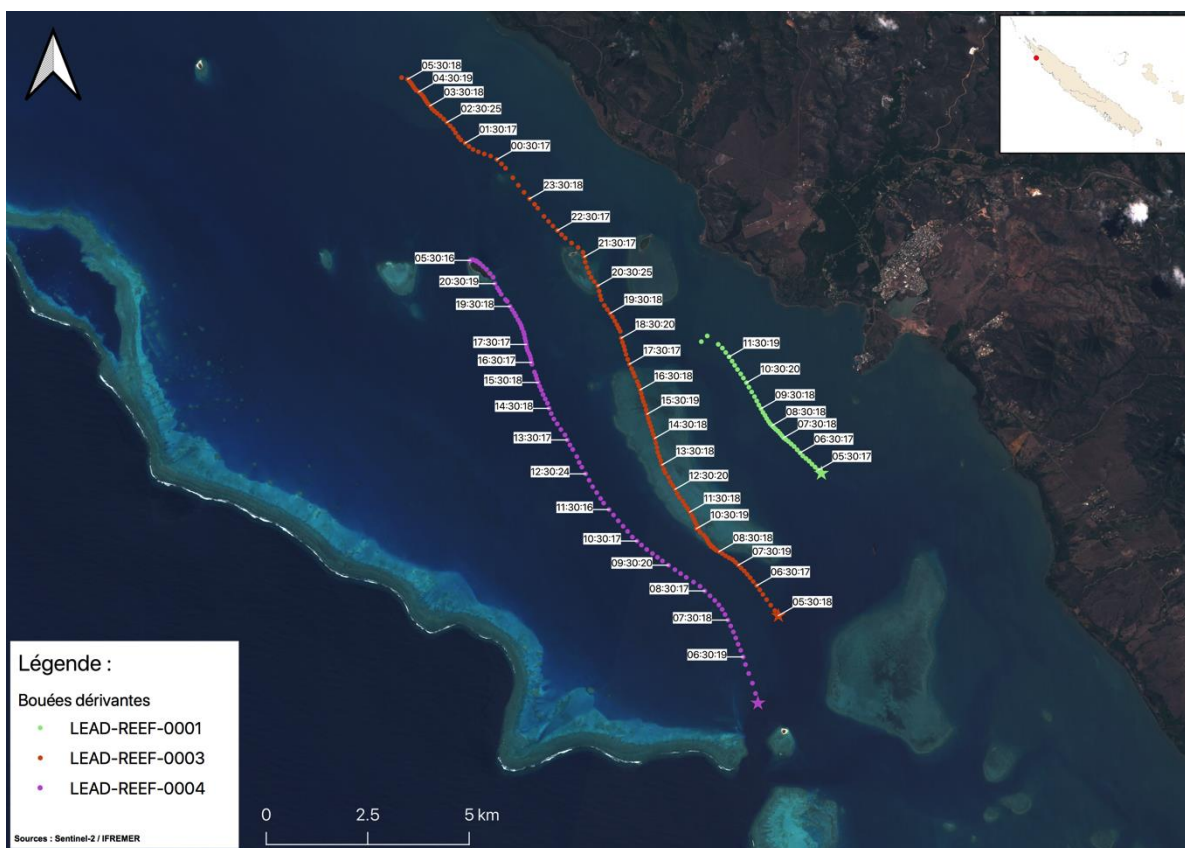
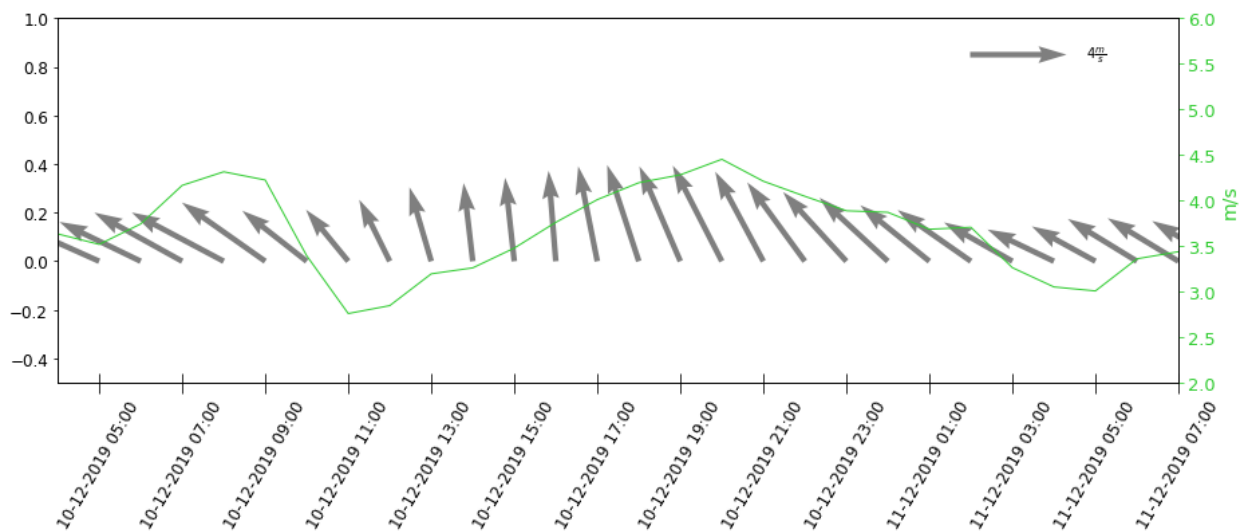


Figure 25 : Régime de vent et trajectoires des bouées dérivantes lâchées le 10 décembre 2019

Les conditions de vent durant la dérive des bouées étaient caractérisées par un alizé de sud-est d'intensité moyenne (environ 12 nœuds) (Figure 25).



- Résultats -

Les trois bouées mises à l'eau le 10 décembre ont toutes les trois suivi une trajectoire en direction du nord-nord-ouest. Ces déplacements sont intimement liés au régime d'alizé (Figure 25).

La Figure 26 présente les températures de surface mesurées par les bouées dérivantes entre le 10/12/19 à 5h20 (bouée 1) et le 11/12/19 à 5h40 (bouée 3). Il est intéressant de noter la forte élévation de température (plus de 2°C) observée sur la bouée n°3 lors de son transit au-dessus du récif de l'Infnet (valeurs mesurées le 10/12 à 16h30 pour les bouées 3 sur le récif et 4 dans le chenal, respectivement de 29.7°C et 27.5°C).

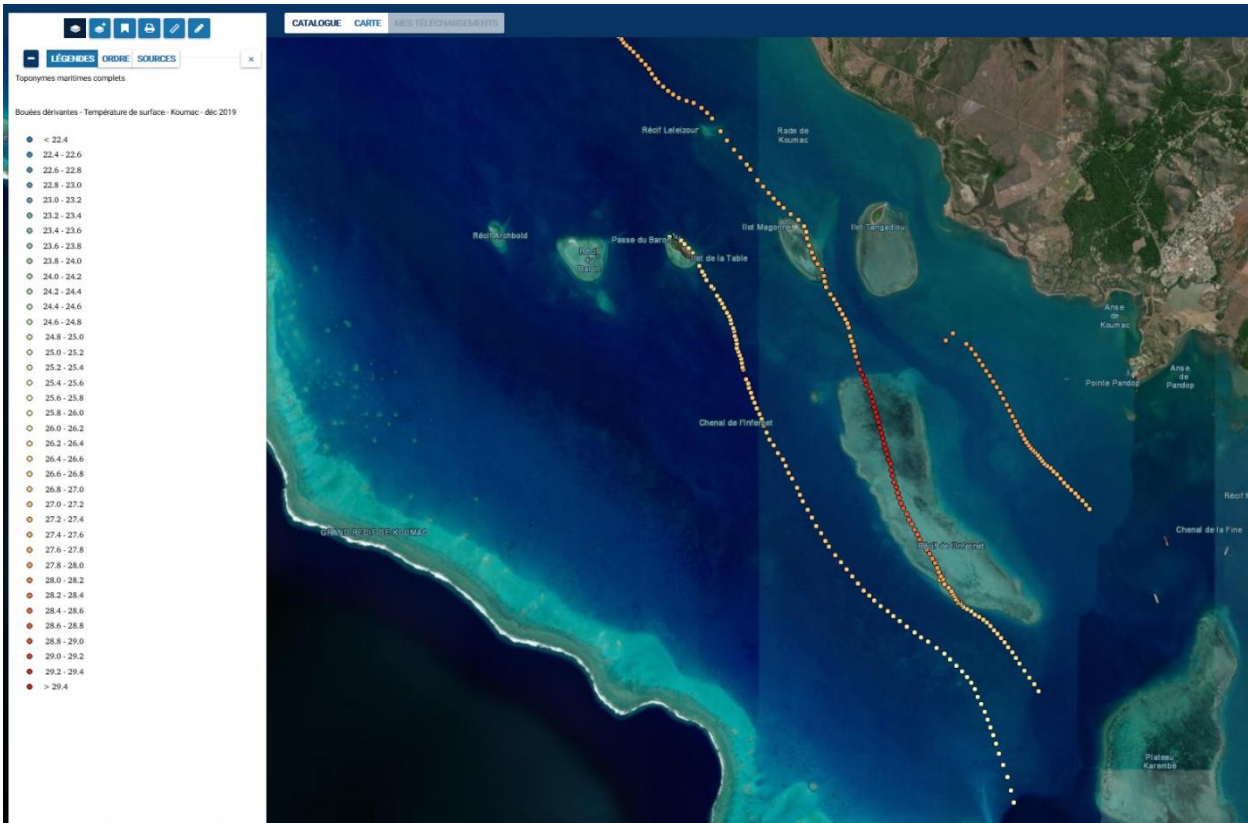


Figure 26 : Températures de surface mesurées par les bouées dérivantes lâchées le 10 décembre

4.3.2. Radiales CTD

Pour cette partie, seules les coupes cross-shore de température et de salinité sont disponibles dans le corps principal de ce rapport. Les autres paramètres (e.g turbidité, fluorescence et densité) sont présentés en annexe de ce document.

 Mission du 9 au 12 décembre 2019

Aucune précipitation n'a été mesurée par le pluviomètre de la station Météo France de Koumac, ni pendant la mission, ni durant la semaine précédente.

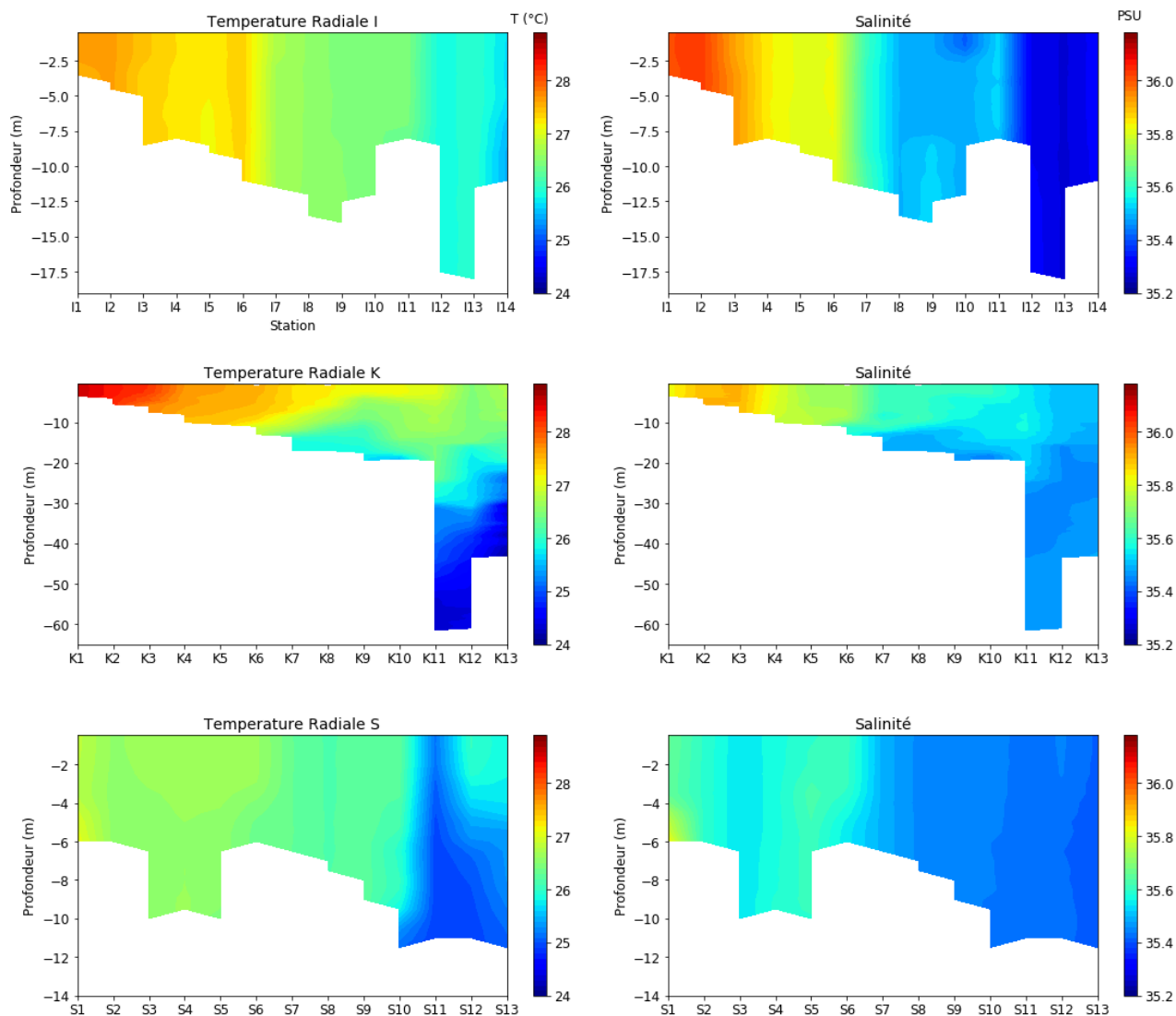


Figure 27 : Évolution de la température et de la salinité sur la colonne d'eau sur les trois radiales cross-shore réalisées en décembre 2019



 Mission du 27 au 29 mai 2020

Un faible cumul de précipitation (19 mm) a été mesuré à la station de Koumac entre le 24 et le 25 mai 2020 (Figure 28).

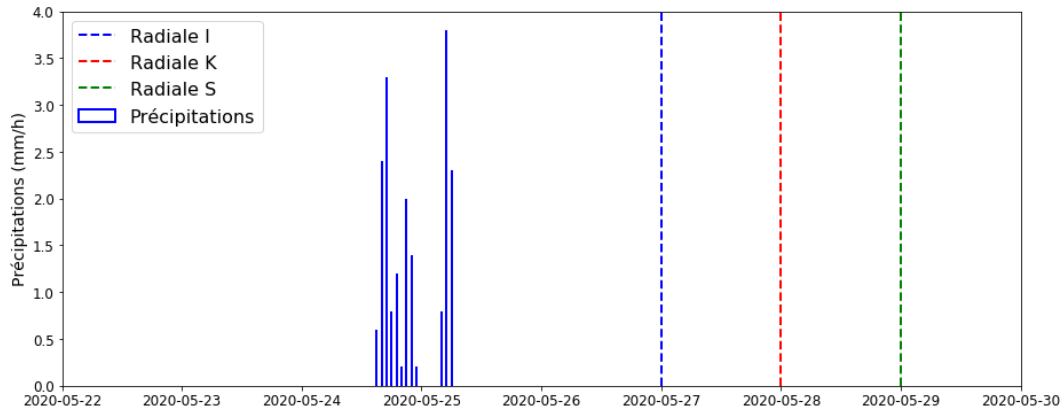


Figure 28 : Précipitations mesurées au pluviomètre météo France de Koumac durant la mission de récupération des instruments

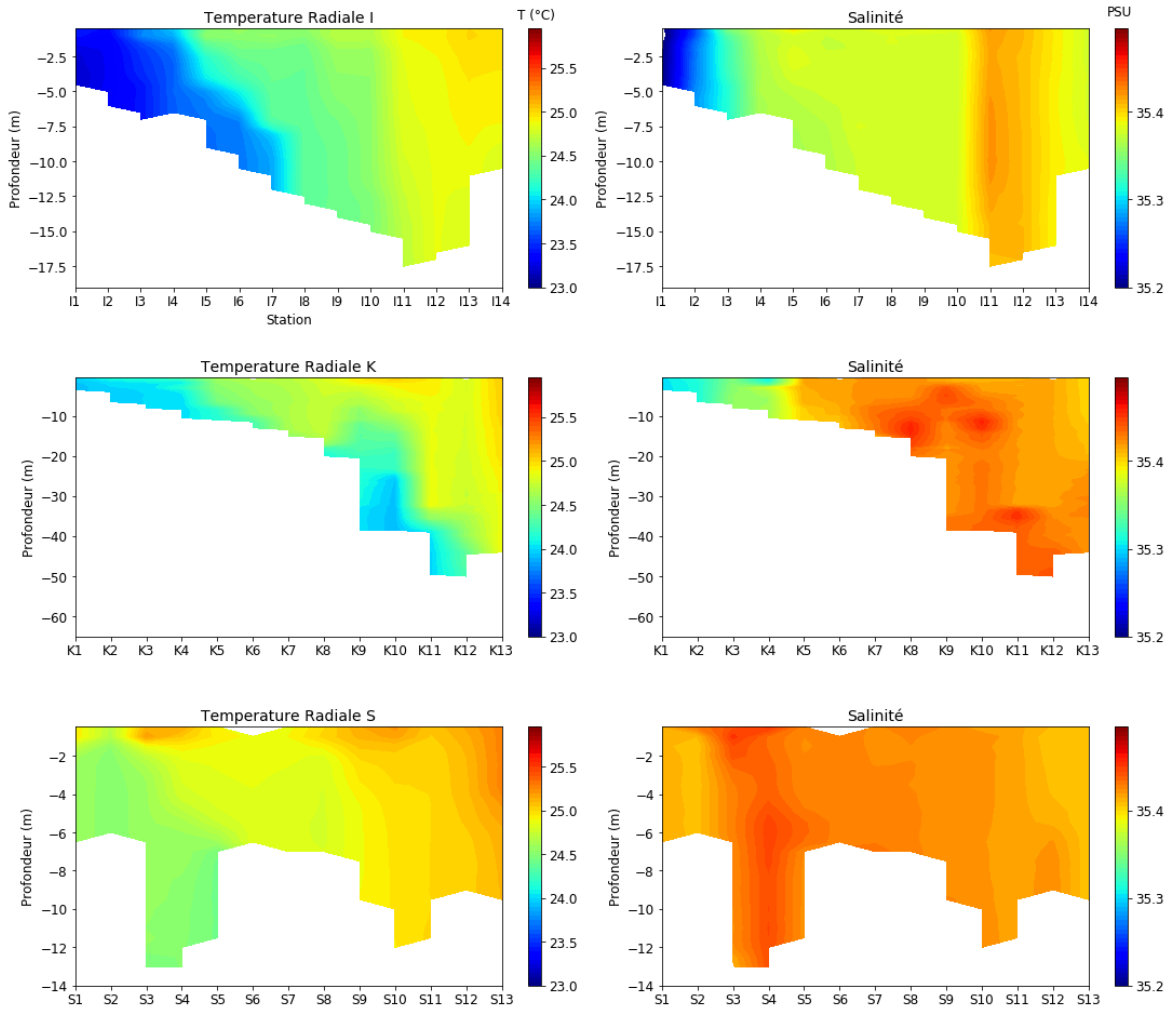


Figure 29 | Évolution de la température et de la salinité sur la colonne d'eau pour les trois radiales cross-shore réalisées en mai 2020

Les radiales cross-shore effectuées durant la pose des instruments montrent toutes les trois un gradient côte/large. Plus les stations sont éloignées du littoral plus la colonne d'eau a tendance être fraîche et peu salée (e.g la station I01 enregistre une température moyenne sur la verticale égale à 27,5 °C, à la station I14 la température descend de 2°C pour atteindre 25,6°C) (Figure 27).

Au contraire, la structuration des masses d'eau des radiales réalisées durant la récupération des instruments est inversée car on observe des eaux plus fraîches dans le lagon par rapport à l'océan (e.g à la station I01 la température moyenne mesuré étant de 23,9°C soit 1,5 °C plus frais que la station I14) (Figure 29).

CONCLUSION

Ces six mois d'observations hydrodynamiques dans le lagon de Koumac ont permis d'acquérir un jeu de données important sur un secteur ne disposant que de peu voire pas du tout de mesures physiques. Deux événements météorologiques intenses se sont déroulés au cours de la période de mesures (dépression Gretel et cyclone Uesi) et les observations ont bien capté l'influence sur le fonctionnement du lagon. Deux instruments n'ont pas été retrouvés, sans doute à cause des phénomènes cycloniques, notamment un capteur situé sur la pente externe et qui était le plus exposé aux houles incidentes. Ce rapport constitue donc une archive de toutes les observations brutes réalisées pendant ces 6 mois et n'a donc pas de finalité explicative. Cependant ces données seront utilisées et travaillées plus en profondeur dans la phase d'analyse qui va suivre, notamment dans le cadre du projet PRESENCE, mais elles seront également d'un intérêt crucial pour tous les travaux de modélisation sur ce secteur.



BIBLIOGRAPHIE

Andréfouët S., Torres-Pullizza D, 2004, Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa, Avril 2004, 26 p + 22 planches

Chin, T. M., Vazquez-Cuervo, J., & Armstrong, E. M. (2017). A multi-scale high-resolution analysis of global sea surface temperature. *Remote sensing of environment*, 200, 154-169.

Diamond, H. J., Lorrey, A. M., Knapp, K. R., & Levinson, D. H. (2012). Development of an enhanced tropical cyclone tracks database for the southwest Pacific from 1840 to 2010. *International Journal of Climatology*, 32(14), 2240-2250.

Douillet, P. (1998). Tidal dynamics of the south-west lagoon of New Caledonia: observations and 2D numerical modelling. *Oceanologica Acta*, 21(1), 69-79.

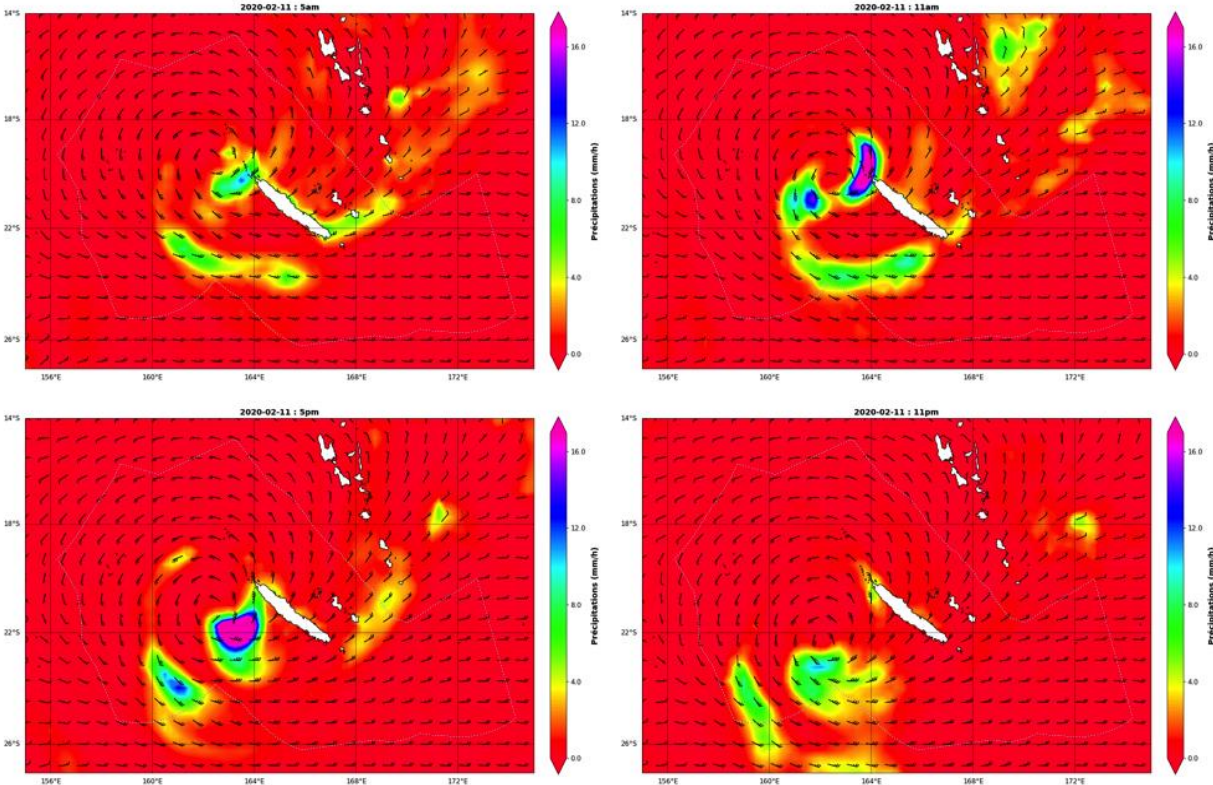
Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz - Sabater, J., ... & Thépaut, J. N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999-2049.

Oriane Bruyère, Emmanuel Bourassin, Benoit Soulard, Romain Le Gendre (2020). Évaluation de la pertinence de l'utilisation de données de marée issues de l'atlas FES2012 dans le contexte des lagons calédoniens. 27 pages.

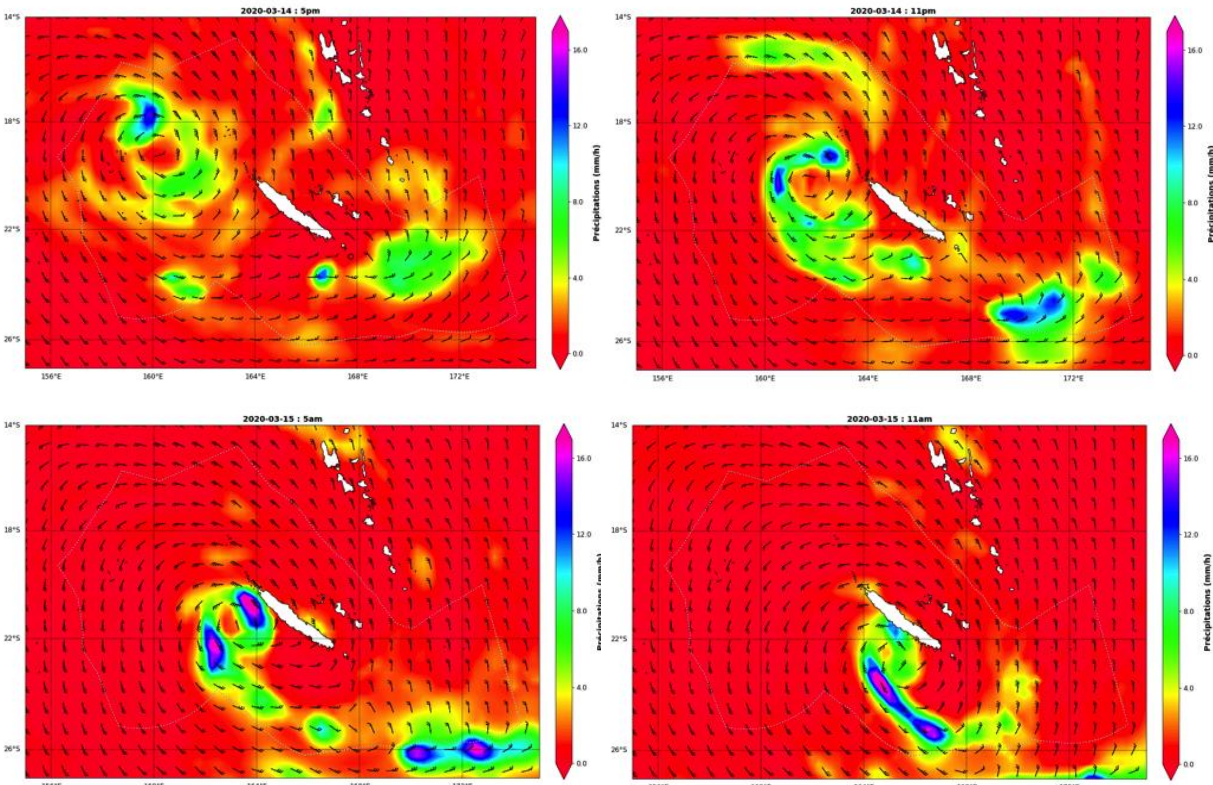
ANNEXES

Annexe 1. ÉVOLUTION DES PRECIPITATIONS ET REGIME DE VENT

1. Cyclone tropical Uesi



2. Dépression tropicale forte Gretel



Annexe 2. TABLEAU CARACTERISTIQUE STATIONS CTD

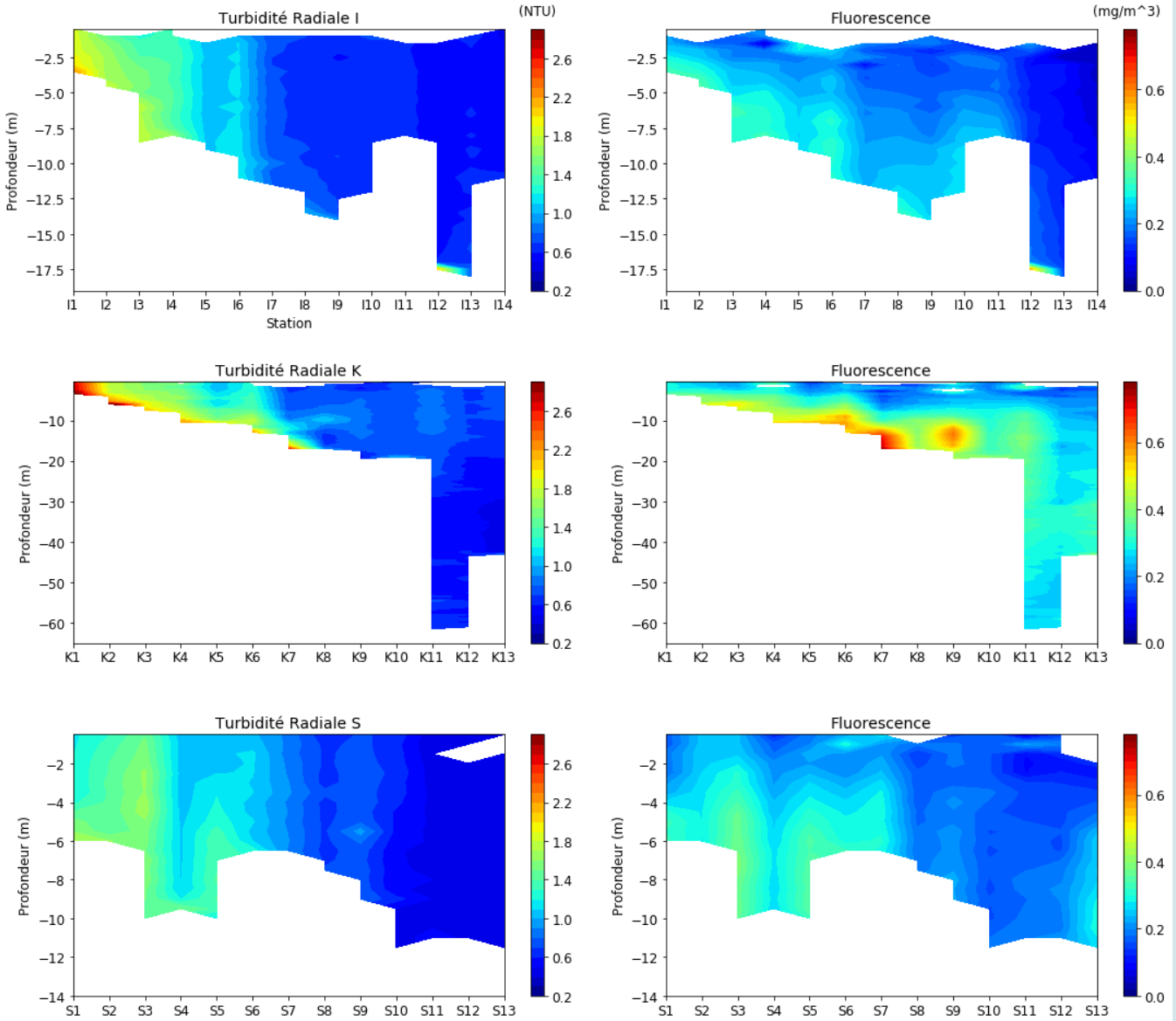
LEG 1 DÉCEMBRE 2019											
Radiale I				Radiale K				Radiale S			
11-12-2019				10-12-2019				12-12-2019			
Station	Longitude	Latitude	Profondeur (m)	Station	Longitude	Latitude	Profondeur (m)	Station	Longitude	Latitude	Profondeur (m)
I01	164,234071	-20,546065	5	K01	164,262944	-20,569933	3,5	S01	164,329232	-20,658534	6,5
I02	164,226956	-20,546555	10	K02	164,263019	-20,578836	6	S02	164,323746	-20,665547	6
I03	164,216489	-20,546874	8,25	K03	164,262983	-20,58809	7,5	S03	164,317182	-20,672231	12,75
I04	164,205294	-20,547609	9,5	K04	164,263027	-20,597076	10,25	S04	164,311562	-20,67923	9,5
I05	164,195645	-20,548159	11,5	K05	164,263054	-20,606212	11	S05	164,302445	-20,683778	12,5
I06	164,186413	-20,548472	11,75	K06	164,263102	-20,61554	13	S06	164,297983	-20,693427	6,5
I07	164,175657	-20,549016	13,75	K07	164,263245	-20,625295	16,5	S07	164,292199	-20,701149	7,5
I08	164,164656	-20,549622	14	K08	164,263078	-20,635622	17,25	S08	164,285721	-20,709162	8
I09	164,15467	-20,550015	12	K09	164,262697	-20,645259	31	S09	164,280708	-20,716608	9,25
I10	164,144528	-20,55058	7,75	K10	164,25839	-20,653944	18,75	S10	164,275456	-20,724921	15
I11	164,134956	-20,551017	4,5	K11	164,254203	-20,6627	32,25	S11	164,269971	-20,731934	11,5
I12	164,12485	-20,551479	17,5	K12	164,25019	-20,671574	61,25	S12	164,26418	-20,739153	11,25
I13	164,113711	-20,552255	18,25	K13	164,246345	-20,679511	43	S13	164,257755	-20,746529	69,5
I14	164,101418	-20,552728	11,25								

LEG 1 MAI 2020											
Radiale I				Radiale K				Radiale S			
26-05-2020				27-05-2020				28-05-2020			
Station	Longitude	Latitude	Profondeur (m)	Station	Longitude	Latitude	Profondeur (m)	Station	Longitude	Latitude	Profondeur (m)
I01	164,234071	-20,546065	4,25	K01	164,262944	-20,569933	3,25	S01	164,329232	-20,658534	7,25
I02	164,226956	-20,546555	5,75	K02	164,263019	-20,578836	6,25	S02	164,323746	-20,665547	5,75
I03	164,216489	-20,546874	9	K03	164,262983	-20,58809	7,75	S03	164,317182	-20,672231	13,25
I04	164,205294	-20,547609	6,5	K04	164,263027	-20,597076	10,5	S04	164,311562	-20,67923	13,25
I05	164,195645	-20,548159	9	K05	164,263054	-20,606212	11,25	S05	164,302445	-20,683778	11,5
I06	164,186413	-20,548472	10,75	K06	164,263102	-20,61554	13	S06	164,297983	-20,693427	6,5
I07	164,175657	-20,549016	11,75	K07	164,263245	-20,625295	17,25	S07	164,292199	-20,701149	7
I08	164,164656	-20,549622	12,75	K08	164,263078	-20,635622	19,75	S08	164,285721	-20,709162	7
I09	164,15467	-20,550015	13,75	K09	164,262697	-20,645259	38	S09	164,280708	-20,716608	9,5
I10	164,144528	-20,55058	15	K10	164,25839	-20,653944	38,75	S10	164,275456	-20,724921	15,25
I11	164,134956	-20,551017	18,25	K11	164,254203	-20,6627	47	S11	164,269971	-20,731934	11,5
I12	164,12485	-20,551479	17	K12	164,25019	-20,671574	58,5	S12	164,26418	-20,739153	9,5
I13	164,113711	-20,552255	16,25	K13	164,246345	-20,679511	44,25	S13	164,257755	-20,746529	53,75
I14	164,101418	-20,552728	11								

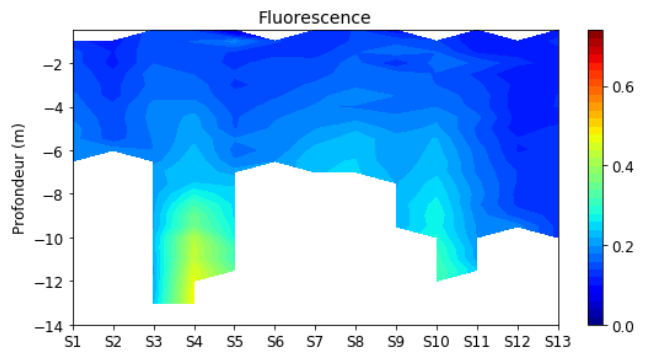
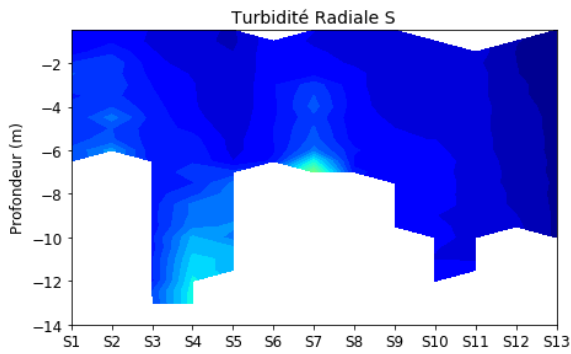
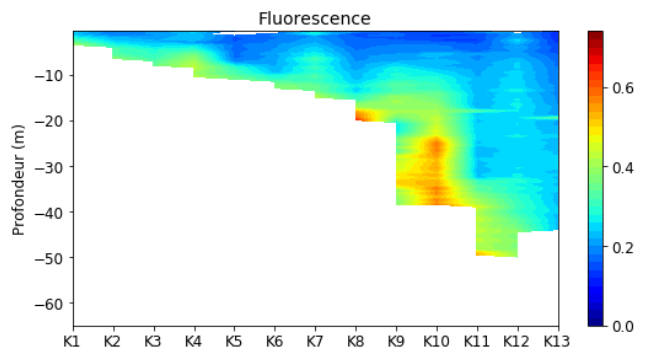
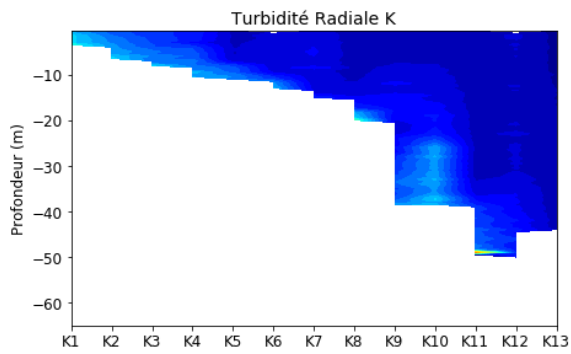
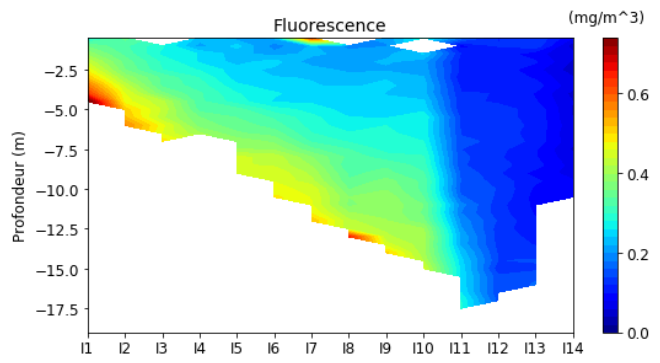
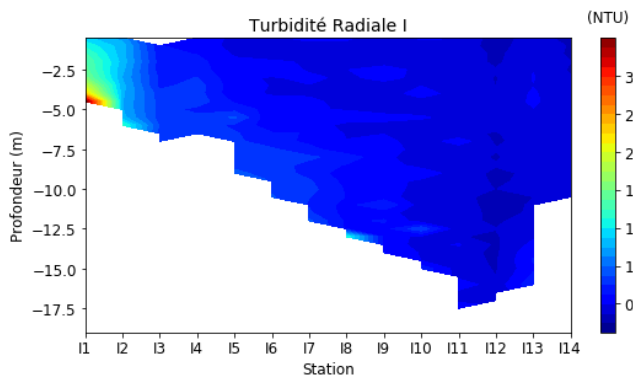


Annexe 3. FLUORESCENCE ET TURBIDITE MESUREES AUX RADIALES CTD (I-K-S)

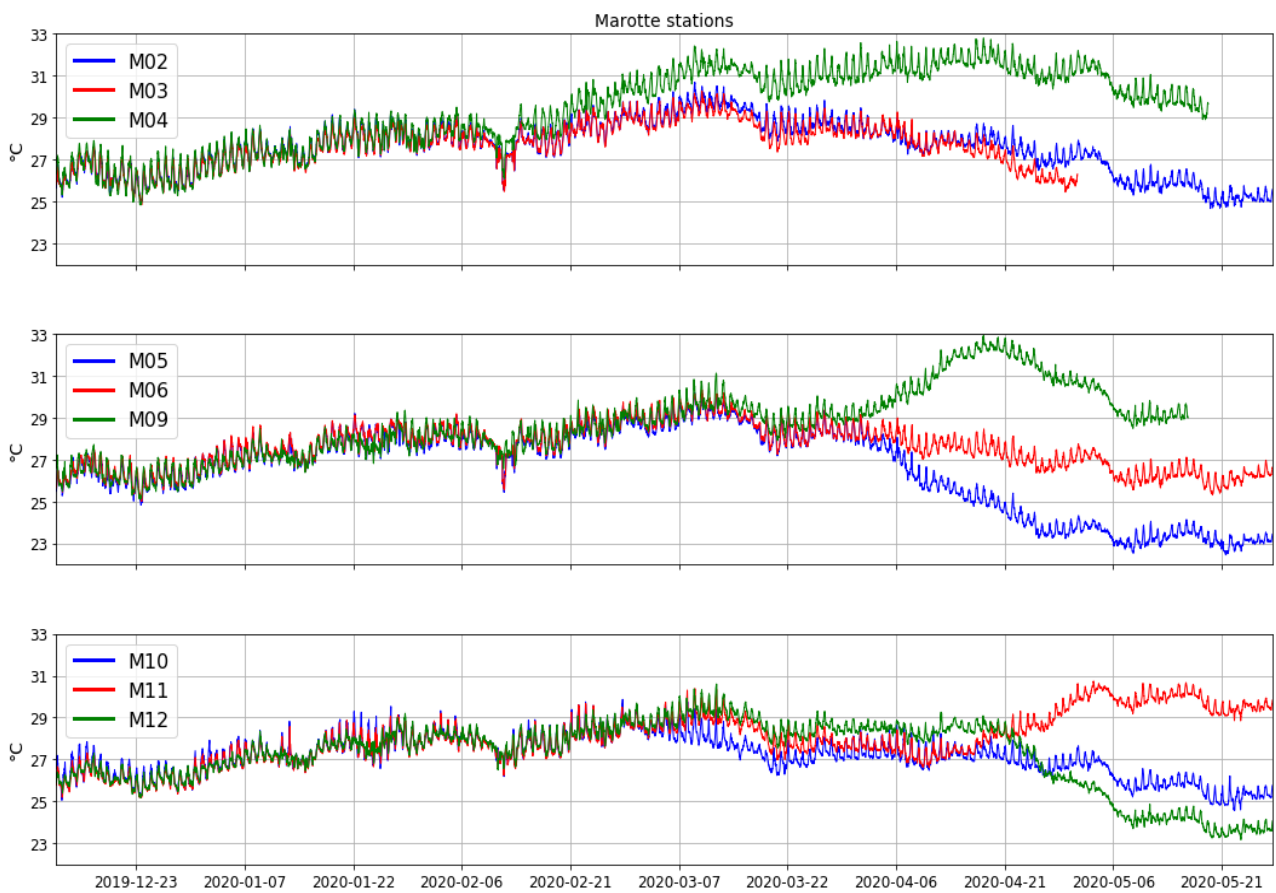
Leg 1 : décembre 2019



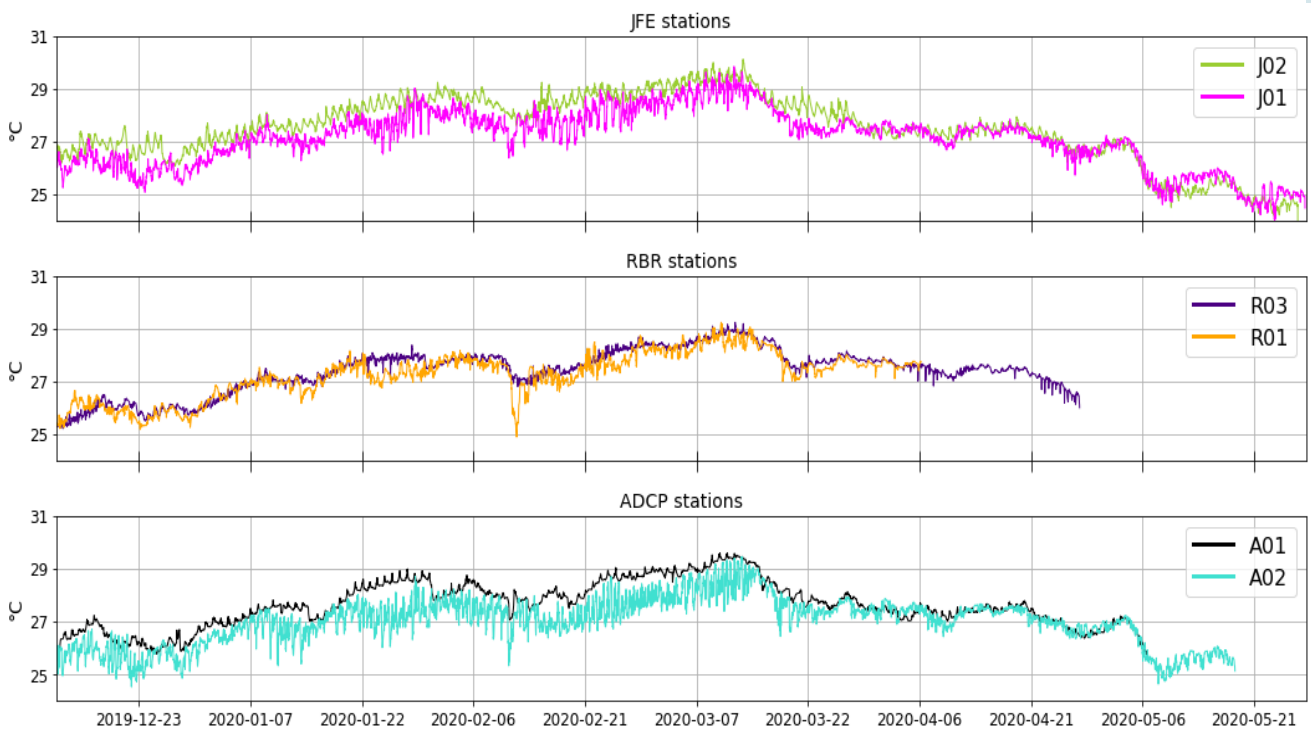
Leg 2 : mai 2020



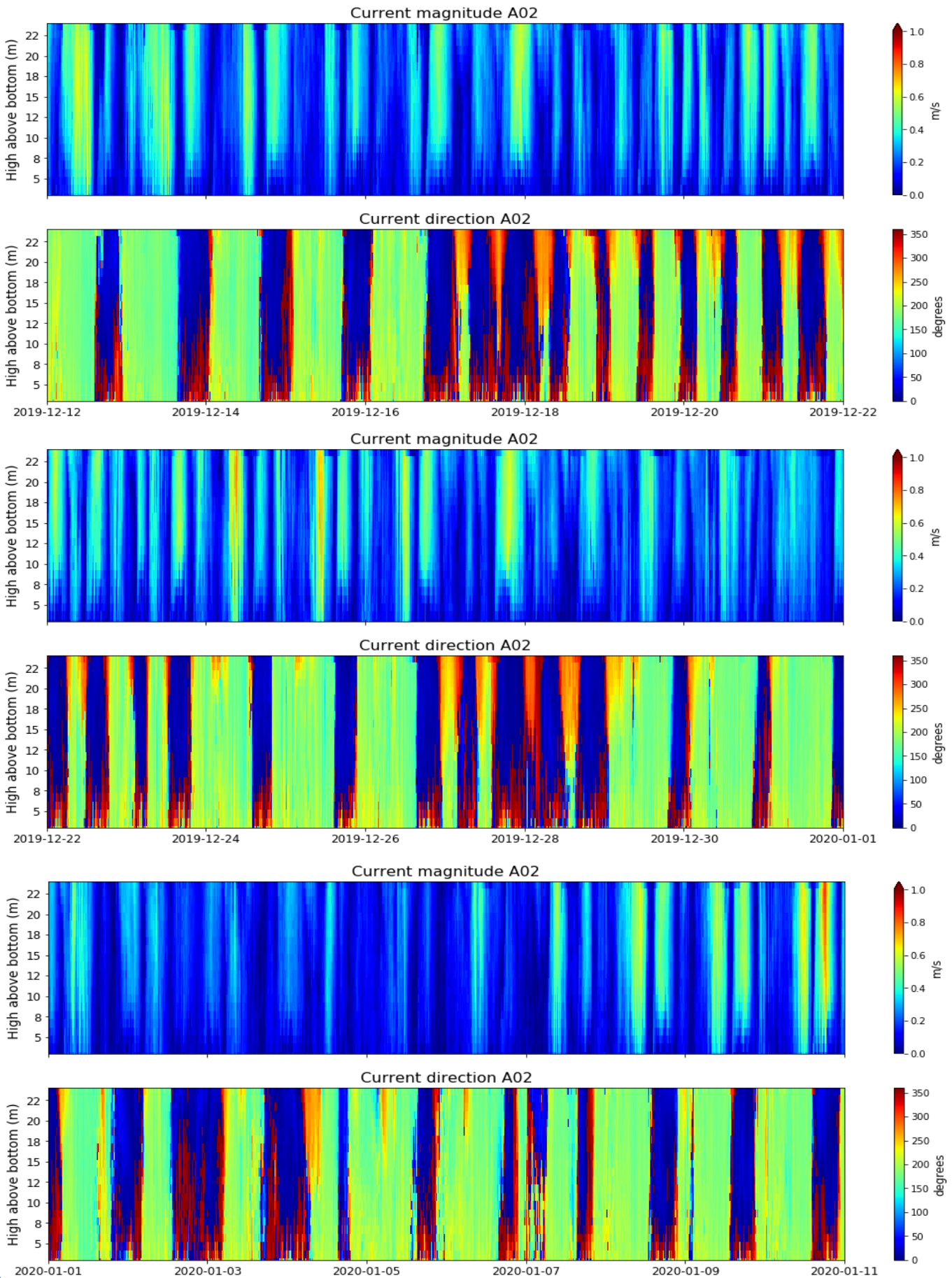
Annexe 4. SERIES TEMPORELLES DE TEMPERATURE ISSUES DES MAROTTES HS

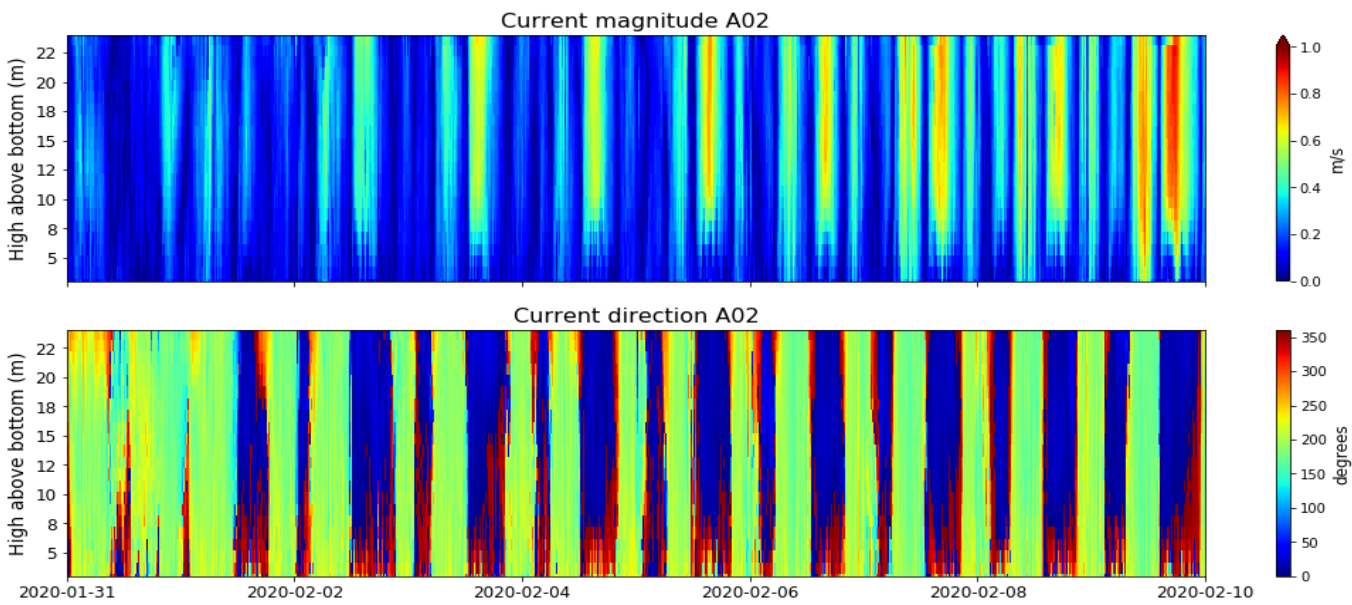
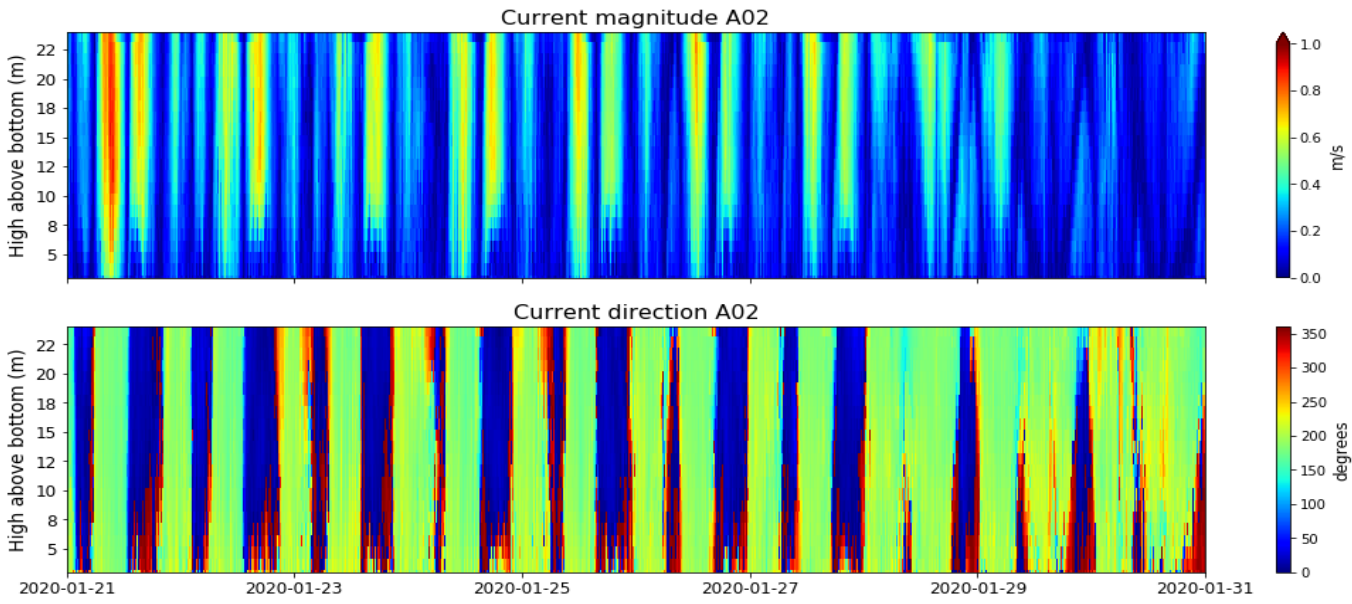
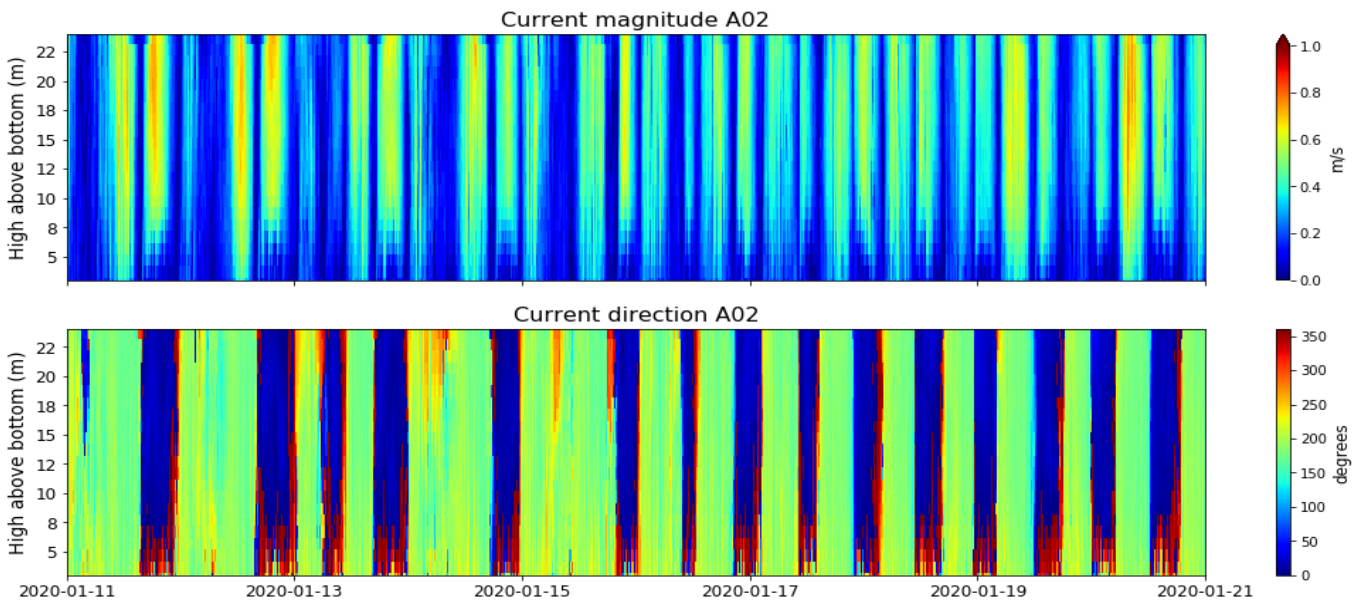


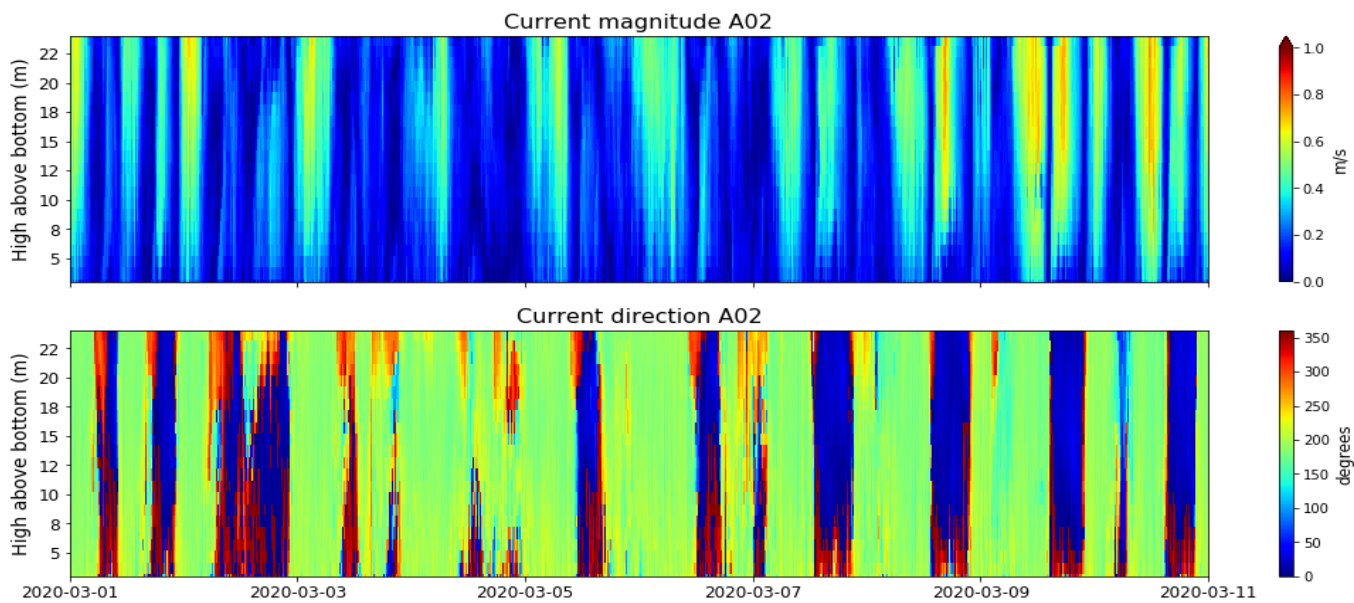
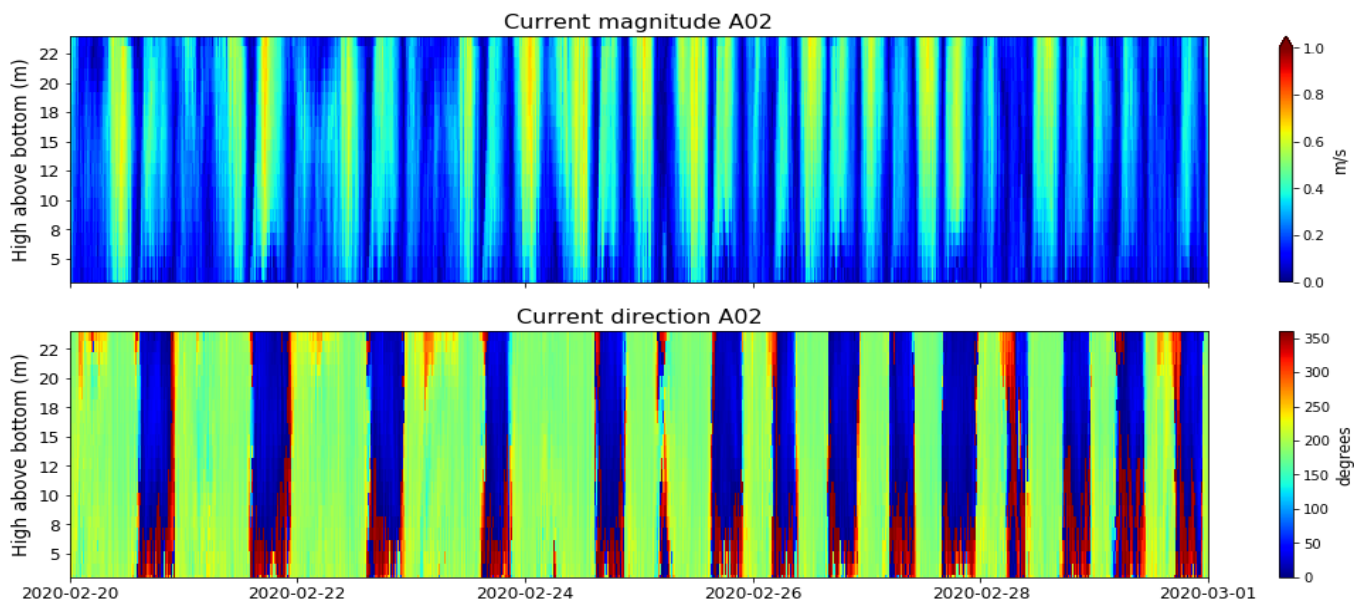
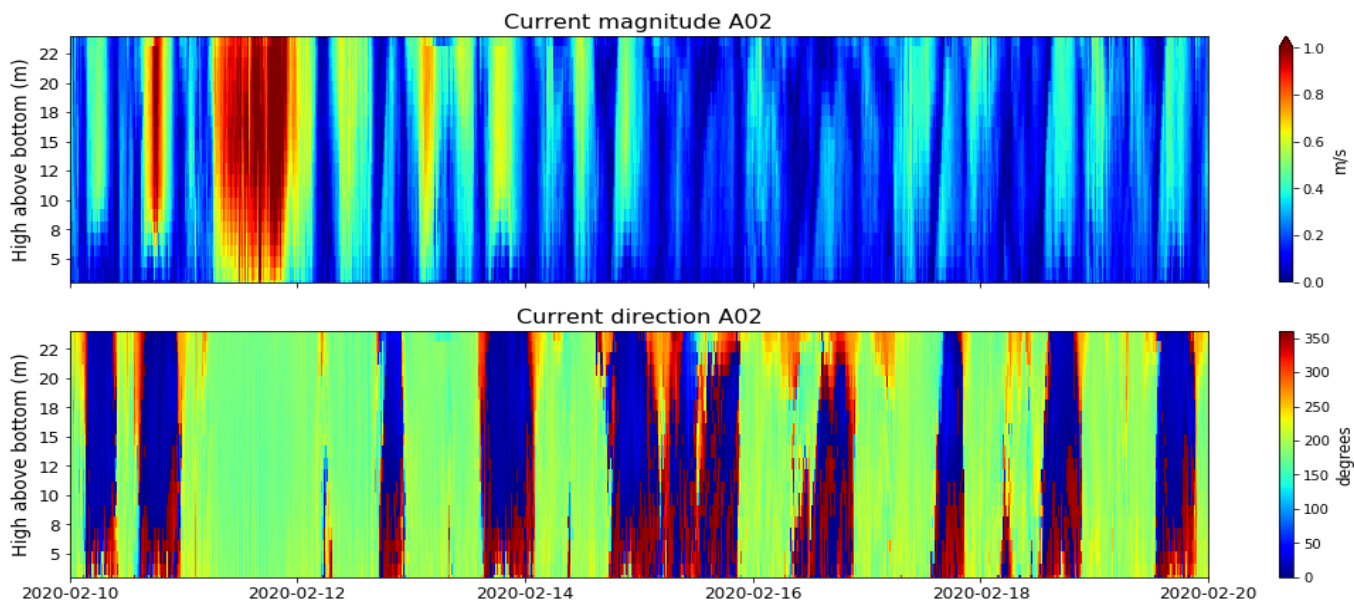
Annexe 5. SERIES TEMPORELLES DE TEMPERATURE ISSUES DES CAPTEURS RBR – JFE ET ADCP

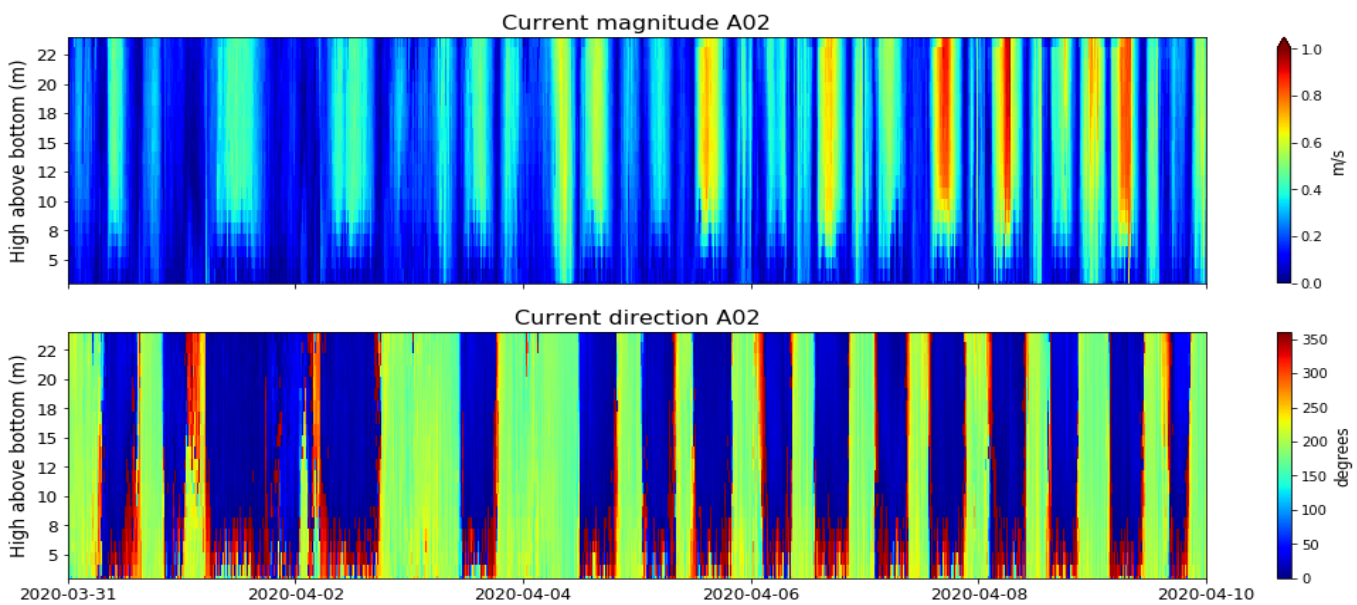
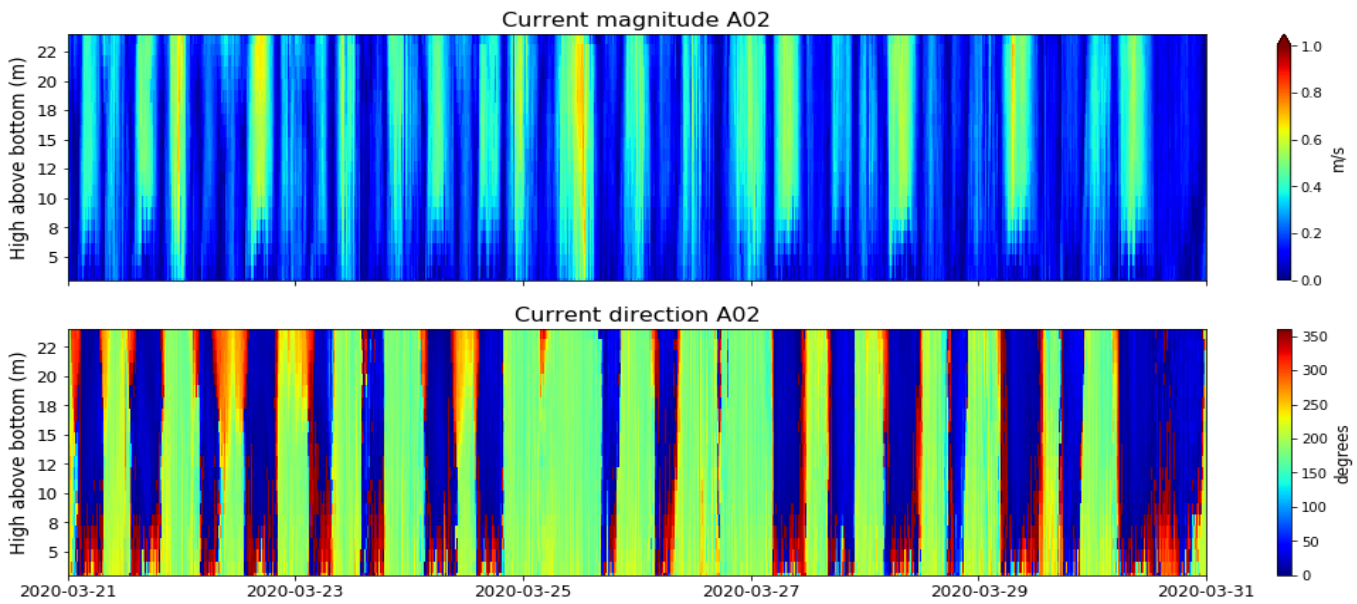
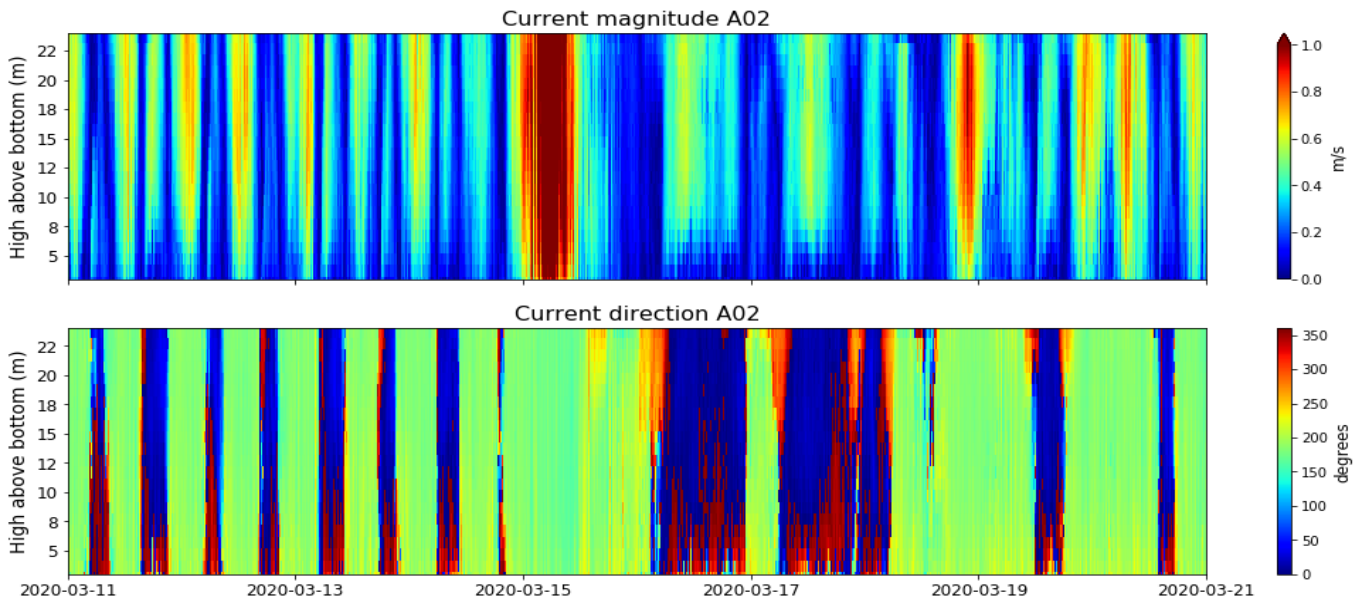


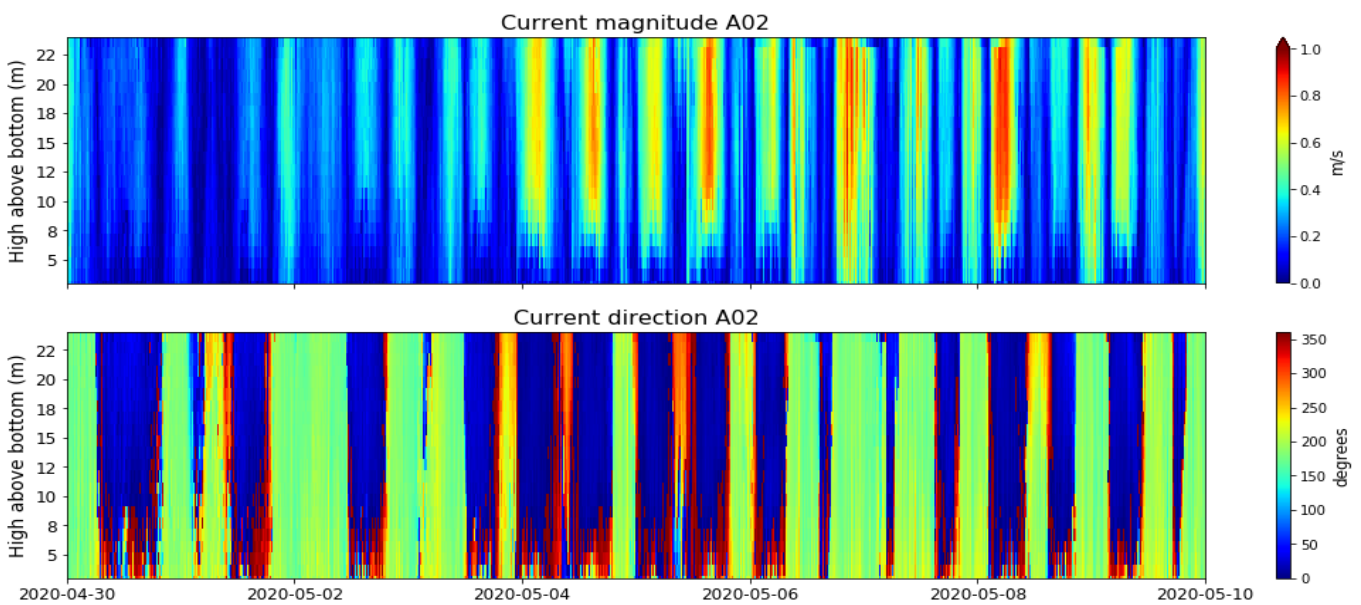
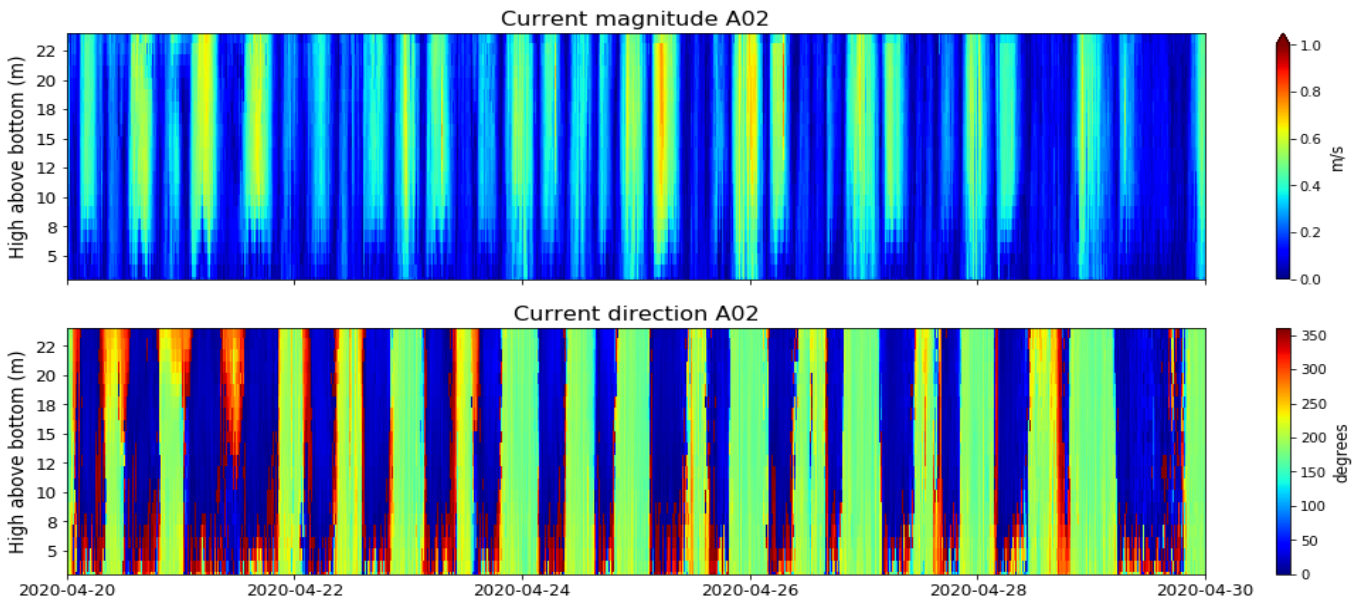
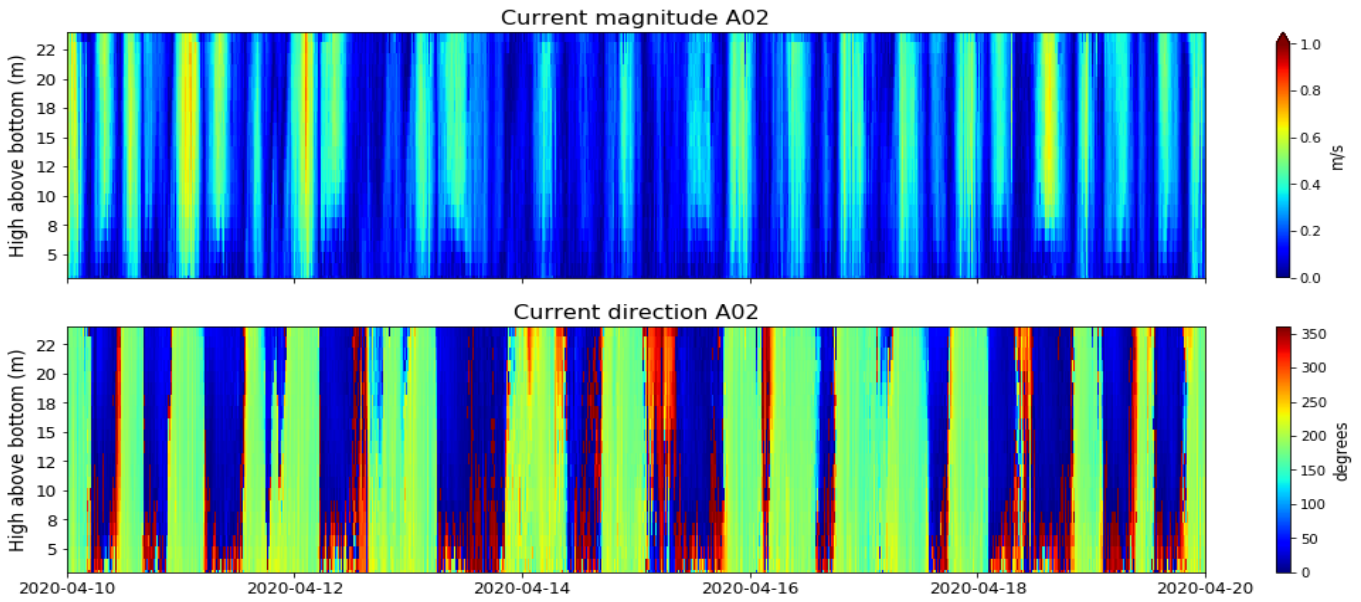
Annexe 6. ADCP - INTENSITE ET DIRECTION DU COURANT - PASSE DE KOUMAC (A02)

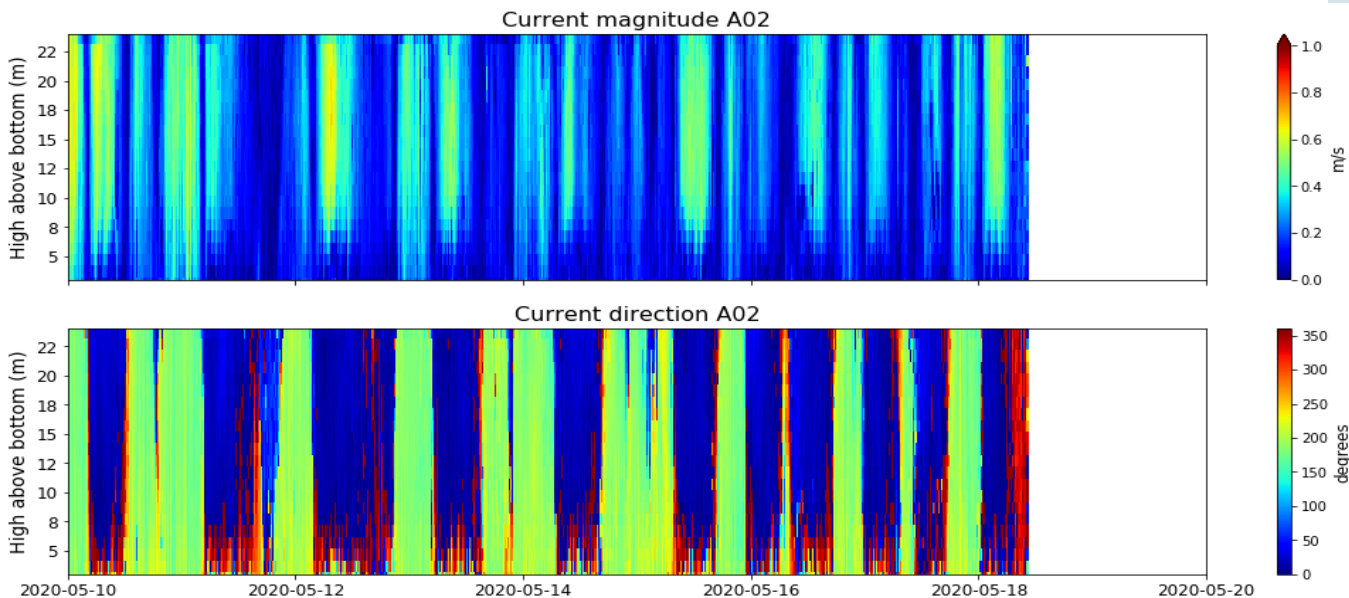




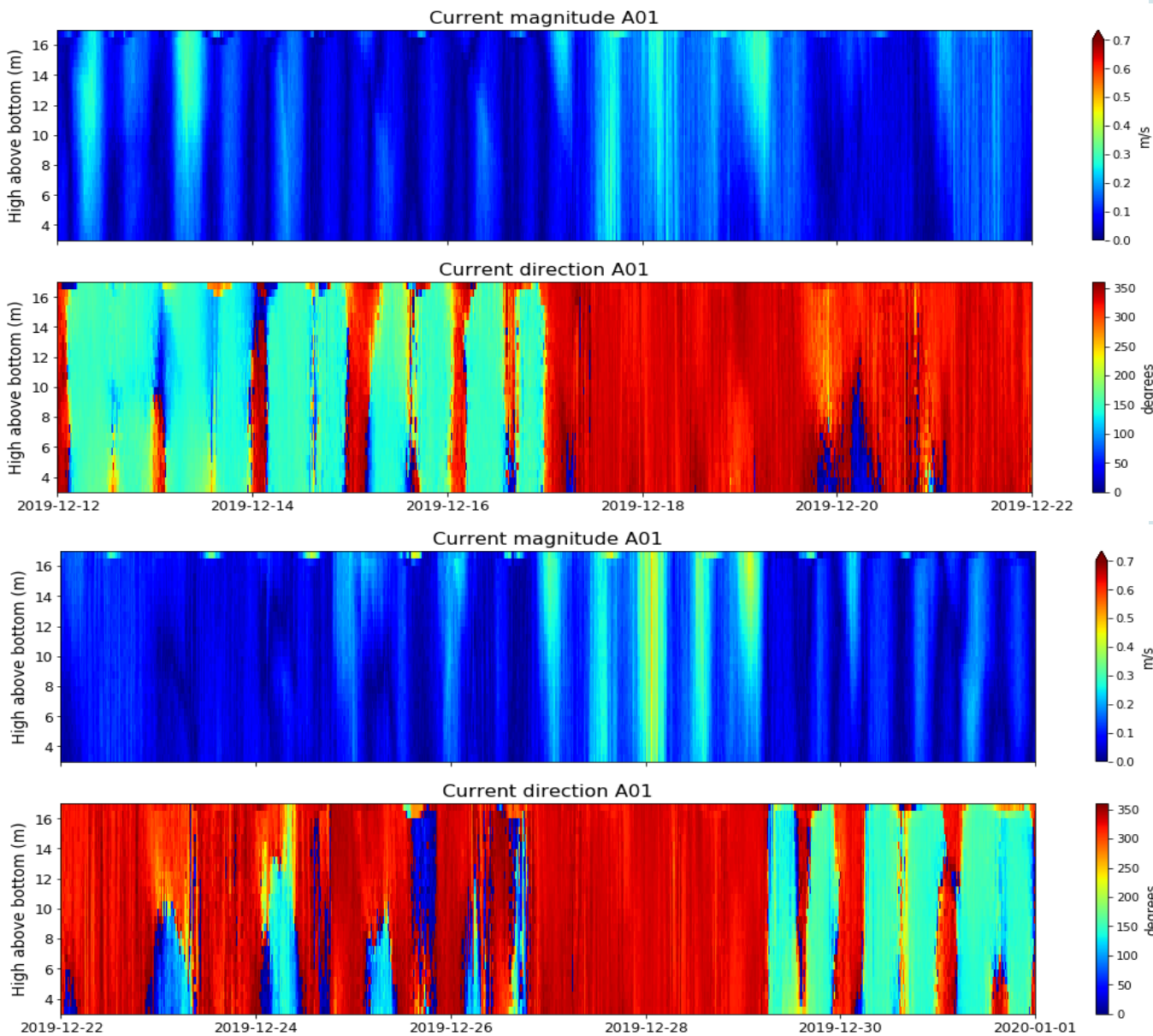


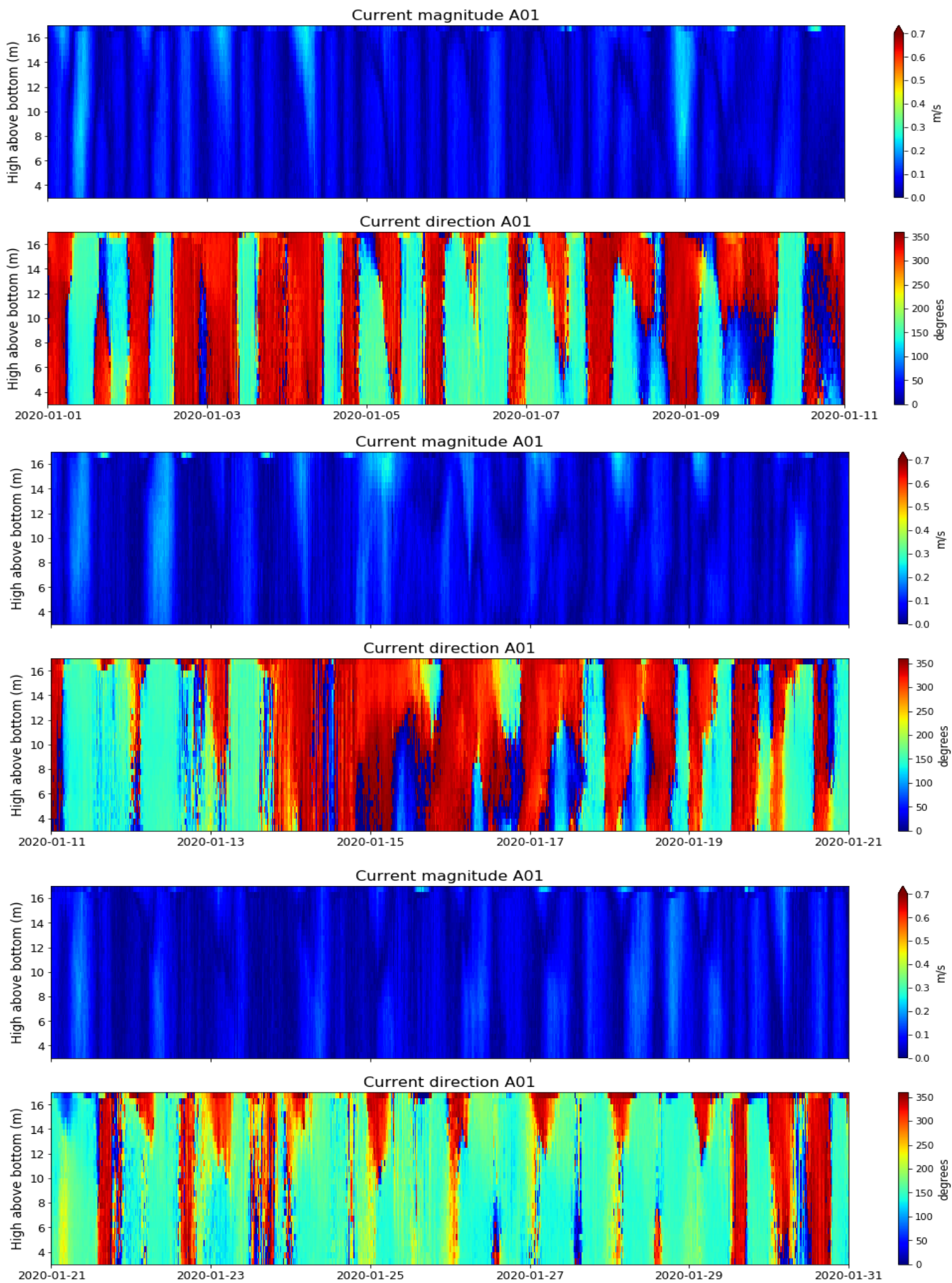


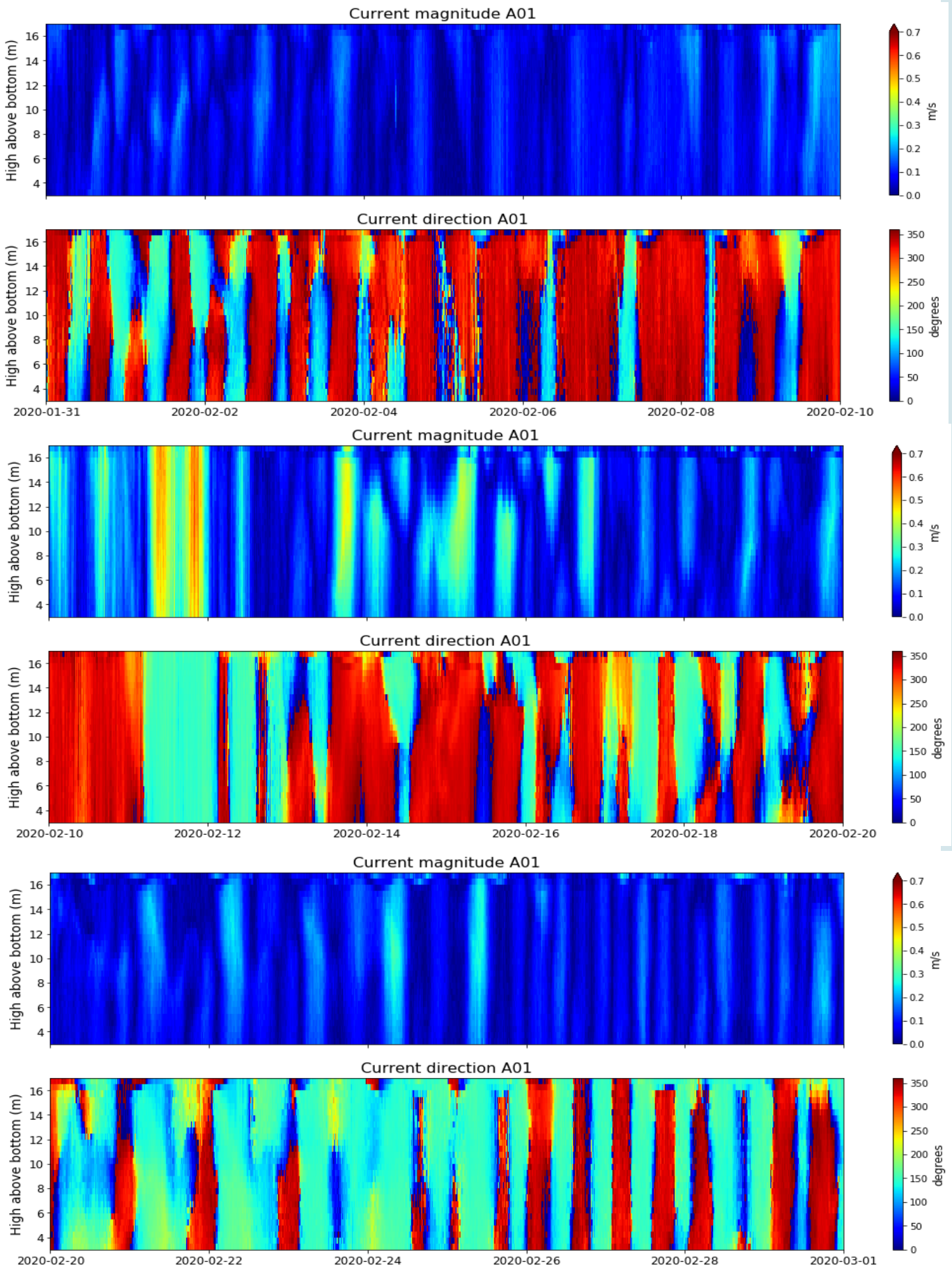


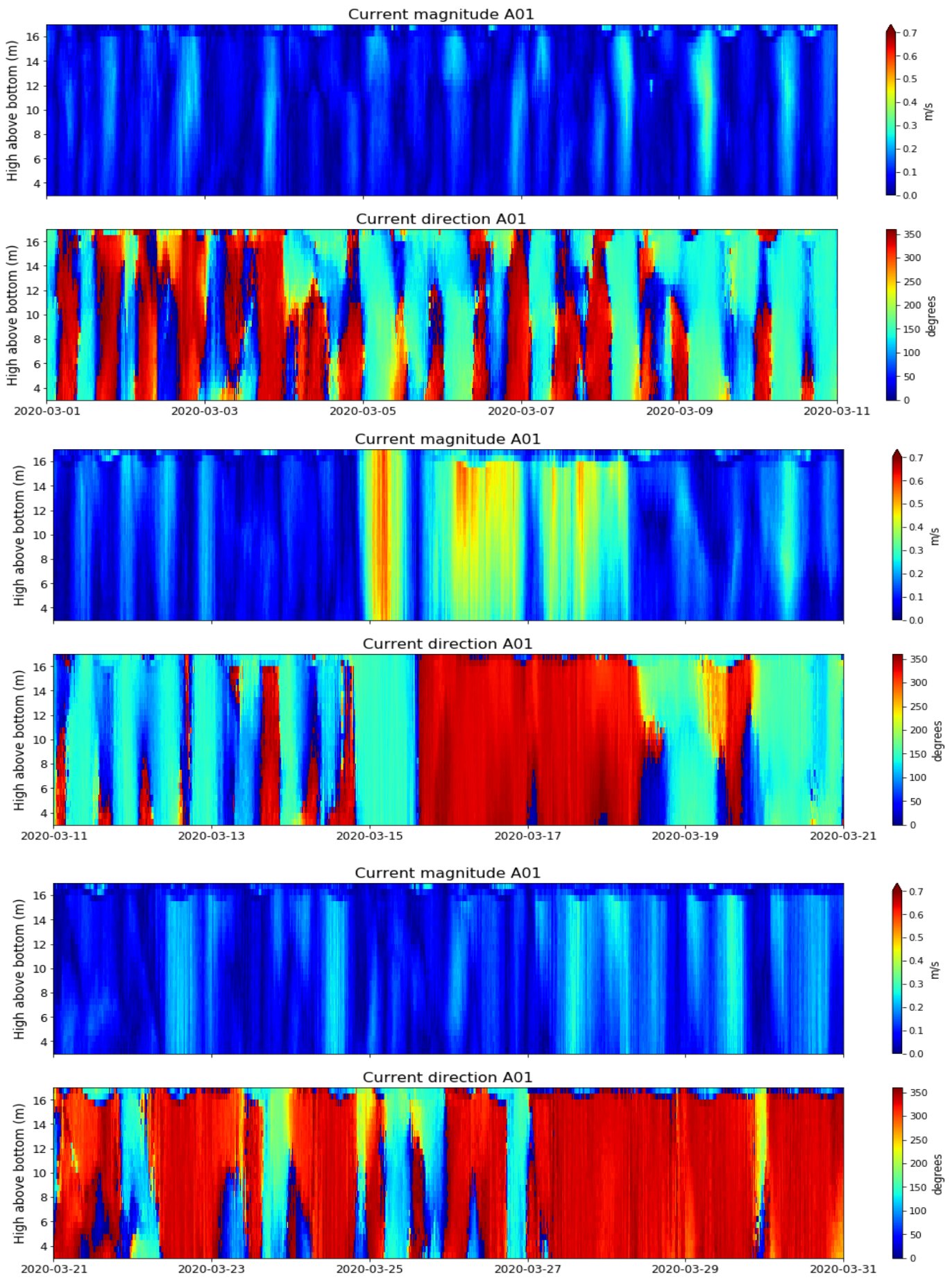


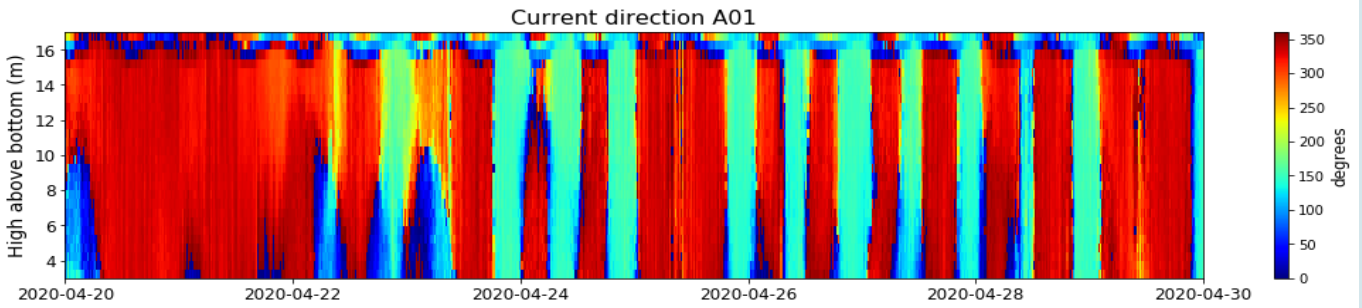
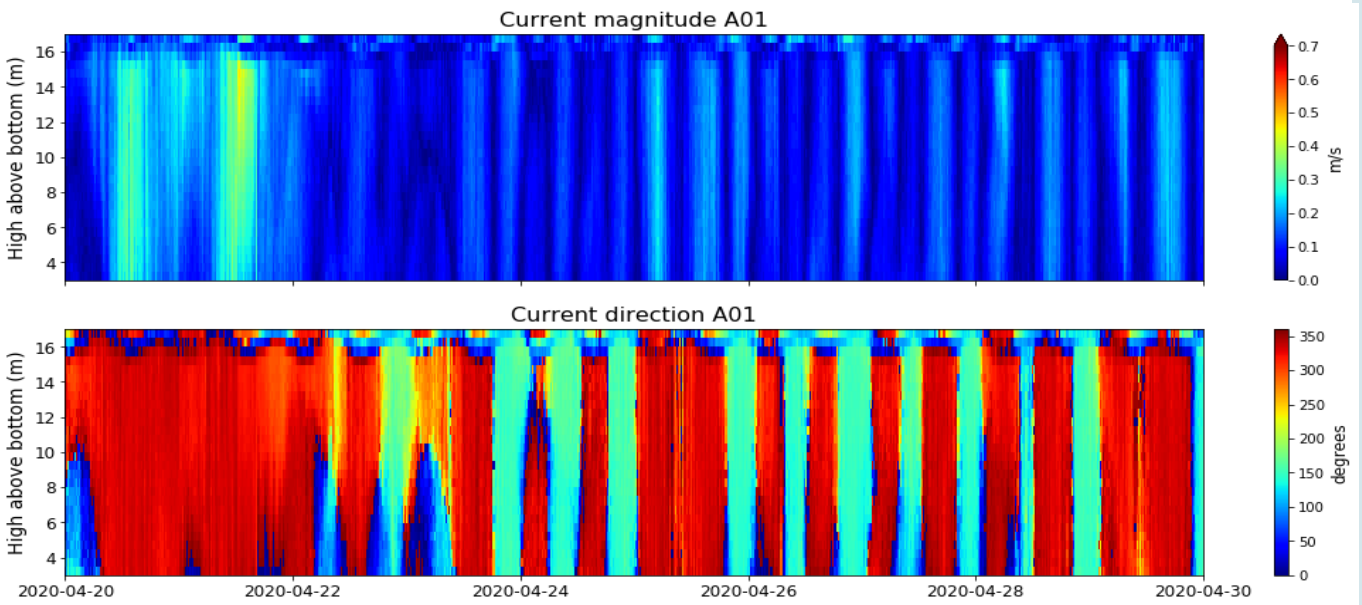
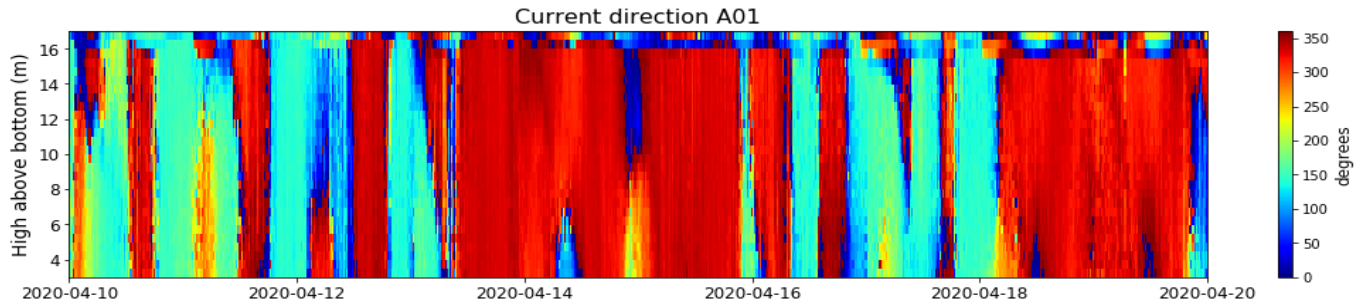
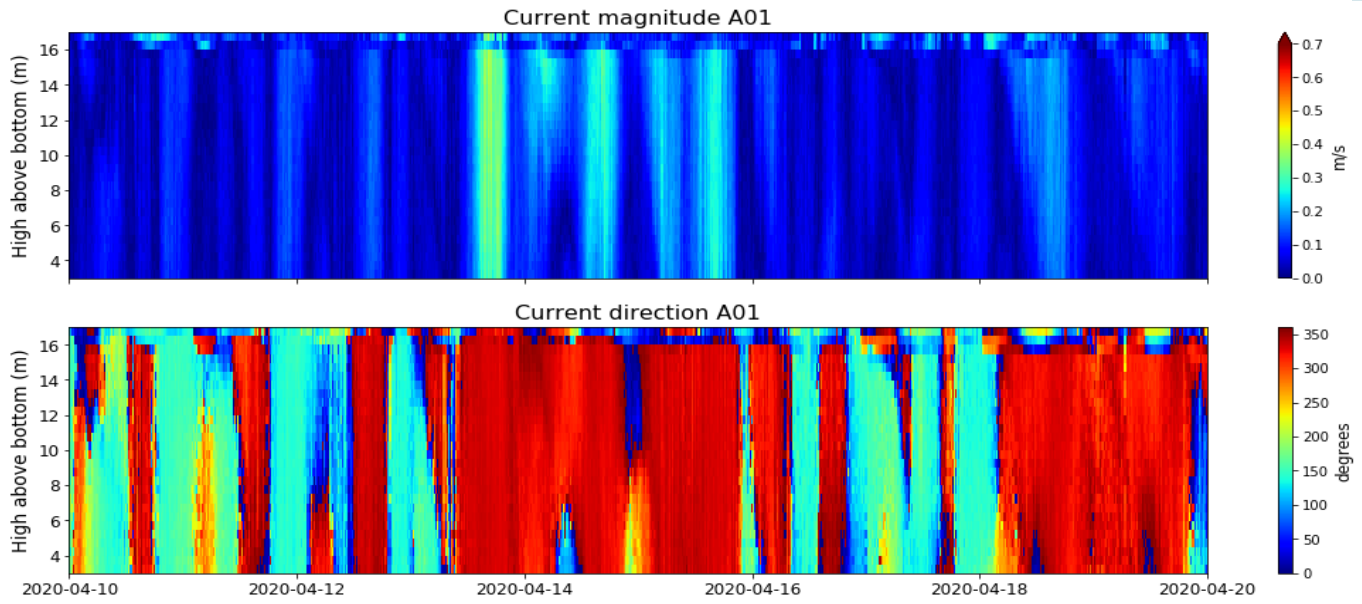
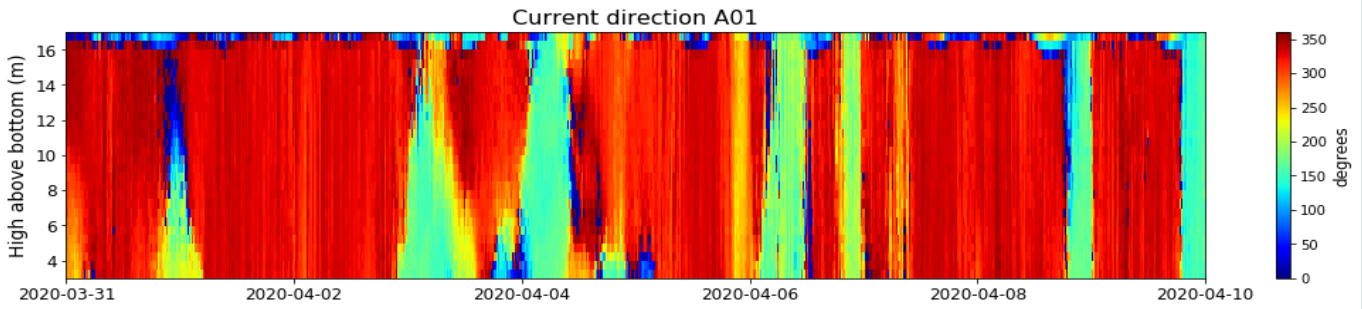
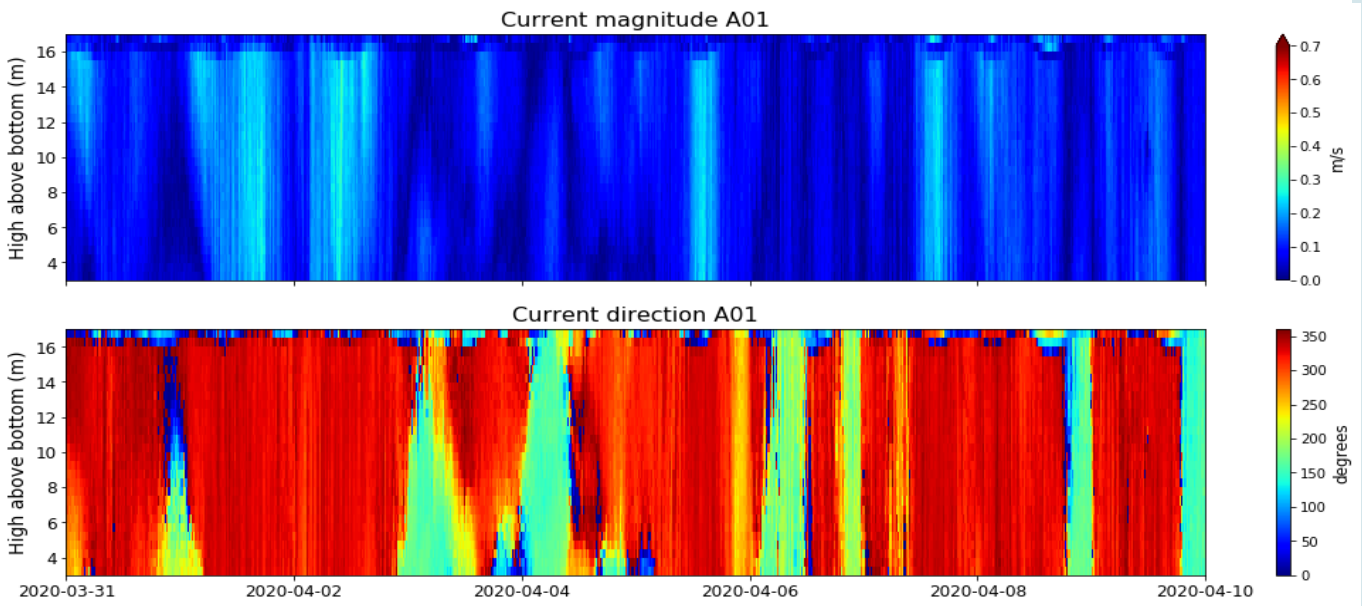
Annexe 7. ADCP - INTENSITE ET DIRECTION DU COURANT - CHENAL DE L'INFERNET (A01)

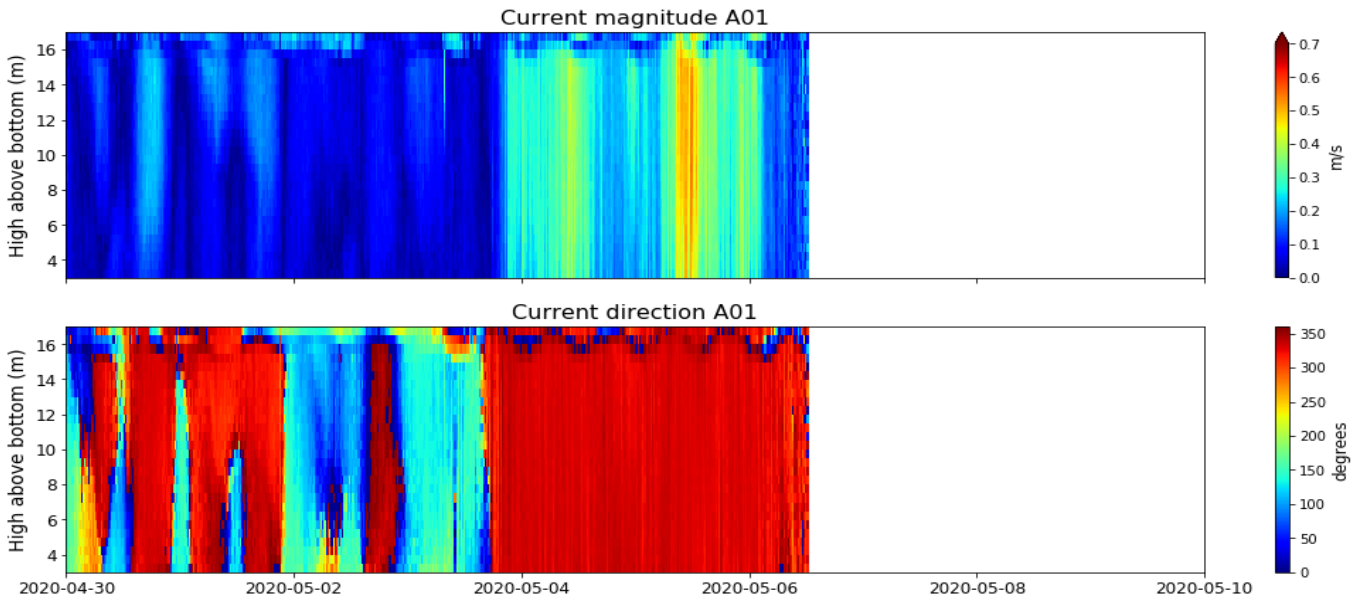




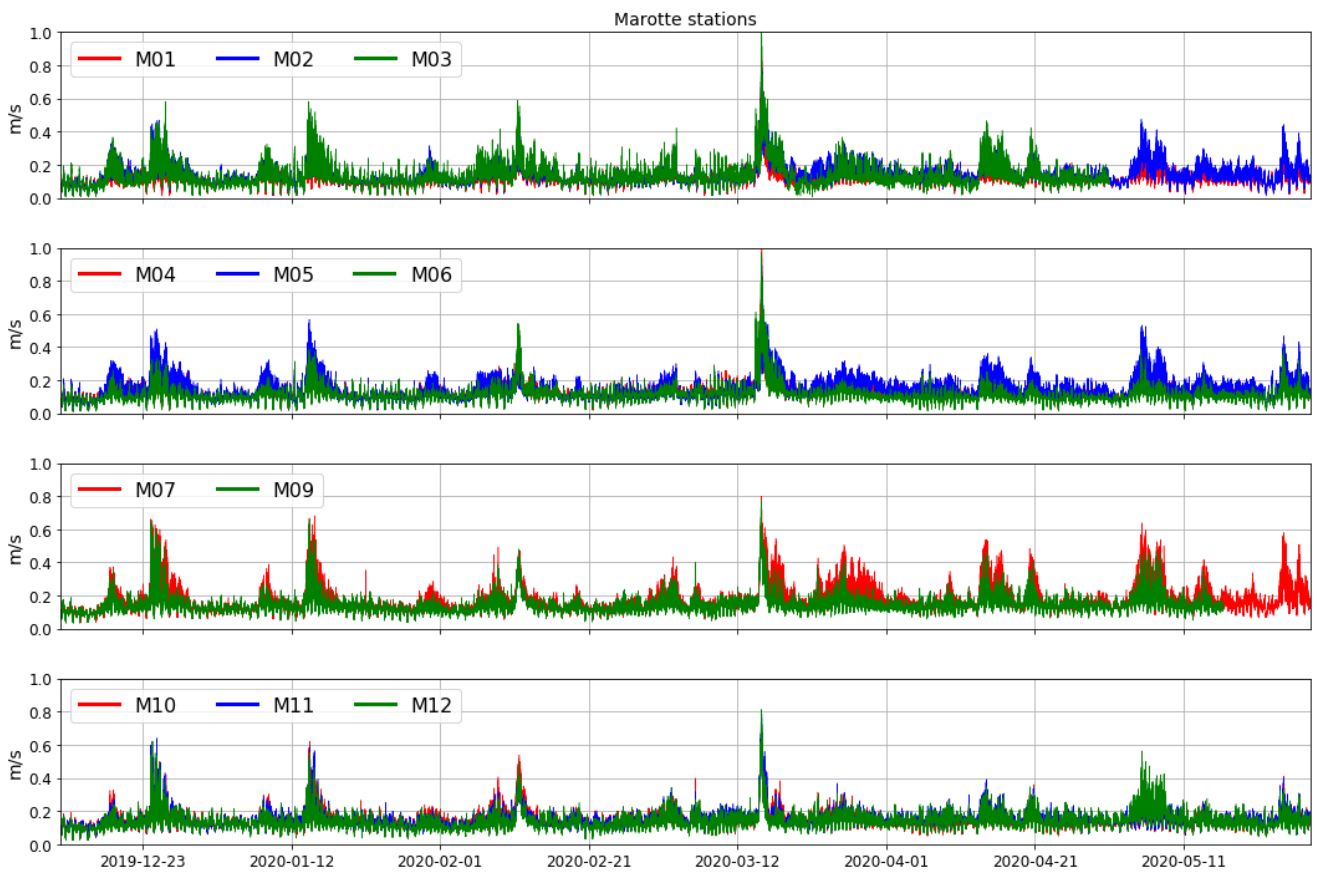








Annexe 8. INTENSITE ET DIRECTION DU COURANT MAROTTE HS



Occurrence des intensités de courant en fonction des directions

