
Laboratoire : US191 RAPPORT DE CALIBRATION
Implantation : Brest Version 01
Page 0/122

Rapport de Calibration des données CTD-02 De la campagne PIRATA-FR31

DOI : 10.17600/18001227

Octobre 2021

Version papier non gérée

Sommaire

- 1
1. Procédure de calibration4
 - 1.1. Acquisitions des mesures4
 - 1.1.1. CTD-O₂4
 - 1.1.2. Chimiques6
 - 1.2. Méthode de calibration7
2. Traitement des données8
 - 2.1. Etalonnage des capteurs9
 - 2.2. Nettoyage et correction des données11
3. Ajustement des profils aux données externes12
 - 3.1. Analyse des données chimiques12
 - 3.2. Ajustement en Température16
 - 3.3. Ajustement en Conductivité17
 - 3.4. Ajustement en Oxygène Dissous21
4. Validation et contrôle qualité des données25
5. Références29
6. Annexe 1 - Procédure de traitement schématisée30
7. Annexe 2 - Date et position des stations CTD-O₂ effectuées pendant PIRATA-FR3134
8. Annexe 3 - Carte des stations CTD-O₂ effectuées pendant la campagne PIRATA-FR3136
9. Annexe 4 - Signification des codes de qualité37
10. Annexe 5 – Analyses chimiques38
11. Annexe 6 – Détection des inversions de densité.41
12. Annexe 7 – Profils ajustés et réduits sur 1dbar43
13. Suivi des versions de ce document121

Abstract

CTD-O2 data issued from this rapport have been adjusted using pre- and post-campaign calibration coefficients, taking into account the sensor drift. Dynamic corrections applied from model have been checked and optimized, and, based on the difference between chemical analysis and sensor measurements, polynomial have been applied and calibrations coefficients have been optimized using statistical methods to adjust the salinity and the oxygen concentration CTD-O2 data. The profiles have been carefully examined and corrected from each anomaly. Except for the transmissometer and fluorimeter profiles, these data are consistent with the international WOCE standard. Concerning fluorimeter and transmissometer data, only the relatives' measurements along a profile make sense. The circuit 1 sensors have been preferred because noise is less important than the circuit 2 sensors.

Version papier non vérifié

Résumé

La campagne PIRATA-FR31 est la 31^{ème} de la série des campagnes annuelles organisées par la France au sein du programme international PIRATA (*Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic*). Elle a été menée par l'IRD à bord du N/O Thalassa du 22/02/2021 au 21/04/2021 dans l'Atlantique tropical. Au cours de cette campagne, 78 stations hydrologiques ont été effectuées (annexes 2 et 3). Lors de ces stations, une sonde CTD-O₂ (*SeaBird 911+*) était déployée permettant la mesure continue sur la colonne d'eau de différents paramètres physico-chimiques : température, conductivité, concentration en oxygène dissous, concentration en chlorophylle-a et transmission lumineuse. Sur ces mêmes stations des prélèvements chimiques ont été réalisés à différents niveaux de profondeur, à l'aide de bouteilles Niskin, au cours des remontées de la CTD. L'analyse chimique de ces échantillons permet d'ajuster les profils obtenus par la sonde. En effet, bien que les mesures effectuées par la sonde soient supposées stables et précises, des biais, attribués aux mouvements de la sonde et aux propriétés mêmes des capteurs, subsistent généralement. Ce sont ces erreurs qui seront minimisées tout au long des étapes d'ajustement des données. Ainsi, contrairement aux données prétraitées en mer, les données issues de ce rapport ont été ajustées et validées. Les données ajustées sont étalonnées à partir des coefficients d'étalonnage pré- et post-campagne, les paramètres des corrections dynamiques sont optimisés et, à partir de méthodes statistiques et les écarts entre les mesures de la sonde et les analyses chimiques, les coefficients d'étalonnage sont optimisés (ou des polynômes appliqués) pour rendre compte de la dynamique réelle des capteurs. La procédure de calibration suivie pour traiter les données de cette campagne est présentée dans une première partie. Ensuite sont exposés les résultats, d'une part de l'étalonnage et du nettoyage des données, et d'autre part de l'ajustement des profils de salinité et de concentration en oxygène dissous aux données chimiques. Enfin, nous présenterons dans une dernière partie les produits issus de la validation et du contrôle qualité des données.

Les capteurs de température, conductivité et oxygène dissous étant redondants, pour assurer une meilleure fiabilité des données, le circuit primaire de ces 3 capteurs a ici été privilégié pour l'utilisation des données à des fins d'exploitation scientifique ou opérationnelle. La précision finale des données de salinité et d'oxygène dissous est respectivement de 0.003 PSU et 2 $\mu\text{mol.kg}^{-1}$, ce qui est conforme aux normes internationales WOCE (Joyce, 1994). Le fluorimètre et le transmissiomètre n'ont pas été étalonnés et ajustés après la campagne, les mesures absolues de ces deux capteurs doivent donc être utilisées avec précaution. Seules les mesures relatives le long d'un profil ont une signification.

1. Procédure de calibration

Les données CTD-O₂ apportent des mesures fiables des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau. Cependant il est nécessaire de contrôler qu'aucun biais n'existe entre les données brutes et les mesures chimiques, ces dernières étant considérées comme références absolues. Ce biais est généralement attribué aux mouvements de la sonde et aux propriétés mêmes des capteurs. Trois grands groupes d'erreurs peuvent être identifiés : les erreurs dynamiques, les erreurs statiques et la dérive caractéristique des capteurs. Un certain nombre d'erreurs peuvent être contrôlé avant le déploiement ou au cours même de l'acquisition des données. Toutefois de nombreuses erreurs subsistent, ce sont ces erreurs qui seront minimisées tout au long des étapes du traitement des données. La procédure de traitement schématisée est présentée en annexe 1.

1.1. Acquisitions des mesures

Au cours de la campagne PIRATA-FR31, 78 stations hydrologiques CTD-O₂ ont été effectuées à bord du N/O Thalassa (annexes 2 et 3). Lors de ces stations, une sonde CTD-O₂ était déployée permettant la mesure continue sur la colonne d'eau de différents paramètres physico-chimiques : température, conductivité, concentration en oxygène dissous, intensité de fluorescence, visibilité. La profondeur de ces stations a été variable, avec des profondeurs maximales évoluant de 202 à 5192 dbar environ (annexe 2). 37 stations sont inférieures à 1500m et 41 stations sont égales ou supérieures à 2000m. La sonde CTD-O₂ utilisée était montée sur une rosette équipée de 2 courantomètres L-ADCP et 21 bouteilles de prélèvements, qui sont fermées à différents niveaux de profondeur tout le long de la colonne d'eau à la remontée. L'eau ainsi prélevée est analysée à bord (à minima la salinité et l'oxygène dissous) permettant d'ajuster les mesures de salinité et d'oxygène dissous de la sonde. Pendant cette campagne, les analyses chimiques ont été quasi systématiques : 686 analyses de salinité et 698 d'oxygène dissous ont été effectuées.

1.1.1. CTD-O₂

La rosette utilisée pendant la campagne était équipée d'une sonde *SEABIRD*® de type SBE911+. Cette sonde permet l'acquisition des données à une cadence de 24 mesures par secondes (24 Hz). Deux circuits de mesure T/C/O₂ (Température, Conductivité et Oxygène dissous) étaient montés en parallèle. Ainsi, la sonde était équipée :

- d'un capteur de pression *DigiQuartz®*: capteur piézoélectrique thermostaté. Une mesure de température interne au capteur permet de compenser thermiquement la pression calculée et ainsi réaliser des mesures de hautes précisions sur une gamme étendue de température. Ce capteur permet des mesures de 0 à 6800 dbar avec une exactitude de 0.7 dbar.

- de deux capteurs de température SBE3+ : capteurs à thermistance utilisés dans un oscillateur à pont de Wien. Ces capteurs permettent des mesures sur une gamme de -5 à 35°C avec une exactitude de 0.001°C et une résolution de 0.0002°C.

- de deux capteurs de conductivité SBE4C : capteurs composés de 3 électrodes de platine montées dans un oscillateur à pont de Wien. L'arrangement des électrodes permet une mesure de très bonne qualité indépendante de l'environnement extérieur. Ces capteurs autorisent des mesures sur une gamme de 0 à 7 S/m avec une exactitude de 0.0003 S/m et une résolution de $4 \cdot 10^{-5}$ S/m.

- de deux capteurs de concentration en oxygène dissous SBE43 : capteurs à membrane polarographique avec une valeur de tension en sortie. Une thermistance, placée sous la membrane, permet de compenser l'effet de température sur la membrane et ainsi obtenir une meilleure justesse du capteur et réaliser des profils de DO dans des gradients élevés de température. Il permet la mesure de concentration d'oxygène dissous (DO) sur une gamme de 0 à 120% de la teneur à saturation de l'eau avec une exactitude de 2% (i.e. : pour une eau avec une teneur à saturation de 4.74ml/l, le capteur est capable de mesurer des concentrations de 0 à 5.69ml/l avec une exactitude de ± 0.09 ml/l).

- d'un fluorimètre *Wetlabs®* ECO-FLD : capteur optique mesurant l'émission de fluorescence dans un petit volume d'eau, offrant une mesure relative de chlorophylle-a. La mesure de chlorophylle-a est effectuée dans une gamme de 0 à 30 μ g/l avec une exactitude de 0.02 μ g/l.

- d'un fluorimètre *Chelsea®* AQUATRACKA MK3 : capteur optique mesurant l'émission de fluorescence dans un petit volume d'eau, offrant une mesure relative de chlorophylle-a. La mesure de chlorophylle-a est effectuée dans une gamme de 0.01 à 100 μ g/l avec une exactitude de 0.02 μ g/l.

- d'un transmissiomètre *Wetlabs®* C-Star : capteur mesurant l'atténuation de la lumière dans la gamme des 650 nm (rouge) avec une largeur de bande de ~20nm.

- de deux pompes externes SBE5P pilotant les circuits T/C/O₂ : elles assurent la mesure d'une même parcelle d'eau et un débit constant au travers des capteurs de conductivité et d'oxygène permettant de réduire fortement des erreurs dynamiques.

La sonde était montée sur un châssis équipé d'un carrousel SBE32 constitué de 21 bouteilles de prélèvements (type Niskin) de 8 litres.

Le numéro de série des capteurs utilisés pour cette campagne sont présentés dans le tableau 1. Ce tableau présente également les dates d'étalonnages de ces différents capteurs qui ont été effectués au plus proche avant et après la campagne. La dérive du capteur de pression est reconnue très faible, le suivi par étalonnage est donc moins régulier. Par contre, le transmissiomètre et les fluorimètres n'ont pas reçus d'étalonnage après campagne. Les mesures obtenues avec ces capteurs doivent être utilisées avec précaution et employées plutôt comme valeurs relatives.

Instrument	Numéro de Série	Date étalonnage pré-campagne	Date étalonnage post-campagne
Pression	1263	23/05/2018	X
Température 1	6083	19/06/2020	22/06/2021
Conductivité 1	4509	18/06/2020	01/06/2021
Oxygène 1	3261	24/07/2020	24/07/2021
Température 2	6086	19/06/2020	25/06/2021
Conductivité 2	4510	01/09/2020	01/06/2021
Oxygène 2	3265	16/09/2020	16/09/2021
Transmissiomètre	CST-1827DR	27/07/2017	X
Fluorimètre	WetLabs 4707	24/04/2017	X
Fluorimètre	Aquatracka 088_056	20/10/2020	X

Tableau 1 : Numéros de série et dates d'étalonnage des capteurs de la configuration CTD-O2 utilisés pendant PIRATA-FR31.

1.1.2. Chimiques

L'analyse chimique des prélèvements bouteille a été effectuée pendant la campagne. Ces analyses ont permis de déterminer la salinité et la concentration en oxygène dissous à différents niveaux de fermeture des bouteilles. Elles ont été quasi systématiques : 686 analyses de salinité et 698 d'oxygène dissous ont été effectuées sur l'ensemble des stations. Ces mesures permettront par la suite d'ajuster les profils de conductivité et d'oxygène dissous mesurés avec la CTD par minimisation des écarts avec les mesures capteurs. L'analyse de salinité a été réalisée à partir d'un salinomètre Portasal®. Ces mesures ont ensuite été converties en conductivité *in-situ* en utilisant les mesures de pression et de température de la sonde au niveau des prélèvements. La concentration en oxygène dissous a été évaluée à l'aide de la méthode chimique de Winkler (Culberson, 1991). Les résultats ont été consignés

dans un fichier synthétique «PIRATAFR31_CHIMIE.xls ». Les remarques relatives aux mesures de salinité et d'oxygène dissous faites pendant les prélèvements et les analyses ont été reportées en annexe 5.

1.2. Méthode de calibration

Nous pouvons classer les erreurs de mesures des sondes CTD en trois groupes distinctifs : les erreurs dynamiques, les erreurs statiques et la dérive des capteurs. Un certain nombre d'erreurs peuvent être contrôlées avant déploiement et au cours même de l'acquisition des données. Ainsi, la bonne manipulation et un bon suivi des capteurs sont primordiaux pour l'acquisition de mesures précises et fiables.

Les erreurs statiques peuvent être maîtrisées par le suivi régulier des capteurs par le constructeur. Les feuilles d'étalonnage fournies permettent alors de corriger les erreurs systématiques des instruments. La dérive des capteurs est, elle, contrôlée par une calibration régulière des capteurs. Une calibration pré- et post-campagne permet de corriger cette dérive en appliquant une correction aux mesures, considérant une dérive linéaire entre ces deux calibrations. Pour corriger ces deux types d'erreurs, nous parlerons d'étalonnage des capteurs.

Les erreurs dynamiques demandent à être mieux contrôlées. Les profils descentes sont privilégiés car les erreurs sont moindres par rapport aux remontées où les turbulences sont plus importantes. La sonde et ses capteurs étant placée dans le bas du châssis, la masse d'eau est moins perturbée par le châssis et les bouteilles de prélèvement lors du profil de descente que lors du profil de montée. Par ailleurs les arrêts du châssis lors du profil de montée à différents paliers pour effectuer les prélèvements bouteilles perturbent également la continuité des mesures des capteurs de la sonde. Le logiciel *SBEDataProcessing* de *SEABIRD®* permet de corriger des erreurs par l'application de différents paramètres (alignement des réponses des capteurs, erreur de masse thermique, erreur d'hystérésis,...). Ensuite une première étape de nettoyage des données est réalisée à l'aide du logiciel *CADHYAC* (Chaîne d'Ajustement des Données d'Hydrologie Après Campagne) développé au LOPS. L'ensemble de ces corrections composeront dans ce rapport la partie « Traitement des données ».

Une seconde étape consiste à optimiser les coefficients d'ajustement à l'aide de données externes. Dans la configuration de sonde utilisée pour cette campagne, les mesures de conductivité et d'oxygène dissous ont pu être contrôlées par comparaison avec les prélèvements d'eaux effectués pendant la remontée de la sonde. Cette étape consiste alors à optimiser les coefficients d'ajustement en minimisant les écarts, par processus itératif, entre les mesures chimiques et les mesures de la sonde.

Elle a été réalisée en partie à l'aide du logiciel *CADHYAC*. L'ajustement des capteurs de conductivité est réalisé en comparant les mesures de conductivité de la sonde à la montée aux niveaux de fermeture des bouteilles avec la conductivité *in-situ*, calculées à partir des prélèvements bouteilles. L'ajustement des capteurs d'oxygène dissous est effectué en comparant les mesures du profil descente avec les résultats des analyses chimiques des échantillons prélevés à la montée. Le profil descente est ici privilégié car, compte tenu de la disposition des capteurs, il est admis que lors de la remontée de la sonde et plus particulièrement lors des arrêts, les capteurs d'oxygène sont sujets à la vague de sillage et aux turbulences générées par la rosette et donc à plus de bruits dans les données. De manière à prendre en compte la variabilité naturelle de la colonne d'eau due aux ondes internes, la méthode développée par le PMEL est préférée (Uchida et al, 2010). Cette méthode utilise les données sonde descente obtenues aux mêmes densités que celles rencontrées à la fermeture des bouteilles.

Une fois les données corrigées et ajustées, les données sont réduites à 1dbar. S'en suit le processus de validation des données. Au cours de cette étape, les données incorrectes subsistantes dans les fichiers ajustés (pics en oxygène dissous, pics en salinité, inversion de densité) sont détectées. Un code qualité (annexe 4) est alors attribué à chacune des données. Enfin, un contrôle qualité de la calibration des capteurs a pu être effectué. Les diagrammes θ -S et θ -O₂ sont comparés entre stations successives, afin de vérifier qu'il n'y ait pas de sauts dans la calibration, et une comparaison avec des données historiques a pu être réalisée. Des comparaisons avec les profils des précédentes campagnes réalisés aux mêmes positions géographiques ont pu être effectuées pour vérifier la bonne répétabilité des diagrammes qui se superposent (surtout en ce qui concerne les données des eaux de fond, supposées peu variables).

L'ensemble des traitements effectués résultent d'un protocole hybride (annexe 1) qui a été développé à l'US IMAGO à partir des scripts de la chaîne d'ajustage *CADHYAC* du LOPS et ceux développés au LEGOS concernant l'ajustement de l'oxygène (Saout-Grit, Ganachaud et al, 2015).

2. Traitement des données

Durant l'acquisition d'un profil CTD les fichiers suivants sont générés à partir du logiciel *SeaSave* de *SEABIRD®* :

1. un fichier binaire composé des données brutes à 24Hz (.hex),
2. un fichier de configuration (.XMLCON), contenant les coefficients de calibration et la configuration des capteurs,

3. qu'un fichier bouteille (.bl), contenant l'enregistrement des temps et des numéros de la plage de scans marquant la fermeture des bouteilles.

Le traitement des données est effectué à partir des fichiers ASCII (.cnv), contenant les données brutes à 24Hz converties en grandeurs physiques, générés à partir de la fonction *DatCnv* de *SBEDataProcessing*.

2.1. Etalonnage des capteurs

Dans un premier temps, il est nécessaire de convertir les données brutes (de fréquence ou de tension) en grandeurs physiques. Cette conversion utilise les coefficients de calibrations issus des différents étalonnages effectués chez les constructeurs (*SEABIRD®* et *WETLabs®*). Les erreurs des capteurs sont évaluées chez leurs constructeurs en comparant les valeurs mesurées, au long de leurs gammes de mesure, avec un instrument de référence. Cette étape permet d'identifier la non-linéarité d'un capteur et ainsi d'ajuster sa réponse via l'application de coefficients de calibration (au sein de polynômes complexes) pour minimiser les erreurs. Hormis le capteur de pression, le transmissiomètre et les fluorimètres, tous les capteurs présentent un étalonnage pré- et post-campagne (tableau 1). Alors que le rapport d'étalonnage pré-campagne présente l'état du capteur avant l'acquisition des données, le rapport post-campagne indique la manière dont le capteur a évolué. Des coefficients de pente et d'offset relatifs aux deux rapports d'étalonnage peuvent alors être calculés et appliqués aux mesures pour corriger la dérive naturelle du capteur. Cette dérive est considérée linéaire mais elle est propre à chaque capteur. Le capteur de température a ainsi tendance à dériver en offset alors que la dérive des capteurs de conductivité et d'oxygène suit plutôt l'allure d'une pente. Les coefficients présentés dans le tableau 2 ont été calculés comme suit :

$$Offset = Offset_{postcal} \times \left(\frac{Temps_{\{d\acute{e}pl-pr\acute{e}cal\}}}{Temps_{\{postcal-pr\acute{e}cal\}}} \right)$$

$$Pente = 1 + \left(\frac{Temps_{\{d\acute{e}pl-pr\acute{e}cal\}}}{Temps_{\{postcal-pr\acute{e}cal\}}} \right) \left(\frac{1}{Pente_{postcal}} - 1 \right)$$

Avec :

Offset_{postcal} : Moyenne des résidus obtenus en utilisant les coefficients de post-calibration sur les données de pré-calibration.

Pente_{postcal} : Pente calculée avec les coefficients de post-calibration sur les données de pré-calibration.

Temps_{postcal-précal} : Temps séparant les deux calibrations.

Temps_{dépt-précal} : Temps écoulé entre la pré-calibration et le déploiement du capteur.

	Température 1	Température 2	Conductivité 1	Conductivité 2	Oxygène 1	Oxygène 2
Offset	$1,15.10^{-3}$	$6,91.10^{-3}$	X	X	$-4,932.10^{-1}$	$-5,178.10^{-1}$
Pente	X	X	1,0006	1,0001	$4,671.10^{-1}$	$3,928.10^{-1}$

Tableau 2 : Coefficients de Pente et d'Offset des capteurs calculés à partir des étalonnages pré- et post-campagne.

Pendant cette campagne la nouvelle toolbox 'CTD-SeaBird-Pressure-Stability', développée à l'US IMAGO, a été utilisée. Celle-ci a permis, outre le contrôle de bon fonctionnement du capteur de pression en comparant les valeurs de pression obtenues sur le pont avant et après un profil, de calculer un offset pour le capteur de pression. Le contrôle de bon fonctionnement du capteur de pression est évalué en vérifiant si un phénomène d'hystérésis est présent. Sea-Bird recommande de changer le capteur de pression si celui-ci présente un phénomène d'hystérésis supérieur à 2 dbar. Le phénomène d'hystérésis est apparu quasi inexistant lors de cette campagne, toutes les valeurs rencontrées sont inférieures à 0.1dbar. Les écarts de pression étant faibles et n'étant jamais supérieurs à 2dbar, le capteur de pression a été supposé stable et les données fiables sur l'ensemble de la campagne. L'outil a, d'autre part, permis de déterminer un offset moyen rencontré au cours de la campagne pour le capteur de pression (-0.8dbar). C'est cette valeur qui sera utilisée tout au long de la campagne. En effet, le capteur de pression *Digiquartz®* est un capteur absolu : sa valeur en sortie inclue l'effet de pression atmosphérique (Sea-Bird, 2017). Pour ramener cette mesure au niveau marin, il est donc nécessaire d'appliquer un offset calculé à partir de la pression atmosphérique locale. Ainsi cet offset a été calculé au début de campagne.

Les fichiers ASCII (.cnv) créés contiennent : le numéro de scan, la pression en dbar, les températures (des deux capteurs) en °C suivant l'échelle ITS90, les conductivités en mS/cm, les mesures d'oxygène en Volt, la dérivée temporelle des mesures d'oxygène, la mesure de transmission en %, la mesure en chlorophylle-a en µg/l, le temps écoulé en secondes, le jour julien, la latitude et la longitude.

2.2. Nettoyage et correction des données

Ensuite les données ont été nettoyées à l'aide du module *Hydro_net* de *CADHYAC* de manière à rejeter les valeurs physiquement aberrantes et irréalistes des profils. Un test par seuillage et un test d'écart à la médiane ont été appliqués à tous les paramètres. Les valeurs utilisées sont présentées dans le tableau 3.

Seuillage	Pression	Température	Conductivité	Oxygène	Fluorimètres	Transmissiomètre
Minimum	0,5	2	32	0.7	0	70
Maximum	5200	29,5	58,5	3,3	5	90
Ecart à la médiane						
Taille de la fenêtre	20	6	6	10	20	20
Nombre d'écart-type	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Ecart minimum	2	0.01	0.01	0.01	0.1	0.1
Ecart maximum	5	0.8	0.8	0.4	1	1
Itérations	2	2	3	3	2	2

Tableau 3 : Paramétrage utilisé pour le nettoyage des données CTD-02.

Ensuite, les erreurs dynamiques ont été corrigées à l'aide du logiciel *SBEDataProcessing* de *SEABIRD®*. D'une part, en alignant les mesures des capteurs par rapport à la mesure du capteur de pression en les décalant d'un certain temps (tableau 4 – la température et la conductivité ont été alignés préalablement lors de l'acquisition).

Capteur	Alignement [s.]
Oxygène Primaire	2.5
Oxygène Secondaire	2.5
Transmissiomètre	0.6

Tableau 4 : Valeurs d'alignement utilisées pour le recalage des données par rapport au capteur de pression.

Ensuite, les effets d'inertie thermique des cellules de conductivité ont été corrigés (amplitude de l'anomalie thermique fixée à 0.03 et constante de temps fixée à 7s), puis les erreurs d'hystérésis propres aux capteurs d'oxygène ont été rectifiées. Enfin un filtre passe-bas de 0,15s a été appliqué sur la pression, et les données relatives au pilonnement de la sonde ont été rejetées (vitesse de la sonde < 0,1m.s⁻¹). Les différents profils ainsi que des diagrammes θ -S et θ -O₂ ont été inspectés systématiquement de manière à s'assurer du bon déroulement de ces étapes de nettoyage et de correction des données.

3. Ajustement des profils aux données externes

Suite à cette étape de traitement, les profils de salinité et d'oxygène dissous ont pu être ajustés en utilisant les prélèvements d'eau effectués à la remontée de la sonde. Cette étape consiste à optimiser les coefficients de calibration de ces capteurs, ou des polynômes de correction, en minimisant par processus itératif les écarts entre les mesures chimiques effectuées sur les échantillons prélevés à la montée et les mesures de la sonde. D'autre part, les mesures de température ont été contrôlée à l'aide d'un capteur de température de référence SBE35. Ce capteur de température permet une mesure discrète à chaque fermeture de bouteille. Ce capteur de référence permet d'ajuster les mesures de température des SBE3 si des différences importantes sont rencontrées.

3.1. Analyse des données chimiques

Au cours de la campagne PIRATA-FR31, les analyses chimiques en salinité et oxygène dissous ont été quasi systématiques : 686 mesures de salinité et 698 d'oxygène dissous ont été effectuées sur l'ensemble des stations (annexe 5). Les échantillons ont été effectués suivant un plan d'échantillonnage précis le long de la colonne d'eau tout au long des stations (généralement les niveaux 0m, 20m, 40m, 60m, 80m, 100m, 400m, 600m, 800m, 1000m, 1500m et 2000m étaient prélevés pour une bonne résolution verticale de la surface). Les échantillons sont ainsi assez bien répartis sur la colonne d'eau Les échantillons réalisés dans la couche de surface, jusqu'à 100m (figures 1 et 2), présentent plus de bruit que ceux effectués au fond.

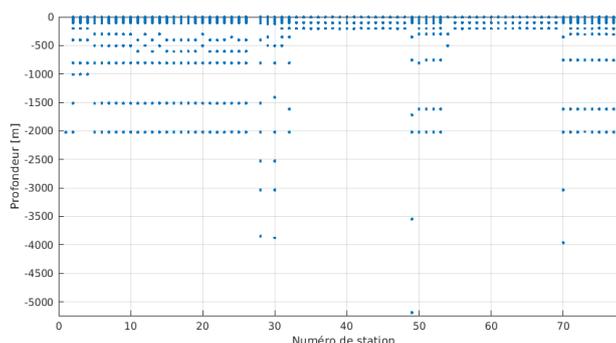


Figure 1 : Répartition des prélèvements pour analyse de la salinité effectués au cours de la campagne PIRATA-FR31.

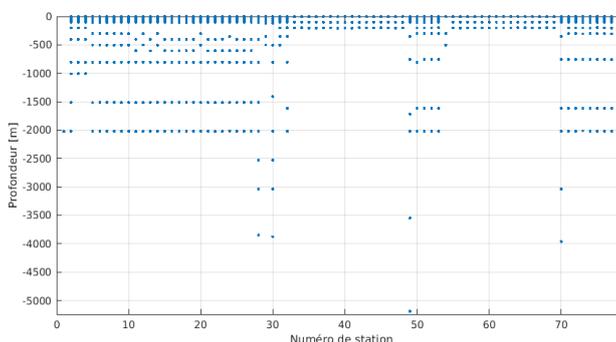


Figure 2 : Répartition des prélèvements pour analyse de l'oxygène effectués au cours de la campagne PIRATA-FR31.

Pour estimer l'erreur des mesures analytiques, des doublets ont été effectués à chaque station en déclenchant la fermeture de deux bouteilles au même niveau de prélèvement. Également, deux profils tests (profil 1 et 78) ont été effectués, consistant à fermer toutes les bouteilles à une même profondeur (4000m), de manière à évaluer ces erreurs.

La figure 3 présente les écarts obtenus sur les doublets en salinité et la figure 4 présente l'histogramme. L'écart moyen des différences de mesure en salinité est de -0.0007PSU et présente un écart-type de 0,0108 PSU sur l'ensemble des doublets effectués. Les doublets des stations 25 et 76 présentent un écart supérieur à 0,01 PSU (figure 5). Ces doublets ayant été effectués sur des zones de forts gradients et à des profondeurs légèrement différentes, il est admis que ces doublets ne sont pas à rejeter. En admettant la précision de la mesure de 0,003 PSU admise par la communauté océanographique, les écarts sont de manières générales inférieures à la précision. Les stations tests montrent de bons résultats avec des écarts types de 0,0016PSU et 0,0019PSU (figure 5).

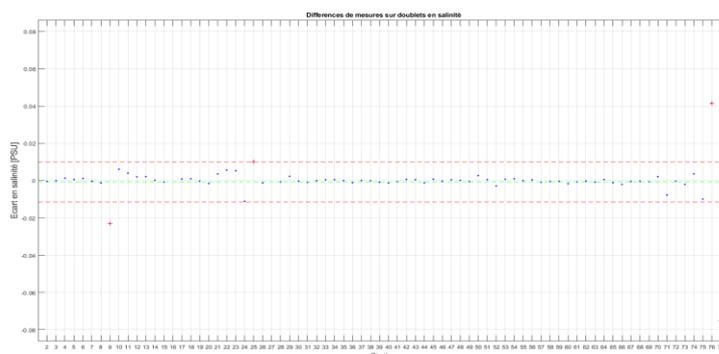


Figure 3: Ecarts de salinité entre deux bouteilles fermées au même niveau en fonction du numéro de station à laquelle a été réalisé le doublet.

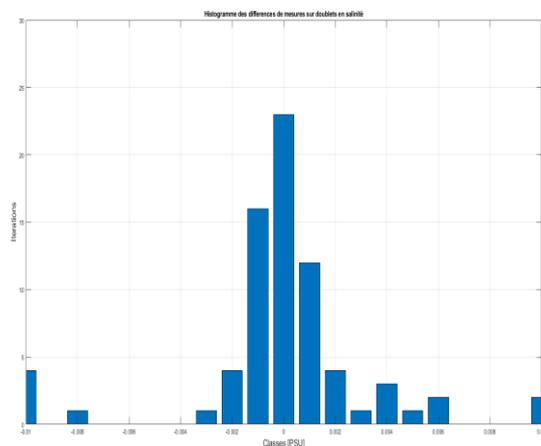


Figure 4: Histogramme des écarts de salinité sur les doublets

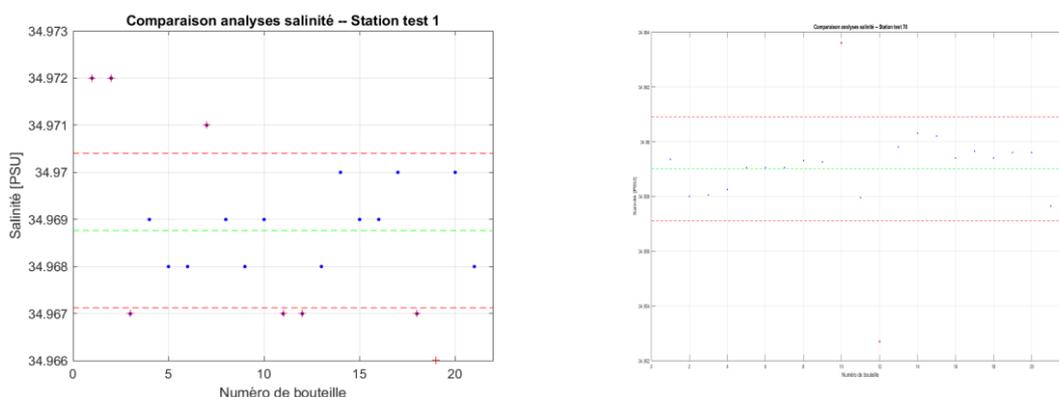


Figure 5 : Ecart en salinité des prélèvements effectués lors des stations tests

L'évaluation détaillée de ces erreurs est présentée dans le rapport chimie de la mission (Hillion et CARIOU, 2021).

Les figures 6 et 7 présentent les écarts et l'histogramme obtenus sur les doublets en oxygène. Les écarts d'oxygène entre les doublets présentent une moyenne de 0 micromole/kg avec un écart-type de 1,4 micromole/kg. Le doublet de la station 13 présente un écart supérieur à 10 micromole/kg (figure 6). Ce doublet a été rejeté de manière à ne pas biaiser le calcul (annexe 5). En admettant la précision de la mesure de 2 micromole/kg admise par la communauté océanographique, les écarts sont bien inférieurs à cette précision. La station test montre de bons résultats avec un écart type de 0,5 µmol/kg (figure 8).

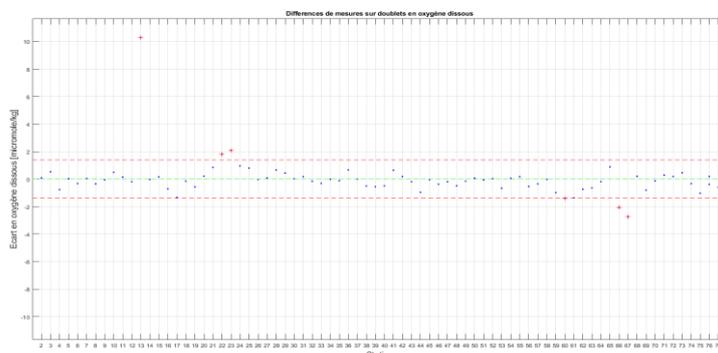


Figure 6 : Ecart en oxygène dissous entre deux bouteilles fermées au même niveau en fonction du numéro de station à laquelle a été réalisé le doublet.

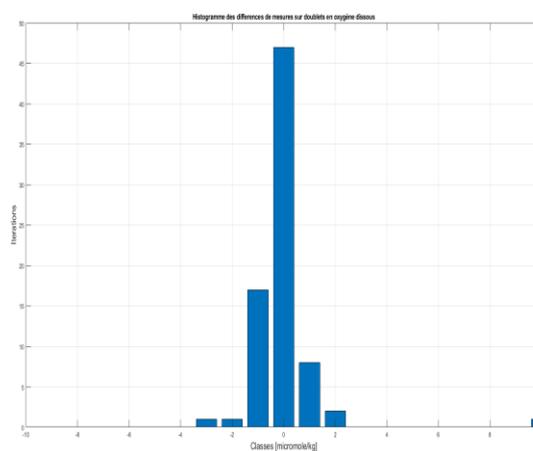


Figure 7 : Histogramme des écarts en oxygène sur les doublets.

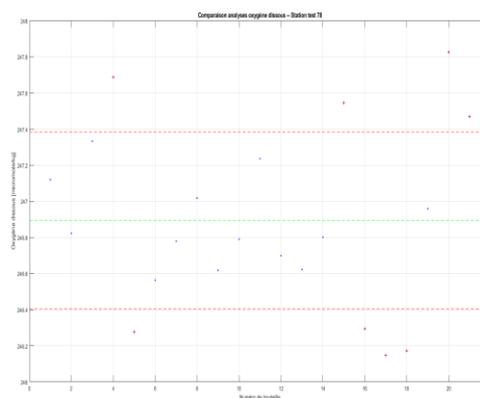
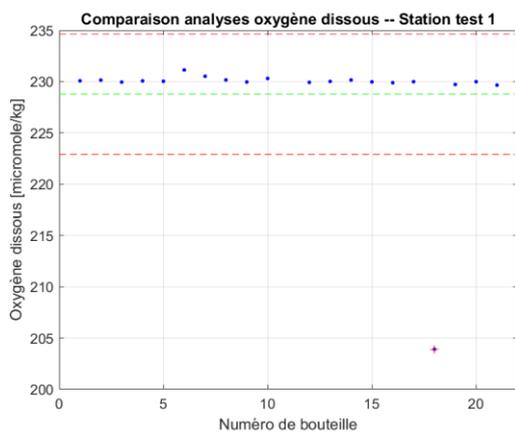


Figure 8 : Ecart en oxygène dissous des prélèvements effectués lors des stations tests

3.2. Ajustement en Température

L'ajustement du capteur de température est réalisé en comparant les mesures de température de la sonde aux niveaux de fermeture des bouteilles avec les mesures discrètes réalisées avec le capteur de référence SBE35 placé au même niveau que les deux capteurs SBE3. Le capteur SBE35 est étalonné chez *Sea-Bird* dans des cellules du point triple de l'eau et du point de fusion du gallium, sa mesure est supposée fiable et très stable. Ce capteur de référence permet de définir si un capteur de température SBE3 est défaillant, et le cas échéant de calculer un polynôme pour corriger les mesures de température des effets de pression, de dérive temporelle et d'échauffement visqueux (Uchida et al, 2007). Les résultats sont présentés sur la figure 9. La variabilité des écarts est importante lorsque tous les niveaux de fermetures des bouteilles sont pris en compte. Lorsque seuls les mesures effectuées sous 2000dbar sont prises en compte, là où les gradients verticaux de température sont faibles, la variabilité des écarts est faible et les écarts sont centrés autour de 0°C. Aucune correction n'a donc été appliquée aux données de températures. Les deux capteurs SBE3 présentent des résultats très semblables. Bien que les écarts du circuit 2 présentent une variabilité plus faible et mieux centrée autour de 0; le circuit primaire sera privilégié par la suite car les signaux sont moins bruités que sur le circuit secondaire.

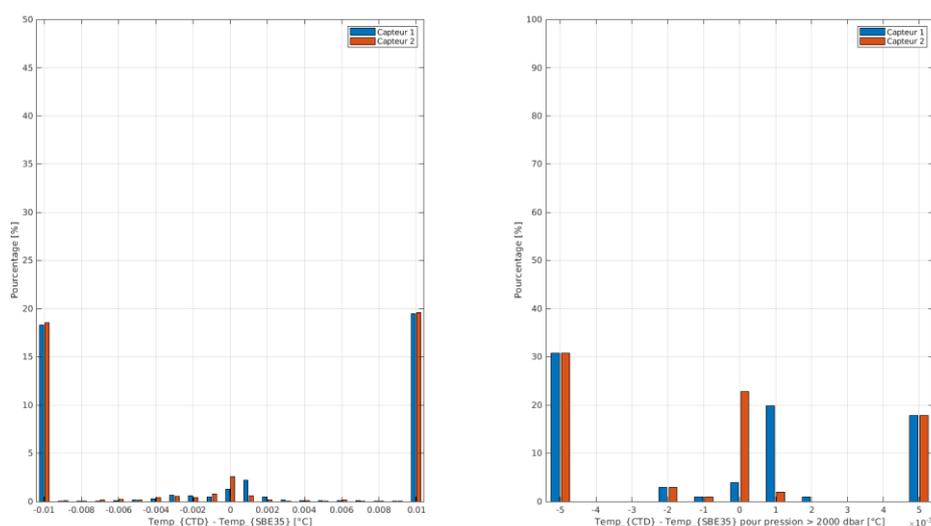


Figure 9 : Histogramme des écarts entre les mesures des capteurs de température SBE3 et la sonde de référence SBE35 aux niveaux de fermeture des bouteilles pour toutes les bouteilles (à gauche), et pour les bouteilles fermées sous 2000dbar (à droite).

3.3. Ajustement en Conductivité

L'ajustement du capteur de conductivité est réalisé en comparant les mesures de conductivité de la sonde aux niveaux de fermeture des bouteilles avec la conductivité *in-situ*, calculées à partir des prélèvements bouteilles. Les analyses en salinité des échantillons ont été converties en conductivité *in-situ* en utilisant les mesures ajustées de pression et de température de la sonde au niveau des prélèvements. Les mesures de conductivité de la sonde utilisées pour la comparaison sont des moyennes des données aux niveaux de fermeture des bouteilles des profils montés. Trois types de corrections peuvent être appliqués : une correction dépendante du temps (ou numéro de station) pour tenir compte d'une évolution lente du capteur (ct), une correction en fonction de la valeur de conductivité (c) et une correction de l'effet de pression (cp). La correction prend la forme :

$$C_{corr} = C + (ct_0 + ct_1 \times istat) + (c_0 + c_1 C_t + c_2 C_t^2) + (cp_0 + cp_1 P + cp_2 P^2)$$

Avec :

C_{corr} :	Conductivité corrigée
C :	Conductivité non corrigée
C_t :	Conductivité corrigée temporellement
P :	Pression ajustée
T :	Température ajustée
$istat$:	Numéro de station

Les mesures de conductivité de la sonde sont ajustées en utilisant une adaptation de ce polynôme qui minimise au mieux les écarts sur un groupe de stations. Les coefficients retenus résultent d'itérations successives. Ainsi, les coefficients du polynôme sont calculés afin que les données sondes se rapprochent au mieux, au sens des moindres carrés, de la conductivité chimie. Puis les données sondes sont corrigées. Enfin, l'écart en conductivité entre les points chimiques et les points sondes corrigés est comparé à l'écart-type de l'ensemble des écarts. Les échantillons s'écartant de plus de 2,8 fois l'écart-type sont rejetés et le processus de minimisation est repris jusqu'à ce que tous les écarts soient inférieurs à ce seuil. Ces corrections sont appliquées séquentiellement (temporelle, puis en conductivité et enfin en pression), ce qui permet d'évaluer rapidement leurs effets et d'adapter au mieux les polynômes correspondant.

Suite à l'analyse des échantillons de salinité, 7 échantillons ont été rejetés (annexe 5) car les écarts conductivité sonde-conductivité *in-situ* étaient trop importants et semblaient résulter plutôt d'erreurs d'échantillonnage ou de mesure. Une première analyse des écarts subsistants montrent qu'un biais existe entre les mesures sonde et les mesures chimie (figure 10 et 11). La distribution de ces écarts, présentée sur la figure 10, est décentrée positivement, la sonde de conductivité a donc tendance à sous-estimer la conductivité réelle. En outre, presque 100% des écarts sont supérieurs à 0.01 PSU. L'analyse de ces écarts en fonction du temps, de la conductivité et de la pression (figure 11) montre que des dépendances existent en fonction de la conductivité et de la pression. L'ajustement consiste alors à réduire ces écarts en fonction de ces deux variables.

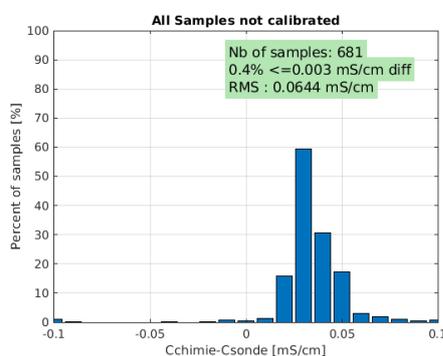


Figure 10 : Histogramme des écarts en conductivité avant ajustement.

L'hétérogénéité du plan d'échantillonnage au long de la mission (échantillonnages et profils de différentes profondeurs) n'a pas permis d'effectuer une stratégie de regroupement des stations pour dissocier les grandes tendances rencontrées des capteurs. Des poids sur les données profondes ont été appliqués pour compenser le déséquilibre existant entre le nombre d'échantillons effectués en surface et ceux effectués en profondeur (zone de faibles gradients). Le tableau 5 présente la stratégie de regroupement retenue ainsi que les corrections appliquées.

Groupes de stations	1-78
Nombre d'échantillons considérés [avec poids]	681 [1371]
Nombre d'échantillons retenus par le calcul	1189 (87%)
Ecart-type (mS/cm)	0,0016
Degré polynôme t	1
Degré polynôme C	1
Degré polynôme P	4
Poids	Poids 6 ($\geq 1500m$)

Tableau 5 : Statistiques et polynômes utilisés pour l'ajustement de la conductivité.

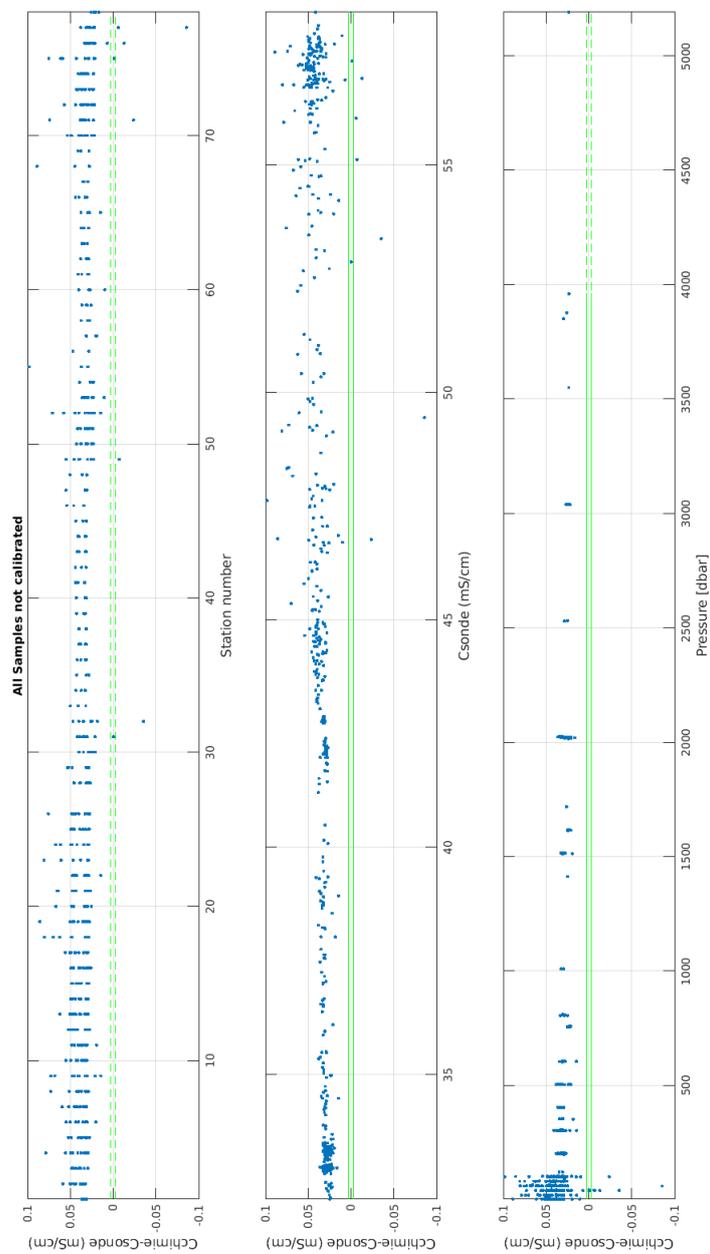


Figure 11 : Ecarts en conductivité (chimie-sonde) sur l'ensemble des stations avant ajustement.

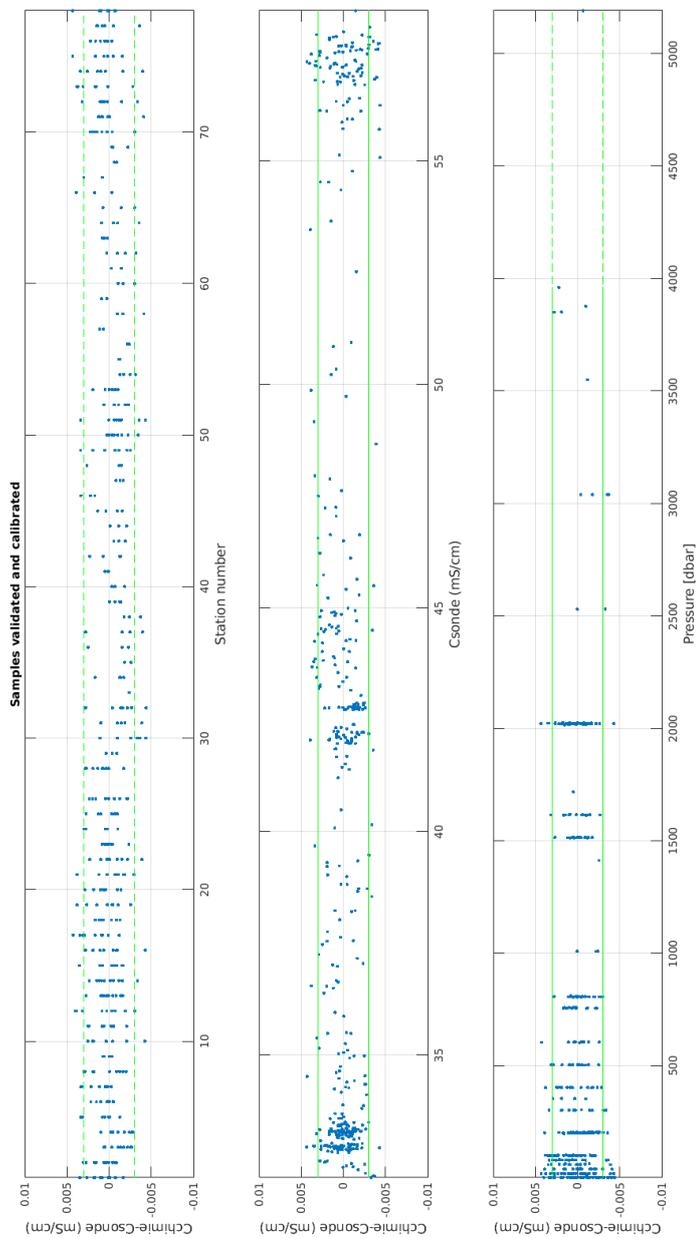


Figure 12 : Ecart en conductivité (chimie-sonde) sur l'ensemble des stations après ajustement
 (en rouge : les échantillons rejetés pendant le processus de minimisation)

La figure 12 présente les écarts subsistants après correction. Il apparaît que les écarts sont acceptables et centrés autour de zéro. Aucune tendance particulière n'est présente en fonction du numéro de station, de la pression et de la conductivité. L'histogramme des écarts en salinité présenté sur la figure 13 confirme que la distribution des écarts est satisfaisante. Ainsi sur les 681 mesures chimiques initiales, 509 ont été retenues pour l'ajustement des profils (75% des mesures). En effet, la plupart des échantillons ont été réalisés en surface et présentent donc plus de bruit que ceux effectués au fond (IE : zone de gradients, amplitude des mouvements de la sonde plus importants,...). La déviation standard sur l'ensemble des stations est alors de 0,0017 PSU et 98% des écarts sont inférieurs à 0,003 PSU, ce qui correspond aux normes internationales.

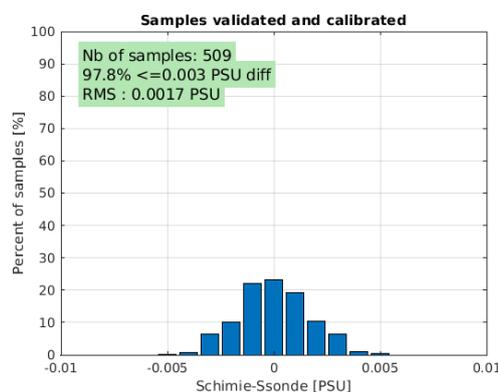


Figure 13 : Histogramme des écarts en salinité après ajustement.

3.4. Ajustement en Oxygène Dissous

L'ajustement du capteur d'oxygène dissous est réalisé en comparant les mesures du capteur d'oxygène à la descente de la sonde avec les résultats des analyses chimiques des échantillons prélevés à la montée à l'aide des bouteilles de prélèvement. L'utilisation du profil descente est préférée car les données sont sujettes à moins de bruit (vague de sillage et turbulences générées plus particulièrement lors des arrêts de la sonde). Les profils de cette campagne n'étant pas profond, la méthode du PMEL, qui consiste à recalculer les analyses chimiques par rapport aux profils descentes sur les mêmes niveaux sigma-theta, a ici été préférée (Uchida et al, 2010). Cette méthode prend ainsi en compte la variabilité naturelle de la colonne d'eau due aux ondes internes. Elle a été appliquée pour les données supérieures à 20 m pour ne pas prendre en compte la variabilité de surface. La procédure d'ajustement est, elle, similaire à celle de la conductivité en ce qui concerne la minimisation par itérations successives des

écarts sonde-chimie. La conversion des mesures de tension du capteur d'oxygène en concentration d'oxygène se base ici sur l'équation de Murphy et al. (2008):

$$Ox = (A * istat + Soc) \times \left(V + V_{offset} + tau(T, P) \times \frac{dV}{dt} \right) \times Oxsol(T, S) \\ \times (1 + A \times T + B \times T^2 + C \times T^3) \times e^{\left(\frac{E \times P}{K}\right)}$$

Avec

<i>A</i> :	Dépendance linéaire au numéro de station
<i>istat</i> :	Numéro de station
<i>Soc</i> :	Pente du signal d'oxygène
<i>V</i> :	Signal de sortie du capteur (Volts)
<i>V_{offset}</i> :	Offset de la tension de sortie (Volts)
<i>Tau(T,P)</i> :	Constante de temps à température T et pression P
<i>dV/dt</i> :	Dérivée temporelle du signal de sortie (Volts/secondes)
<i>Oxsol(T,S)</i> :	Saturation en oxygène (selon l'équation de Garcia et Gordon (1992)).
<i>T</i> :	Température ajustée sonde
<i>S</i> :	Salinité ajustée sonde
<i>E</i> :	Facteur de correction de la pression sur la membrane
<i>A, B, C</i> :	Polynôme de correction de la température sur la membrane
<i>P</i> :	Pression ajustée sonde
<i>K</i> :	Température absolue (Kelvin)

L'ajustement consiste alors à optimiser les différents coefficients de calibration, pour un ensemble d'échantillons et par itérations successives, de manière à minimiser les écarts chimie-sonde. Un polynôme de correction de l'oxygène en fonction de la pression a ensuite été appliqué.

Suite à l'analyse des échantillons d'oxygène dissous, 2 échantillons ont été rejetés (annexe 5) car les écarts sonde-chimie étaient trop importants et semblaient résulter plutôt d'erreurs d'échantillonnage.

Une première analyse des écarts subsistants montrent qu'un biais important existe entre les mesures sonde et les mesures chimie (figure 14 et 15). La distribution de ces écarts, présentée sur la figure 14, est décentrée négativement, la sonde d'oxygène dissous a donc tendance à surestimer la concentration en oxygène dissous réelle. En outre, plus de 90% des écarts sont supérieurs à 0,1ml/l. L'analyse de ces écarts en fonction du temps et de la pression (figure 15) montre que de fortes dépendances existent en fonction de ces deux variables. L'ajustement consiste alors à réduire ces écarts en fonction de ces variables.

Le tableau 6 présente la stratégie de minimisation utilisée, le polynôme de correction de l'oxygène en fonction de la pression ainsi que les coefficients de calibration appliqués.

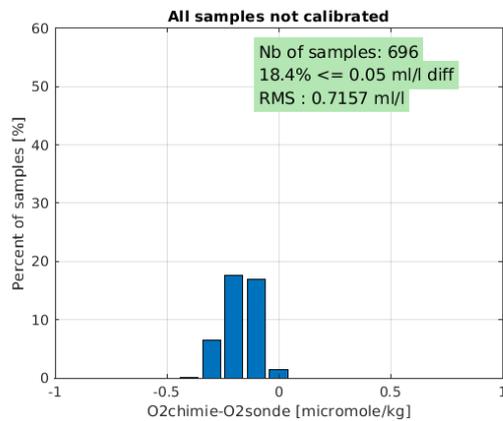


Figure 14: Histogramme des écarts en oxygène dissous avant ajustement.

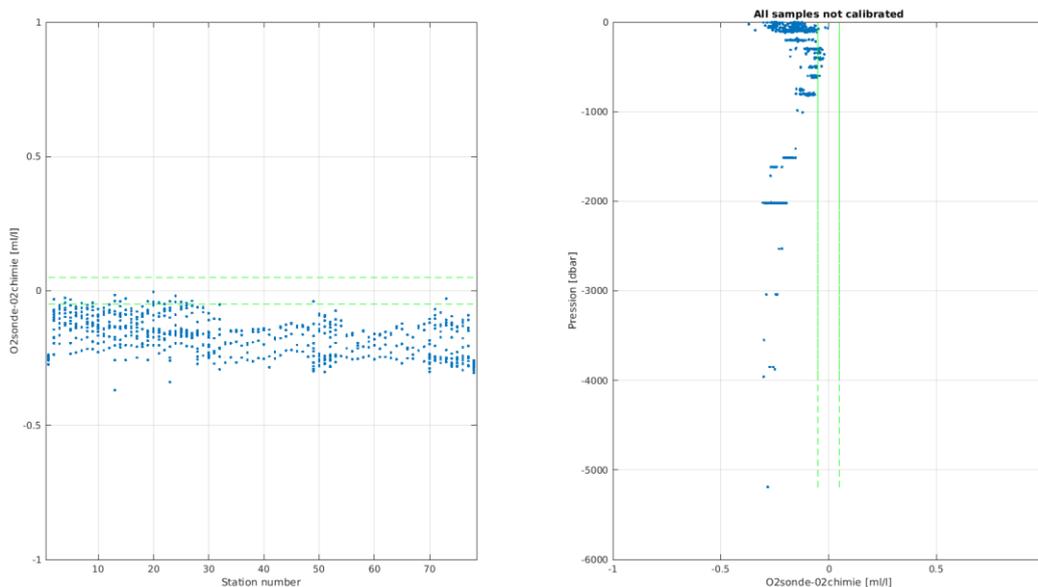


Figure 15: Ecart en oxygène dissous (chimie-sonde) sur l'ensemble des stations avant ajustement.

Groupes de stations	1-78
Nombre d'échantillons considérés	696
Nombre d'échantillons retenus par le calcul	582 (84%)
RMS (ml/l)	0,035

Soc	0,4844
Voffset	-0,4932
Tau_20	1,38
E	0.0371
Dépendance linéaire Soc	Oui
Procédure de minimisation	L2 weighted
Degré polynôme P	4

Tableau 6 : Statistiques, stratégies de minimisation et coefficients de calibration utilisés pour l'ajustement de l'oxygène dissous.

La figure 16 présente les écarts subsistants après correction. Il apparaît que les écarts sont proches et centrés autour de zéro. Aucune tendance particulière n'est présente en fonction du numéro de station et de la pression. L'histogramme des écarts en oxygène dissous présenté sur la figure 17 confirme que la distribution des écarts est satisfaisante. Ainsi sur les 696 mesures chimiques initiales, 582 ont été retenues pour l'ajustement des profils (84% des mesures). Les mesures rejetées se trouvent essentiellement en surface, zone sujette à plus de bruit qu'au fond (ie : zone de gradients, amplitude des mouvements de la sonde plus importants...). La déviation standard sur l'ensemble des stations est alors de 0,035 ml/l et 88% des écarts sont inférieurs à 0,05 ml/l, ce qui répond aux normes internationales.

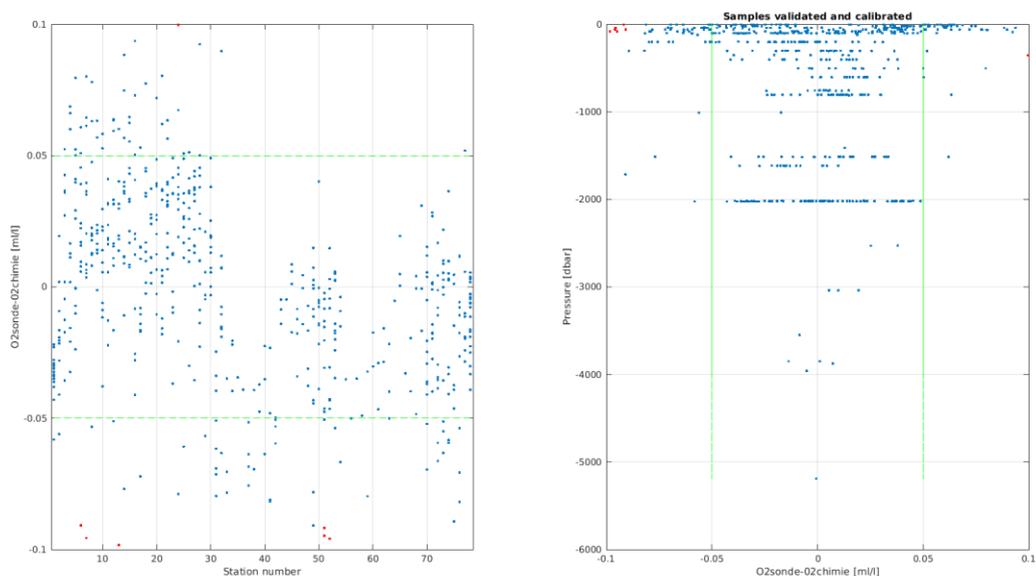


Figure 16: Ecarts en oxygène dissous (chimie-sonde) sur l'ensemble des stations après ajustement (en rouge : les échantillons rejetés pendant le processus de minimisation).

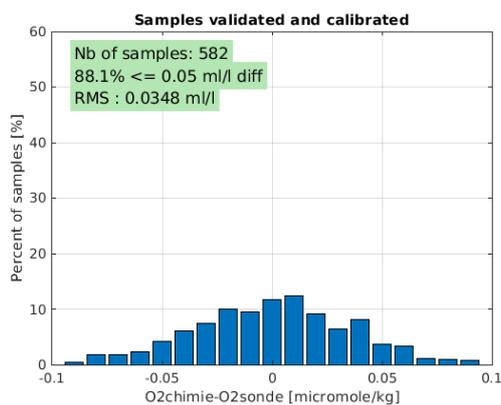


Figure 17: Histogramme des écarts en oxygène dissous après ajustement.

4. Validation et contrôle qualité des données

La dernière étape consiste à réduire les données ajustées. Les données réduites sont des moyennes des différents paramètres ajustés (pression, température, conductivité, salinité, concentration oxygène

dissous, concentration en chlorophylle-a et visibilité) sur 1dbar. Les données à la pression P sont des données qui ont été moyennées entre P-1/2dbar et P+1/2dbar.

Les fichiers réduits sont ici au format NetCDF. 2 fichiers sont créés par station, 1 fichier pour le profil « descente » et un pour le profil « montée ». Ces fichiers comportent également les résultats des analyses chimiques. Un code est attribué aux données chimie selon qu'elles aient été utilisées, ou non, lors de l'ajustement des données. Les données chimiques conservées lors de l'ajustement ont un code mis à « 1 » et les mesures rejetées ont un code « 4 ». Les mesures rejetées lors de la minimisation ont un code « 3 ».

Cette étape est effectuée avec *CADHYAC*. Un processus de seuillage est réalisé avant la réduction. Ce test de seuillage permet d'attribuer un code qualité, pour chacun des paramètres, aux données présentant des gradients verticaux supérieurs à des seuils définis. Les données ne répondant pas à ces seuils ont un code mis à « 3 ». Les seuils qui ont été utilisés sont présentés dans le tableau 8. S'il n'existe pas assez de données pour le calcul de la moyenne d'un paramètre (le nombre minimal de scans valides a ici été fixé à 6) alors un code « 4 » est attribué au niveau P en ce qui concerne ce paramètre.

Paramètre	Pression (dbar)	Température Conductivité [<1500m]	Température Conductivité [>1500m]	Oxygène (Volt) [<1500m]	Oxygène (Volt) [>1500m]	Fluorimètres	Transmissiomètre
Seuil	0.5	2	0.2	2	0.2	2	2

Tableau 8 : Valeurs seuils utilisées pour le processus de seuillage effectué lors de la réduction

Le nom des paramètres de la sonde utilise 4 caractères (ie. TEMP, PRES), les noms de paramètres associés aux prélèvements bouteilles utilisent 7 caractères (ie. CHTEMPB, CHPRESP ; la dernière lettre P ou B désigne si les données sont issues, respectivement, de la sonde ou des bouteilles). Le nom des variables suit la convention :

LATITUDE_BEGIN : Latitude en début de station
 LATITUDE_END : Latitude en fin de station
 LONGITUDE_BEGIN : Longitude en début de station
 LONGITUDE_END : Longitude en fin de station
 STATION_DATA_BEGIN: Date en début de station (YYYYMMDDHH21MISS)
 STATION_DATA_END : Date en fin de station (YYYYMMDDHH21MISS)

JULD_BEGIN:	Jour julien en début de station (depuis 01/01/1950 00 :00 :00)
JULD_END :	Jour julien en fin de station (depuis 01/01/1950 00 :00 :00)
PRES :	Pression de la mer [dbar]
PRES_QC :	Code qualité de la pression de la mer
TEMP :	Température in situ ITS-90 [°C]
TEMP_QC :	Code qualité température in situ ITS-90
COND :	Conductivité [mS/cm]
COND_QC :	Code qualité conductivité
PSAL :	Salinité PSS78 [PSU]
PSAL_QC :	Code qualité salinité PSS78
OXYL :	Concentration en oxygène dissous [ml/l]
OXYL_QC :	Code qualité concentration en oxygène dissous
OXYK :	Concentration en oxygène dissous [$\mu\text{mol/kg}$]
OXYK_QC :	Code qualité concentration en oxygène dissous
FLU2 :	Fluorescence [mg/m^3]
FLU2_QC :	Code qualité fluorescence
TUR3 :	Transmission lumineuse [%]
TUR3_QC :	Code qualité transmission lumineuse
BOTTLE_NUMBER :	Numéro de bouteille
CHPRESP :	Chimie - Pression de la mer capteur
CHPRESP_QC :	Chimie - Code qualité pression de la mer capteur
CHTEMPPP :	Chimie – Température in situ ITS-90 capteur
CHTEMPPP_QC :	Chimie – Code qualité température in situ ITS-90 capteur
CHPSALB :	Chimie – Salinité PSS78 bouteille
CHPSALB_QC :	Chimie – Code qualité salinité PSS78 bouteille
CHSALP :	Chimie - Salinité PSS78 capteur
CHSALP_QC :	Chimie – Code qualité salinité PSS78 capteur
CHOXYLB :	Chimie – Concentration en oxygène dissous bouteille [ml/l]
CHOXYLB_QC :	Chimie – Code qualité concentration en oxygène bouteille [ml/l]
CHOXYLP :	Chimie – Concentration en oxygène dissous capteur [ml/l]
CHOXYLP_QC :	Chimie – Code qualité concentration en oxygène dissous capteur

[ml/l]

CHOXYKB :	Chimie – Concentration en oxygène dissous bouteille [$\mu\text{mol/kg}$]
CHOXYKB_QC :	Chimie – Code qualité concentration en oxygène bouteille [$\mu\text{mol/kg}$]
CHOXYKP :	Chimie – Concentration en oxygène dissous capteur [$\mu\text{mol/kg}$]
CHOXYKP_QC :	Chimie – Code qualité concentration en oxygène capteur [$\mu\text{mol/kg}$]
CHTMPOB :	Chimie – Température bouteille ITS-90
CHTOMB_QC :	Chimie – Code qualité température bouteille ITS-90

Enfin, les données ont été validées à l'aide du module de validation de *CADHYAC*. Ce module permet d'attribuer un code aux données d'oxygène dissous jugées incorrectes via un test d'écart à la médiane. Les pics résiduels en oxygène sont détectés et contrôlés. Un code « 4 » est attribué aux mesures rejetées. Aucun pic n'a ici été retenu en utilisant les paramètres présentés dans le tableau 9.

Paramètre	Pression minimum	Taille de la fenêtre	Ecart minimum	Nombre d'itérations	Nombre d'écart-type	Ecart maximum
Seuillage	1000	10	0,02	5	2,8	1

Tableau 9 : Paramétrage utilisé pour le contrôle des données 02

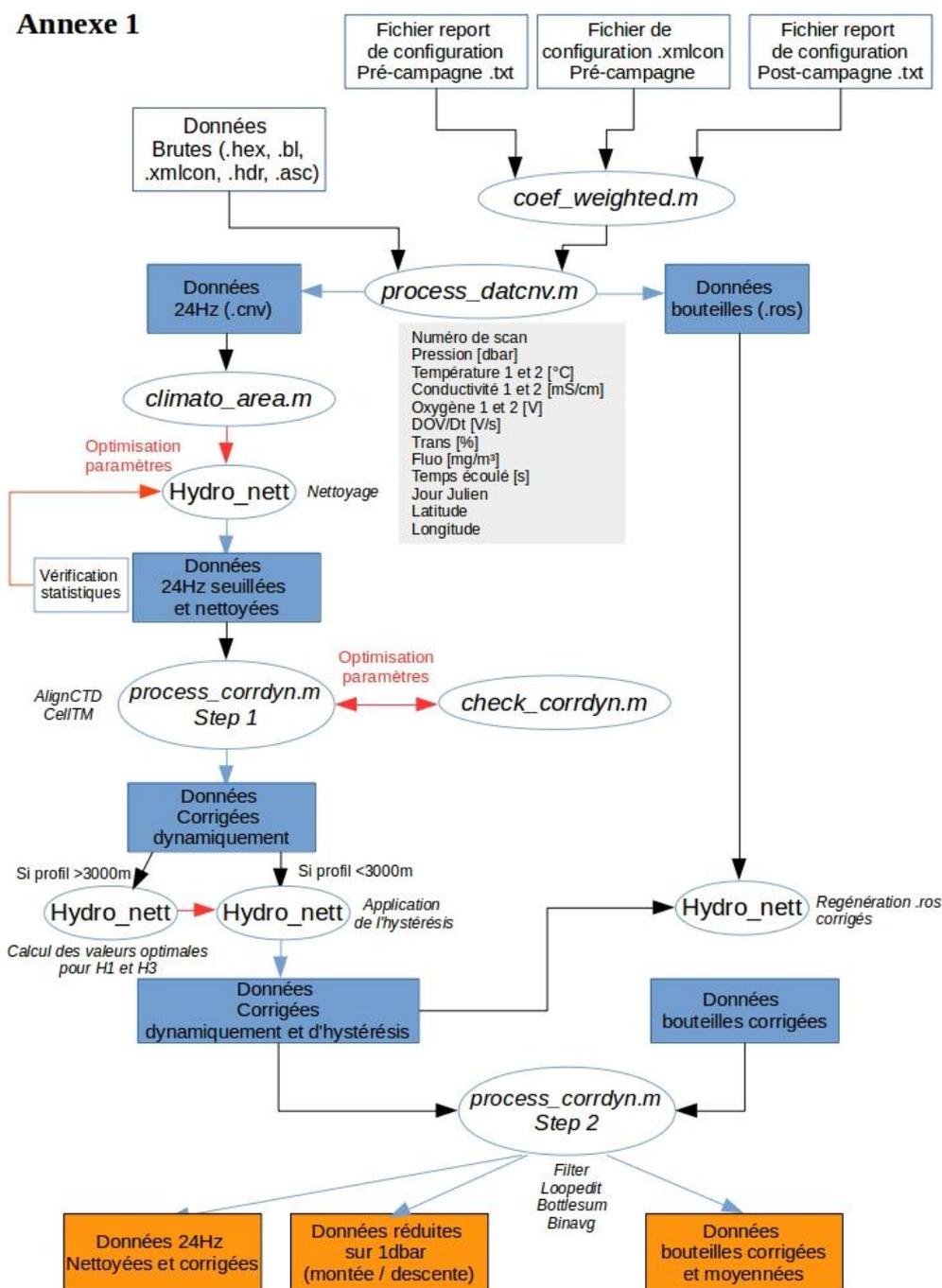
D'autre part, ce module a permis de détecter les inversions de densité jugées artificielles sur les profils descentes car liées à un effet de retour du sillage de la rosette (lié au pilonnement du navire). Les codes de qualité suivent la convention présentée en annexe 4 et les points détectés sont présentés en annexe 6.

Un contrôle qualité des données a été effectué en comparant les diagrammes θ -S et θ -O₂ entre stations successives, afin de vérifier s'il n'y avait pas de sauts entre profils successifs liés à la calibration. Les profils et diagrammes des données réduites de chaque station sont présentés ici en annexe. Les données avec un code « 3 » et « 4 » n'ont pas été affichées. Les analyses chimiques y sont également présentées (en carré rouge, sont présentées les analyses avec un code « 3 », et en triangle rouge, sont présentées les analyses avec un code « 4 »). La latitude et la longitude indiquent le positionnement du navire en début de station et les données sont celles des profils descentes de la bathysonde.

5. Références

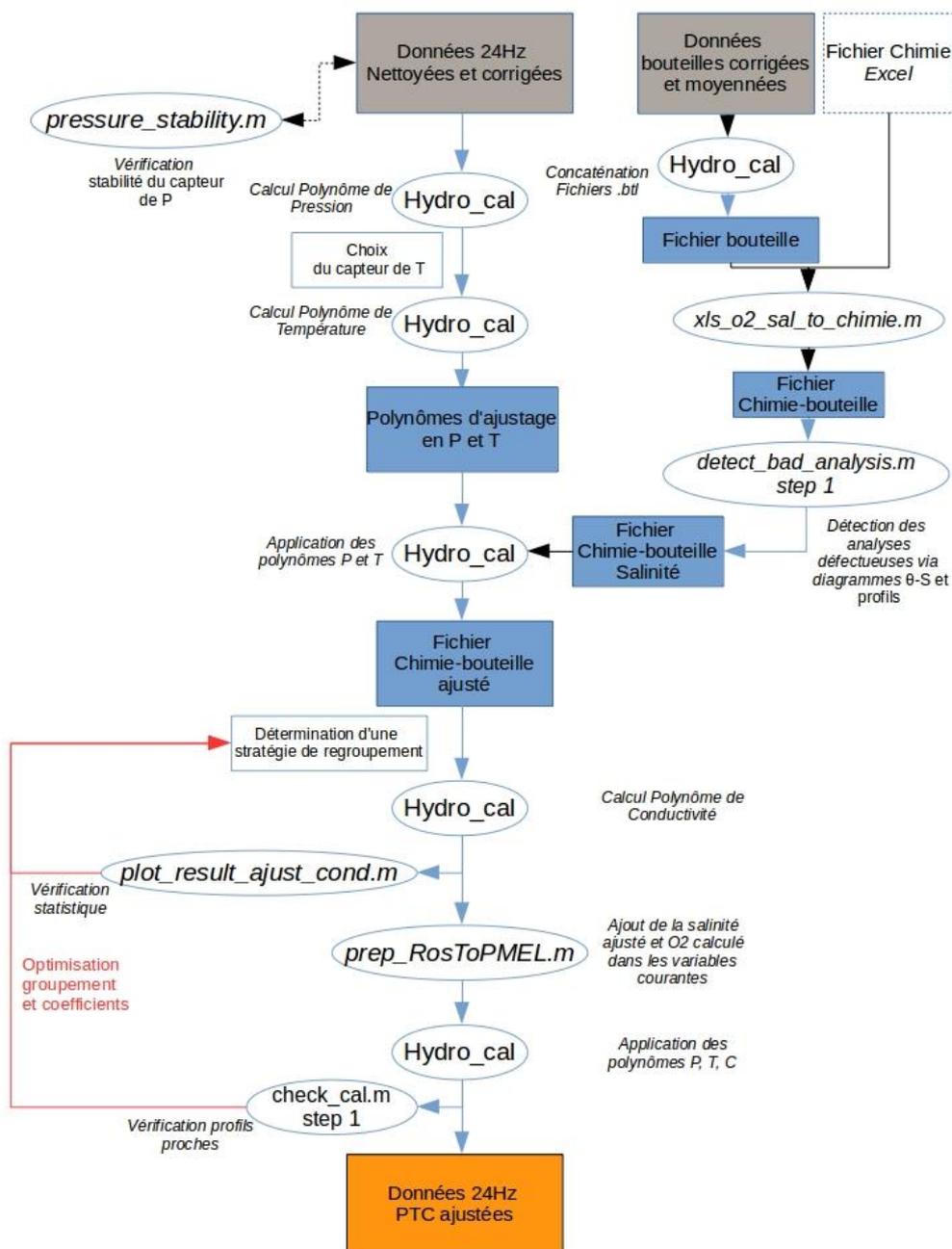
- Culberson C.H. (1991). *WHP Operations and Methods, Dissolved Oxygen*. WHP Office Report WHPO 91-1. WOCE Report No 68/91. Woods Hole, Mass., USA.
- Garcia H.E. et Gordon L.I. (1992). *Oxygen solubility in seawater: Better fitting equations*. Limnology & Oceanography, vol 37(6), p1307-1312.
- Hillion S. et Radenac M-H. (2020). *Rapport Chimie Campagne PIRATA-FR31 – Rapport de fin de mission*. IRD IMAGO
- Joyce T. M. (1994). *Introduction to the collection of Expert Reports Compiled for the WHP Programme – WHP Operations and Methods – July 1991*. WHOI.
- Kermabon C., Le Bot P., Thierry V., et al. (2015). *CADHYAC Chaîne d'Ajustage des Données d'Hydrologie Après Campagne – Documentation Utilisateur (VI.1)*. R.INT. ODE/LPO/15-01.
- McTaggart K.E, Jonhson G.C., Jonhson M.C. et al. (2010). *Notes on CTD/O2 Data Acquisition and Processing using Seabird Hardware and Software (as available)*. OCCP Report n°14, ICPO Publication Series No. 134, Version 1.
- Murphy D.J, Larson H.G et Edward B.C. (2008). *Improvements to the SBE 43 Oxygen Calibration Algorithm*. Poster Presentation Ocean Sciences Meeting, Orlando, Florida.
- Owens W.B. et Millard R. (1985). *A New Algorithm for CTD Oxygen Calibration*. WHOI, Woods Hole.
- Saout-Grit C., Ganachaud A., Maes C. et al. (2015). *Calibration of CTD Oxygen Data collected in the Coral Sea during the 2012 bifurcation cruise*.
- Sea-Bird Electronics (2012). *Application Note 64-2: SBE 43 Dissolved Oxygen Sensor Calibration and Data Corrections*.
- Sea-Bird (2017). *Application Note 73: Using instruments with Pressure Sensors at Elevations above Sea Level*.
- Uchida H., Ohyama K., Ozawa S. et Fukasawa M. (2007). *In situ calibration of the SeaBird 9plus CTD Thermometer*. J.Atmos. Ocean Technol. 24, 1961-1967.
- Uchida H., Johnson G.C. et McTaggart K. (2010). *CTD Oxygen Sensor Calibration Procedures*. IOCCP Report No. 14, ICPO Publication Series No. 134, Version 1.

6. Annexe 1 - Procédure de traitement schématisée



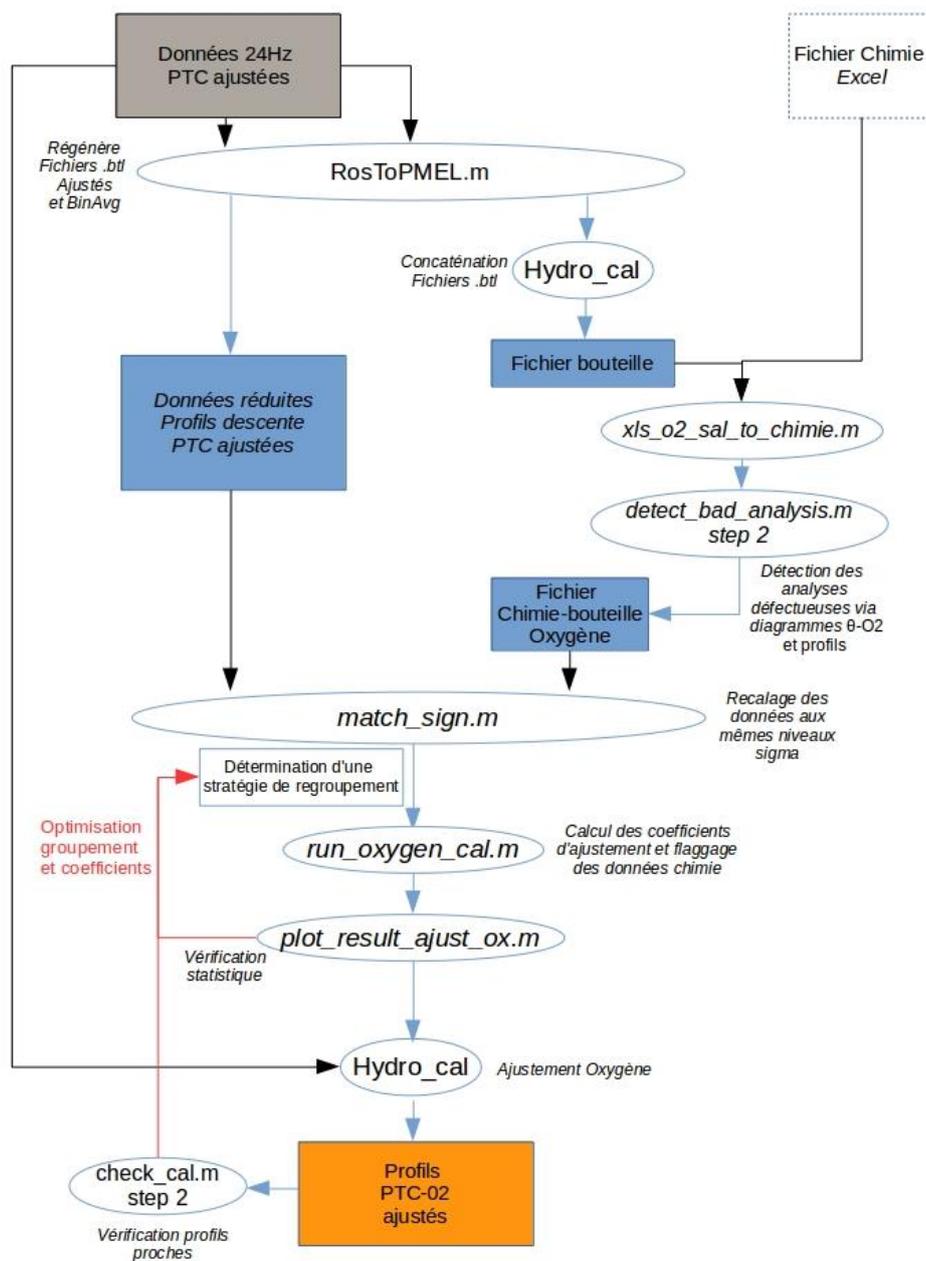
Chaîne de traitement : Préparation des mesures

Annexe 1



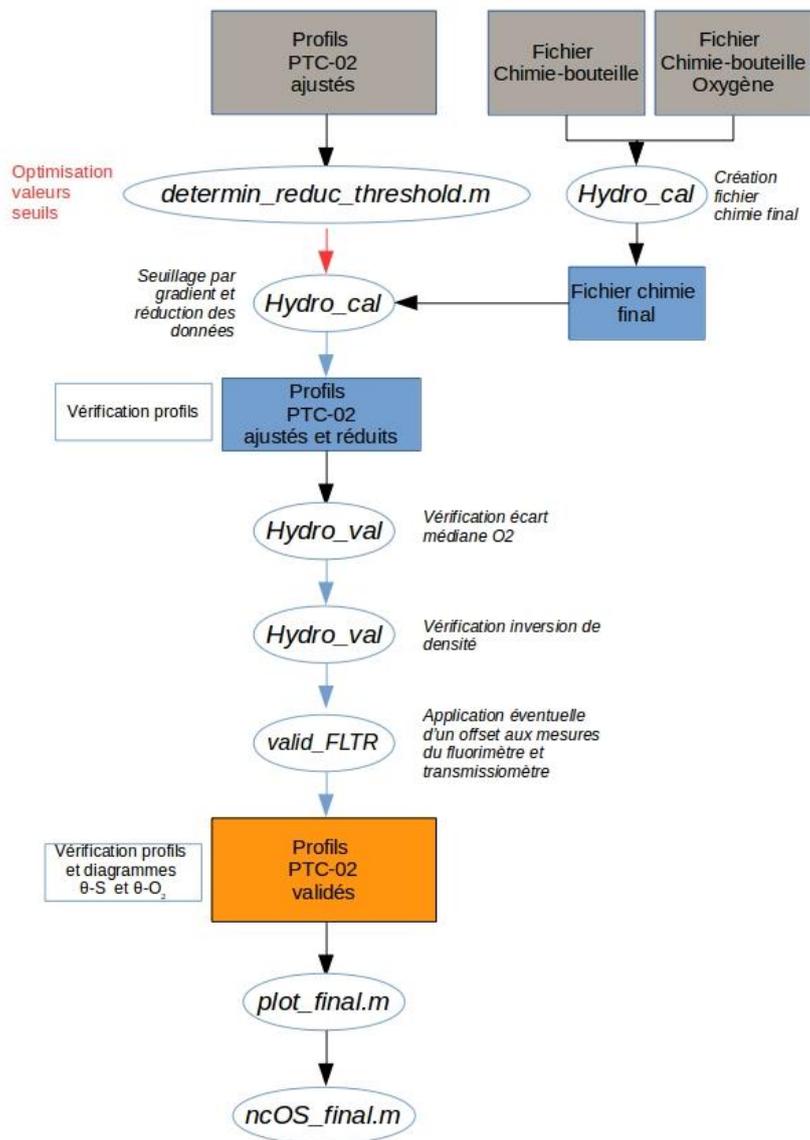
Chaîne de traitement : Ajustement des mesures PTC

Annexe 1



Chaîne de traitement : Ajustement des mesures d'oxygène

Annexe 1



Chaîne de traitement : Réduction et Validation des données

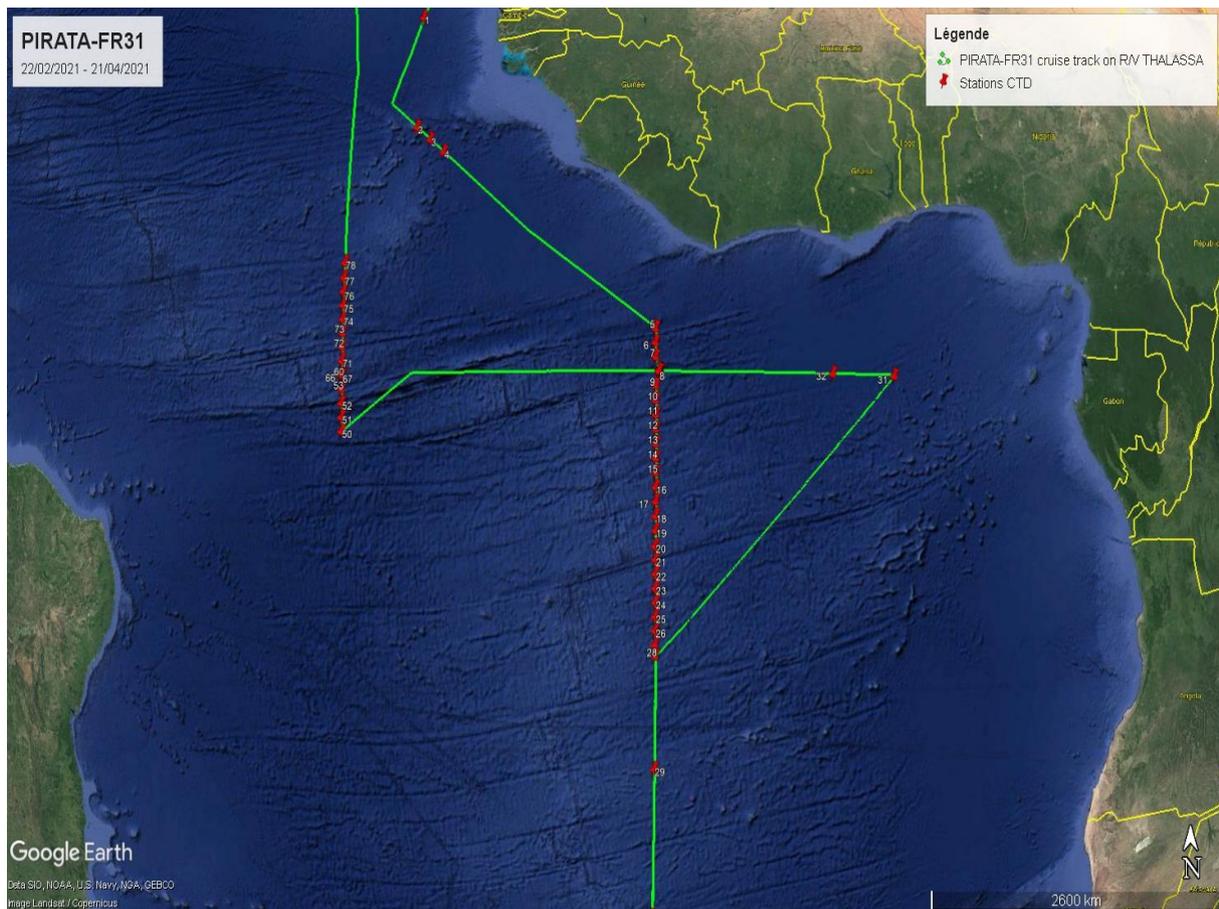
7. Annexe 2 - Date et position des stations CTD-O₂ effectuées pendant PIRATA-FR31

Station	Date Heure	Latitude	Longitude	Pres. max. [dbar]	Fond
1	04/03/2021 15:49:06	13°30.05 N	020°07.52 W	2025	4464
2	05/03/2021 20:34:53	08°59.93 N	020°03.84 W	2023	3651
3	06/03/2021 03:10:08	08°29.93 N	019°27.16 W	1010	4486
4	06/03/2021 08:44:18	07°59.90 N	018°50.87 W	1010	4312
5	08/03/2021 18:51:29	01°29.95 N	010°00.19 W	2023	5200
6	08/03/2021 23:37:19	00°59.99 N	010°00.21 W	2021	4642
7	09/03/2021 04:25:16	00°29.96 N	010°00.13 W	2023	4563
8	09/03/2021 19:25:36	00°00.39 N	009°52.32 W	2022	5168
9	10/03/2021 01:28:09	00°30.27 S	010°00.00 W	2022	4200
10	10/03/2021 06:01:06	00°59.96 S	010°00.02 W	2022	4268
11	10/03/2021 10:35:41	01°29.94 S	009°59.93 W	2023	4769
12	10/03/2021 15:30:27	01°59.95 S	010°00.22 W	2022	4370
13	10/03/2021 20:06:09	02°30.01 S	009°59.94 W	2021	4303
14	11/03/2021 00:31:40	03°00.05 S	009°59.92 W	2024	3795
15	11/03/2021 05:03:48	03°29.96 S	010°00.04 W	2021	3813
16	11/03/2021 09:38:49	04°00.05 S	010°00.00 W	2023	3580
17	11/03/2021 14:24:29	04°29.93 S	010°00.15 W	2023	3685
18	11/03/2021 19:06:22	04°59.88 S	010°00.08 W	2022	3309
19	11/03/2021 23:41:04	05°29.92 S	010°00.12 W	2022	3385
20	12/03/2021 04:34:09	06°02.24 S	010°00.99 W	2022	3532
21	12/03/2021 20:06:25	06°29.87 S	010°00.05 W	2022	4008
22	13/03/2021 00:36:30	07°00.00 S	010°00.00 W	2023	3588
23	13/03/2021 05:10:01	07°29.95 S	009°59.98 W	2023	3456
24	13/03/2021 09:50:46	07°59.96 S	009°59.91 W	2022	3895
25	13/03/2021 14:21:37	08°29.93 S	009°59.97 W	2022	3573
26	13/03/2021 18:52:21	08°59.96 S	010°00.03 W	2023	3270
27	13/03/2021 23:15:55	09°29.98 S	010°00.04 W	2024	3506
28	14/03/2021 04:04:47	09°54.02 S	009°59.43 W	3851	3848
29	15/03/2021 15:48:23	14°02.13 S	009°58.42 W	504	3011
30	17/03/2021 04:07:31	19°56.13 S	009°58.25 W	3878	3878
31	23/03/2021 06:20:48	00°01.68 S	000°00.62 W	504	4905
32	24/03/2021 16:53:08	00°00.01 N	002°41.31 W	2021	5072
33	26/03/2021 16:04:18	00°00.57 N	009°50.54 W	202	5168
34	26/03/2021 19:04:29	00°00.74 N	009°50.57 W	202	5168
35	26/03/2021 22:05:47	00°00.76 N	009°50.29 W	205	5168
36	27/03/2021 01:02:25	00°00.77 N	009°50.25 W	204	5168
37	27/03/2021 04:06:11	00°00.89 N	009°50.37 W	202	5168

Laboratoire : US191 RAPPORT DE CALIBRATION
 Implantation : Brest Version 01
 Page 35/122

38	27/03/2021 07:04:10	00°00.80 N	009°50.30 W	202	5168
39	27/03/2021 10:06:31	00°01.03 N	009°50.16 W	206	5168
40	27/03/2021 13:03:22	00°00.83 N	009°50.10 W	204	5168
41	27/03/2021 16:07:52	00°01.27 N	009°50.33 W	206	5168
42	27/03/2021 19:07:08	00°01.14 N	009°50.29 W	201	5168
43	27/03/2021 22:03:44	00°00.91 N	009°50.64 W	202	5168
44	28/03/2021 01:00:36	00°00.97 N	009°50.40 W	203	5168
45	28/03/2021 04:04:55	00°01.01 N	009°50.42 W	201	5168
46	28/03/2021 07:04:37	00°01.00 N	009°50.39 W	204	5169
47	28/03/2021 10:09:00	00°01.19 N	009°50.23 W	206	5168
48	28/03/2021 13:02:45	00°01.12 N	009°50.21 W	203	5168
49	28/03/2021 15:10:13	00°01.12 N	009°50.31 W	5192	5168
50	31/03/2021 14:25:04	02°00.07 S	023°00.01 W	2022	5193
51	31/03/2021 19:03:50	01°30.02 S	023°00.02 W	2021	4838
52	31/03/2021 23:31:58	00°59.96 S	023°00.08 W	2022	4107
53	01/04/2021 04:14:43	00°29.98 S	023°00.10 W	2022	4605
54	01/04/2021 17:22:55	00°00.41 S	022°59.60 W	505	3954
55	01/04/2021 20:10:20	00°00.57 S	023°00.14 W	203	3953
56	01/04/2021 23:03:22	00°00.41 S	023°00.18 W	204	3953
57	02/04/2021 02:05:39	00°00.42 S	022°59.54 W	202	3955
58	02/04/2021 05:05:45	00°00.46 S	022°59.23 W	203	3955
59	02/04/2021 08:01:58	00°00.55 S	022°59.35 W	204	3957
60	02/04/2021 11:34:09	00°00.51 S	022°59.07 W	204	3957
61	02/04/2021 14:00:03	00°00.41 S	022°59.26 W	204	3956
62	02/04/2021 17:11:12	00°00.42 S	022°59.26 W	202	3955
63	02/04/2021 20:08:02	00°00.49 S	022°59.31 W	203	3956
64	02/04/2021 23:00:26	00°00.09 N	022°59.28 W	202	3956
65	03/04/2021 02:04:24	00°00.08 N	022°59.19 W	202	3956
66	03/04/2021 05:05:50	00°00.43 S	022°59.12 W	202	3955
67	03/04/2021 08:10:40	00°00.50 S	022°59.22 W	202	3956
68	03/04/2021 11:12:37	00°00.34 N	022°59.60 W	202	3954
69	03/04/2021 14:01:10	00°00.06 N	022°59.20 W	203	3956
70	03/04/2021 15:05:16	00°00.12 N	022°59.16 W	3962	3955
71	03/04/2021 21:32:18	00°30.09 N	023°00.01 W	2021	3758
72	04/04/2021 02:45:26	01°00.18 N	023°00.08 W	2024	3207
73	04/04/2021 07:42:17	01°30.21 N	023°00.03 W	2024	4332
74	04/04/2021 12:55:33	02°00.06 N	023°00.04 W	2023	4321
75	04/04/2021 17:50:58	02°30.11 N	023°00.02 W	2022	4553
76	04/04/2021 22:49:57	03°00.19 N	022°59.89 W	2024	4626
77	05/04/2021 03:59:46	03°30.13 N	022°59.91 W	2022	4374
78	05/04/2021 10:35:37	04°02.65 N	022°58.57 W	2023	4205

8. Annexe 3 - Carte des stations CTD-0₂ effectuées pendant la campagne PIRATA-FR31



9. Annexe 4 - Signification des codes de qualité

SeaDataNet mesurand qualifier flags

Code	Signification
0	Non qualifiée
1	Mesure validée
2	Mesure probablement bonne
3	Mesure probablement mauvaise
4	Mauvaise mesure
5	Mesure modifiée
6	Mesure sous seuil de détection
7	Mesure au-dessus seuil de détection
8	Mesure interpolée
9	Mesure manquante

Seuls les codes 1, 3, 4 et 9 ont été utilisés pour cette calibration.

10. Annexe 5 – Analyses chimiques

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Rq
	<i>Pression d'échantillonnage [dbar]</i>																					
1	2023	2023	2023	2023	2023	2023	2024	2024	2023	2023	2024	2023	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	
2	2021	2021	1515	1009	806	403	202	101		81		61		40		21	11		3			
3	1008	806	806	402	202	102		83		64		44			24	14		3				
4	1009	806	403	403	202	100		80		61		40			20	11		3				
5	2022	1517	806	503	504	303	101	81	61		40	20	4									
6	2020	1516	807	504	304	304	101	81	61	40	21	4										
7	2022	1514	807	504	302	102	101	83	63		44	23	4									
8	2021	1514	806	504	302	101	81	81	62	40	20	3										
9	2021	1517	806	505	303	101	81	61	62		40	20	4									
10	2021	1514	806	503	302	100	81	61	61	41	20	3										
11	2023	1513	806	603	404	102	81	61	41	41		20	3									
12	2021	1514	806	503	302	101	80	60	40	20	20	3										
13	2020	1514	807	605	403	101	81	60	40		21	21	4									
14	2022	2023	1513	806	504	302	101	81	60	40	20	4										
15	2021	1514	806	605	402	100	81	61	40		20	3	3									
16	2021		1514	806	605	403	101	81	61	40	21	3										
17	2022	1513	809	810	604	403	101	81	60		40	21	3									
18	2021	1514	806	807	605	403	101	80	61	41	20	3										
19	2021	1514	805	805	605	403	102	80		65	40	20	4									
20	2021	1515	806	504	303	303	101	81	61	40	20	3										
21	2021	1514	806	605	404	102	101	81	66		41	21	3									
22	2022	1514	807	604	405	101	101	81	61	40	20	4										
23	2021	1515	806	605	403	101	81	81		61	40	20	3									
24	2017	1513	808	604	353	102	81	61	61	41	20	3										
25	2022	1515	808	605	403	101	81		60	60	41	20	4									
26	2022	1515	806	605	404	101	81	60	41	20	20	3										
27																						
28	3850	3850	3039	2529	2021	1514	807	404	101	91	60	40	20	3								
29			503	503	353	121	81	40	3													
30	3877	3039	3039	2531	2022	1413	806	504	121	80	40	4										
31	504	504	353	202	100	80	60	41	21	4												
32	2020	1615	1615	806	352	201	101	81	61	41		21	3									
33	201	201	101			3																
34	201	200	101			3																
35	204	204	101			4																

Laboratoire : US191 RAPPORT DE CALIBRATION
 Implantation : Brest Version 01
 Page 40/122

75	2021	1615	757	303	198	101	81	60	61		41	20	3									
76	2020	1616	759	303	202	101	81	60	40	40	20		2									
77	2021	1615	760	306	204	102	81		60	41	41	20	4									
78	2021	2020	2020	2020	2020	2021	2021	2021	2021	2021	2020	2020	2019	2019	2018	2017	2017	2017	2016	2016	2016	

En rouge : échantillons rejetés pour l'ajustement des profils de salinité.

En jaune : échantillons rejetés pour l'ajustement des profils d'oxygène dissous.

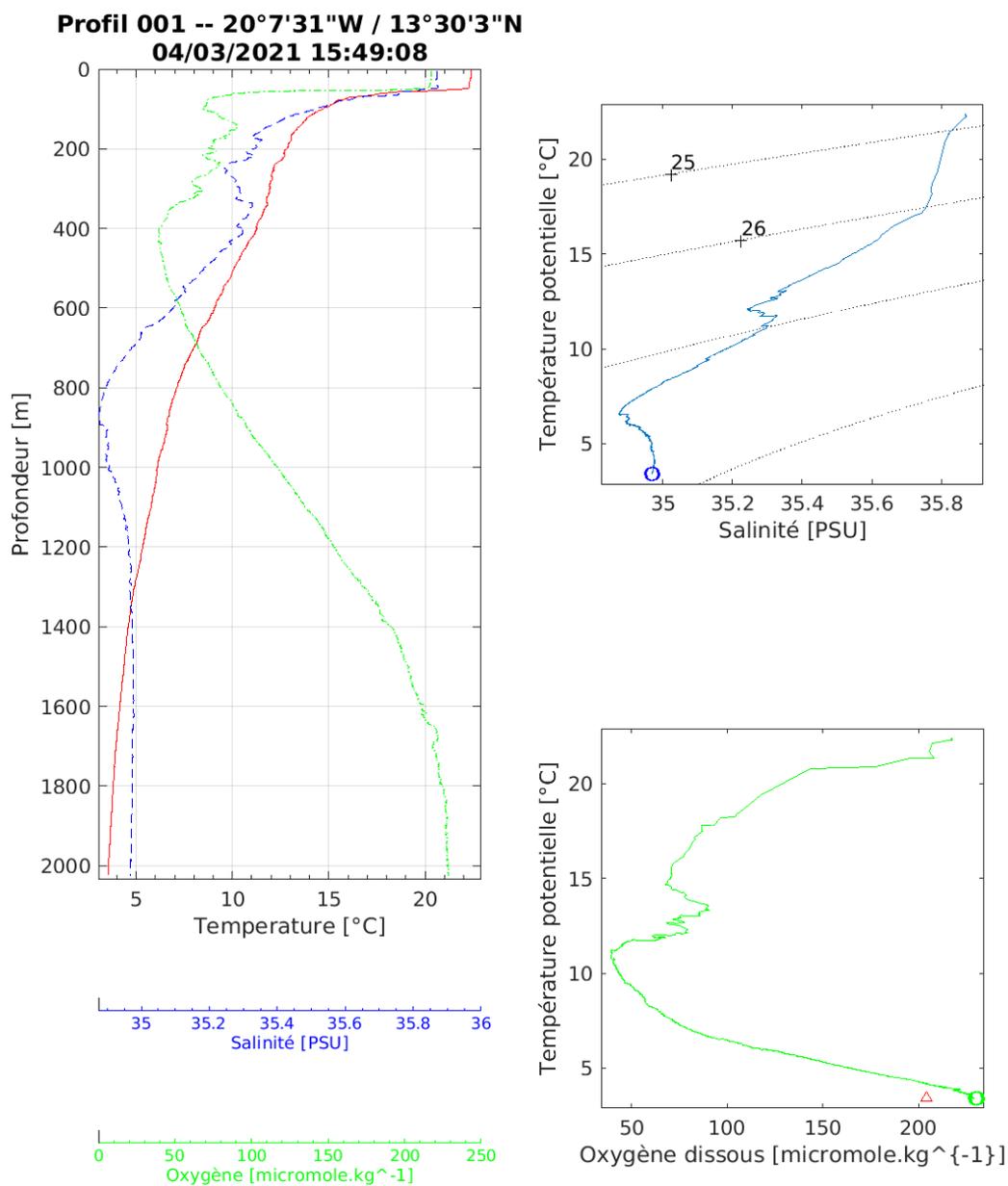
11. Annexe 6 – Détection des inversions de densité.

Station	Profil descente (niveaux rejetés [db.])
001	
002	68, 81
003	41, 54, 92, 93
004	99, 100
005	100, 102
006	97
007	
008	
009	
010	
011	
012	4
013	
014	
015	
016	100
017	
018	
019	
020	
021	
022	
023	
024	
025	
026	
027	
028	
029	
030	
031	
032	
033	
034	
035	
036	
037	
038	
039	
040	
041	
042	
043	4
044	11
045	

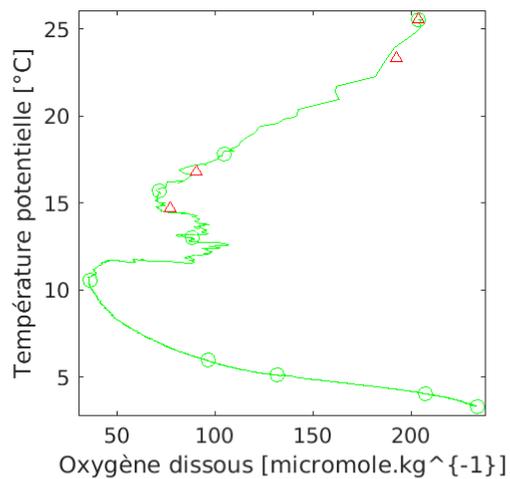
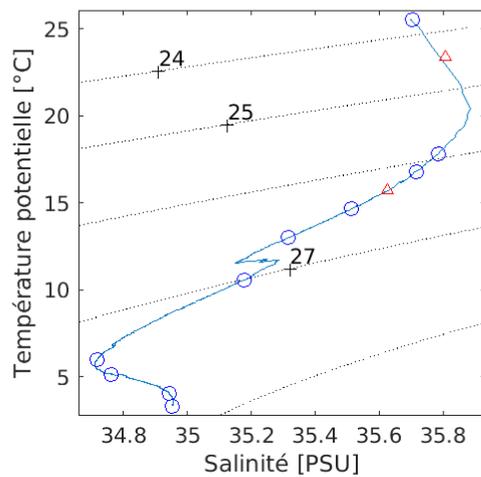
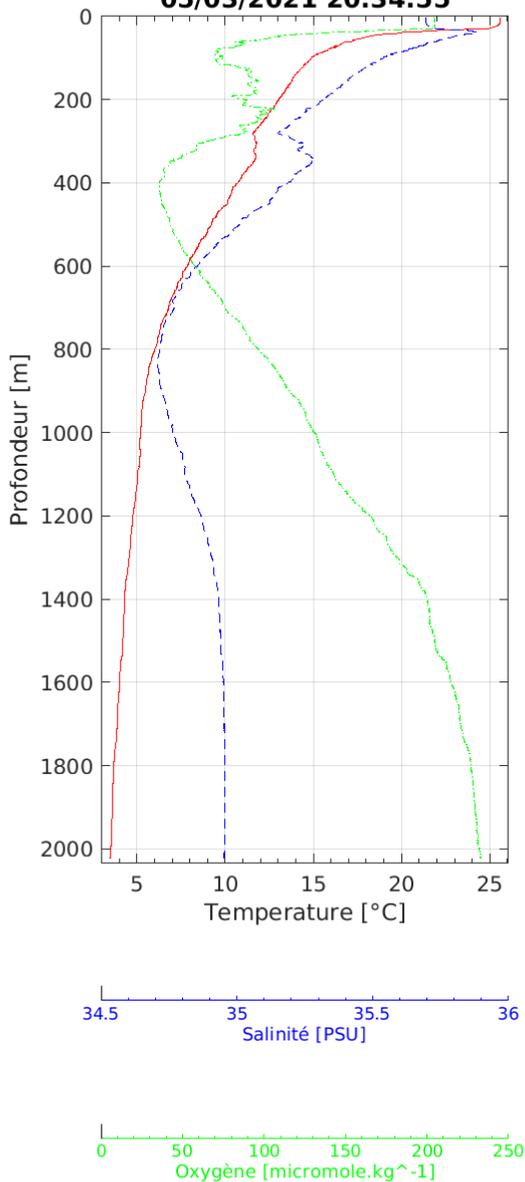
Laboratoire : US191 RAPPORT DE CALIBRATION
 Implantation : Brest Version 01
 Page 42/122

046	
047	
048	3
049	
050	
051	519, 2011
052	
053	
054	30
055	
056	
057	
058	
059	
060	
061	
062	
063	
064	
065	
066	
067	
068	4, 199, 200
069	195, 198
070	100, 101
071	97, 98, 100
072	100
073	
074	
075	
076	
077	
078	

12. Annexe 7 – Profils ajustés et réduits sur 1dbar

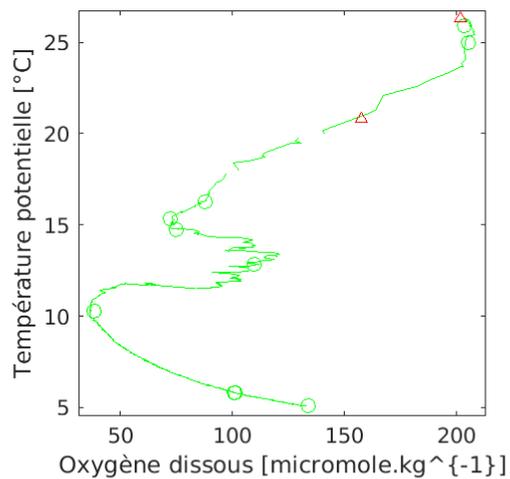
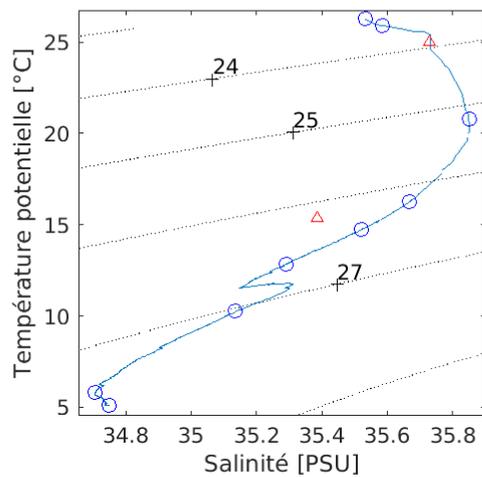
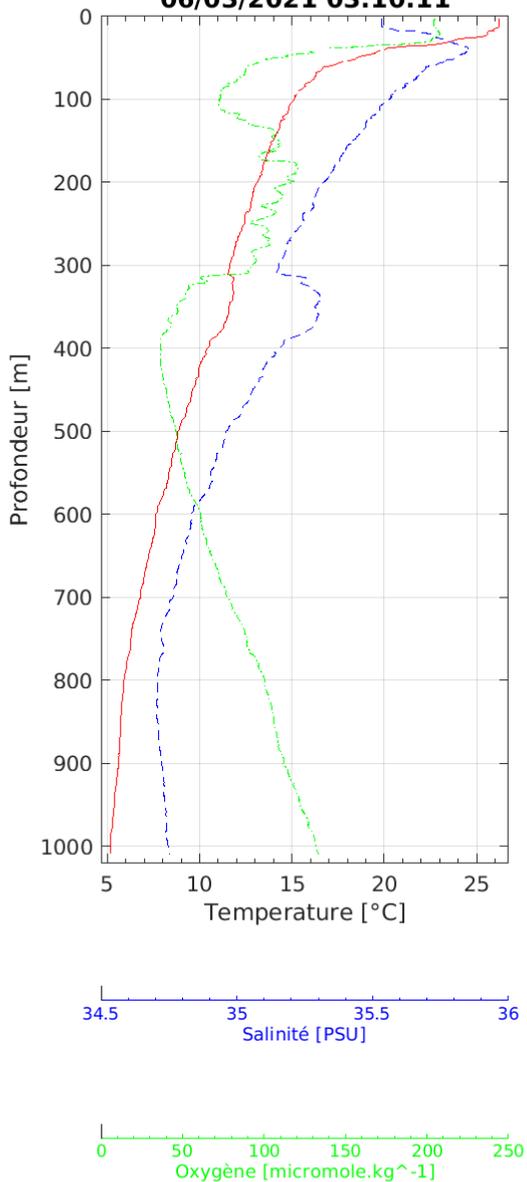


Profil 002 -- 20°3'50"W / 8°59'56"N
05/03/2021 20:34:55

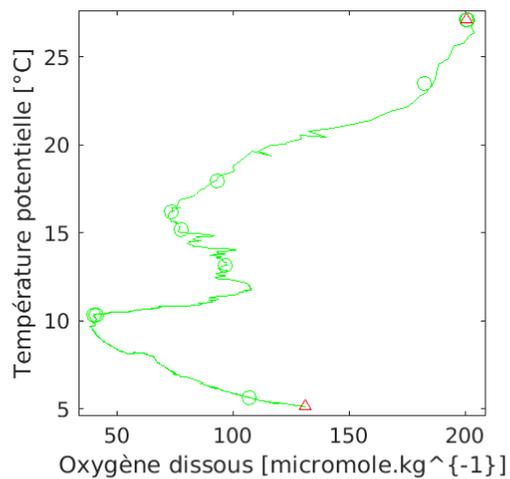
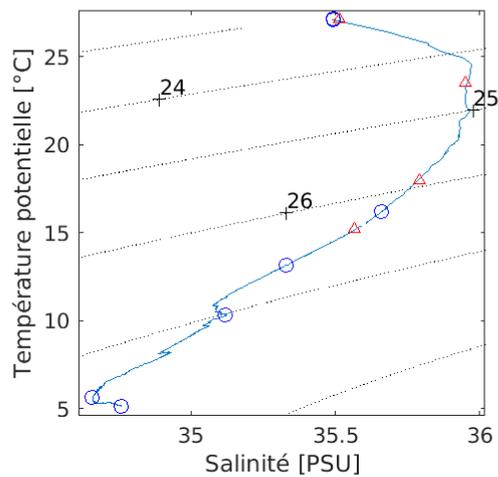
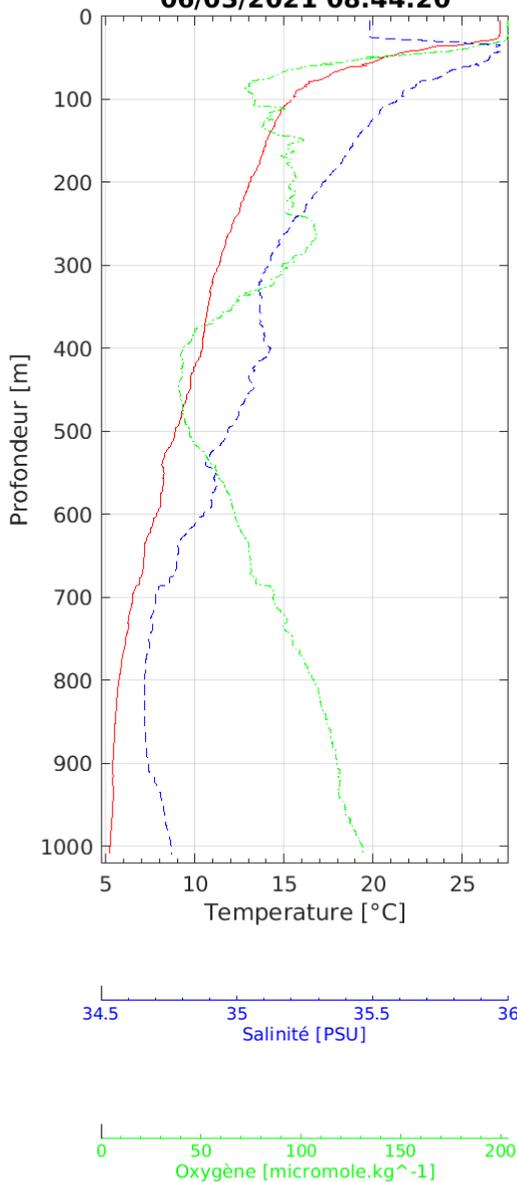


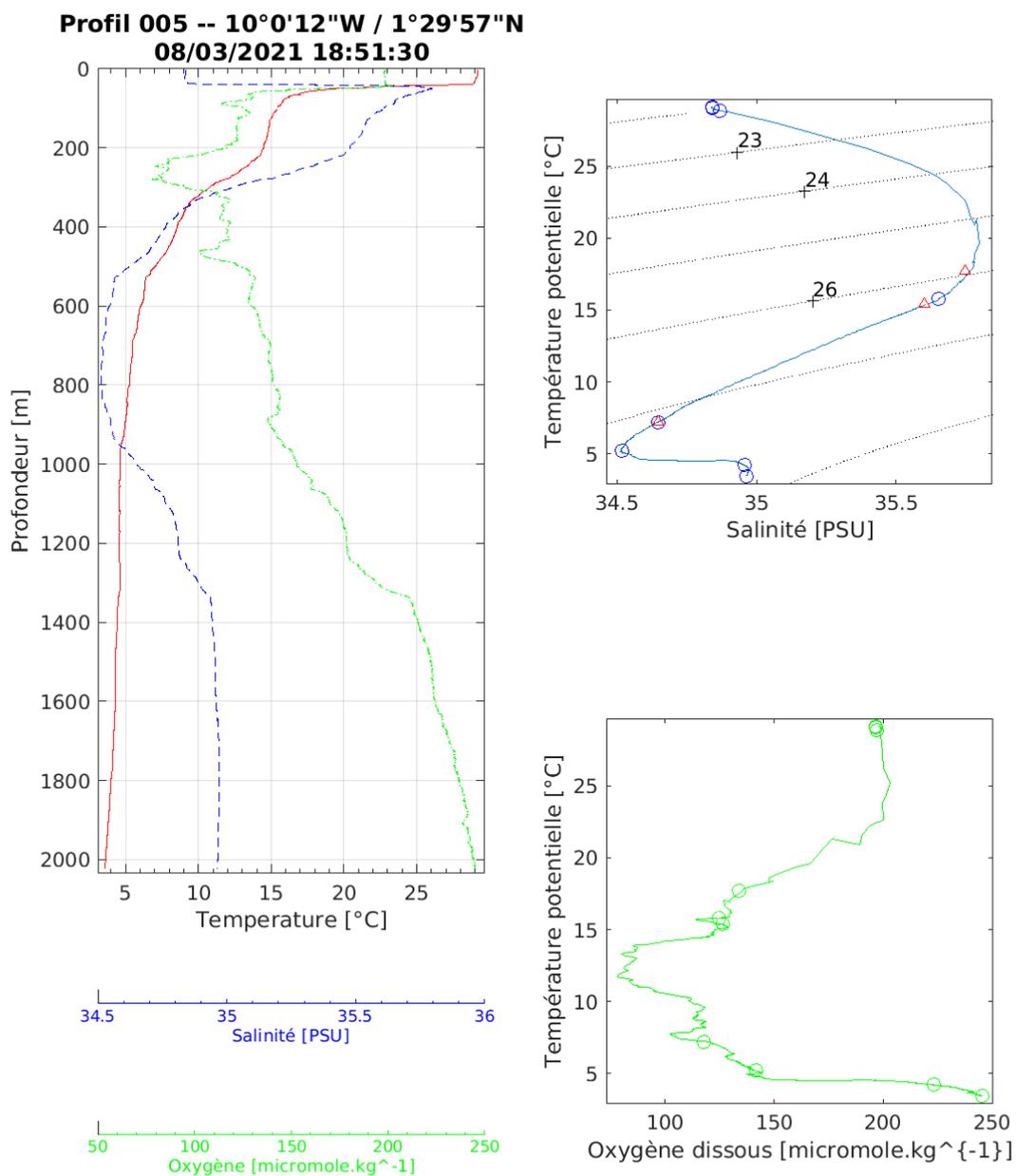
Profil 003 -- 19°27'10"W / 8°29'56"N

06/03/2021 03:10:11



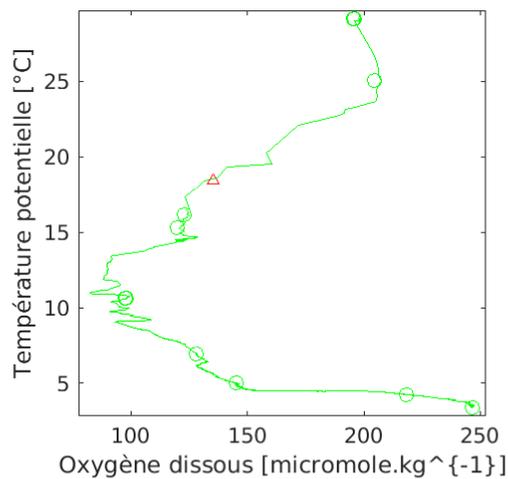
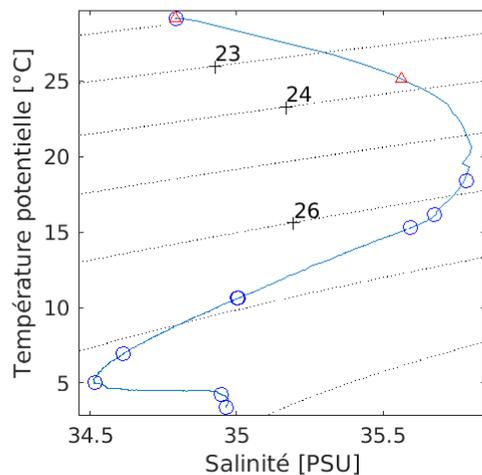
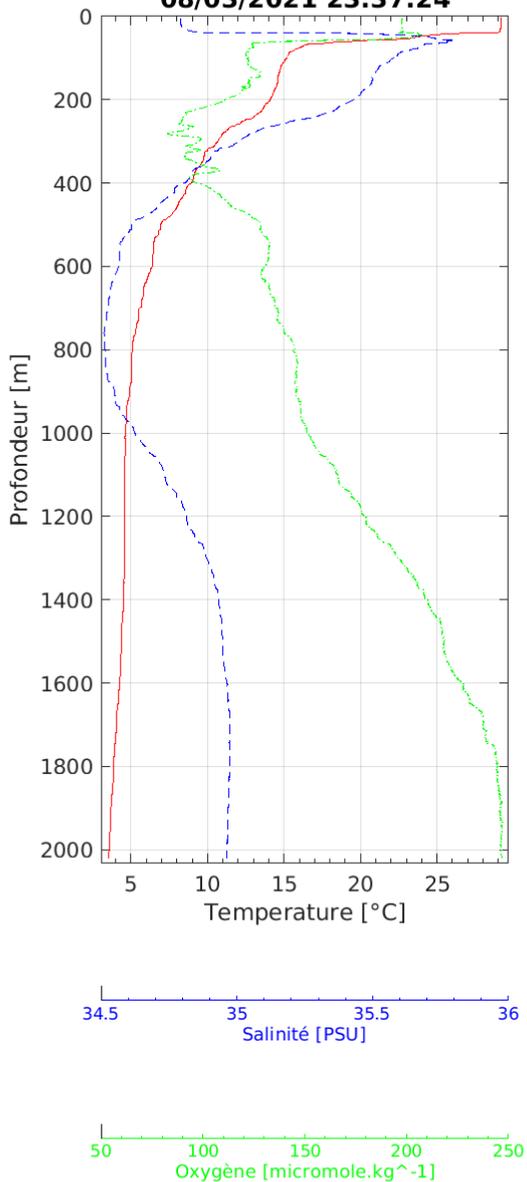
Profil 004 -- 18°50'52"W / 7°59'54"N
06/03/2021 08:44:20



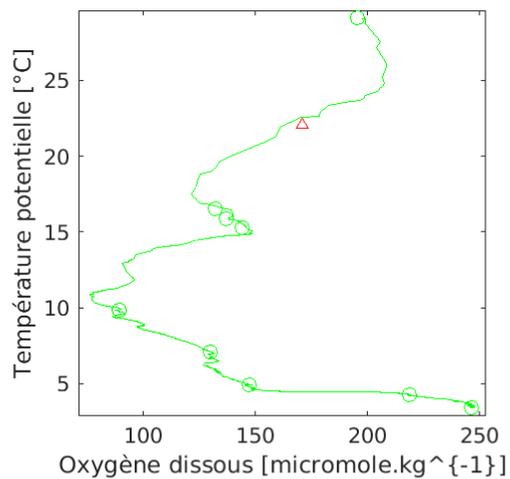
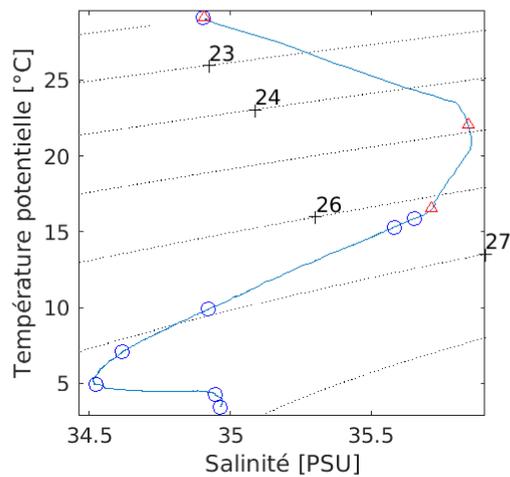
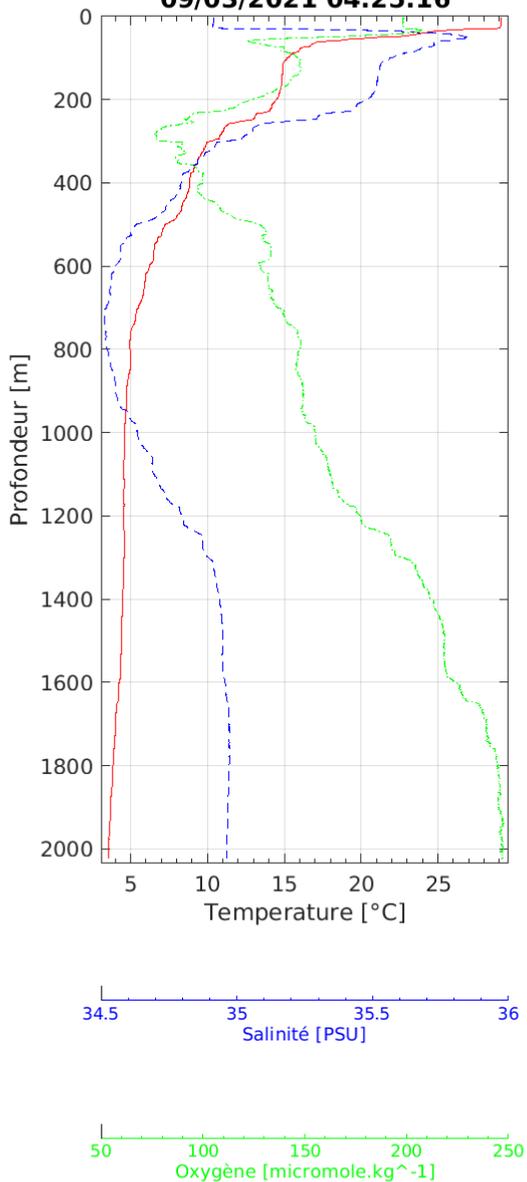


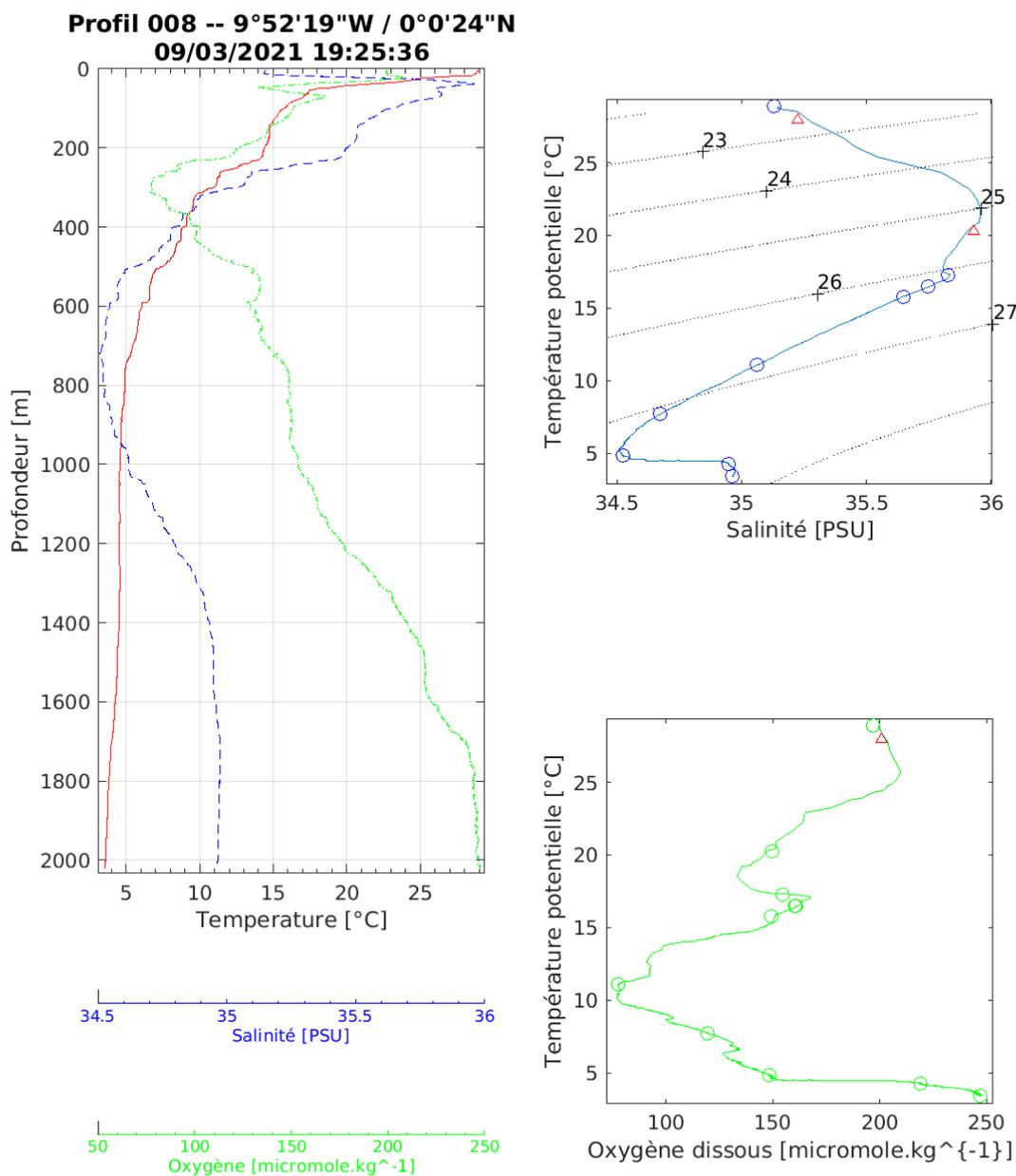
Profil 006 -- 10°0'13"W / 0°59'59"N

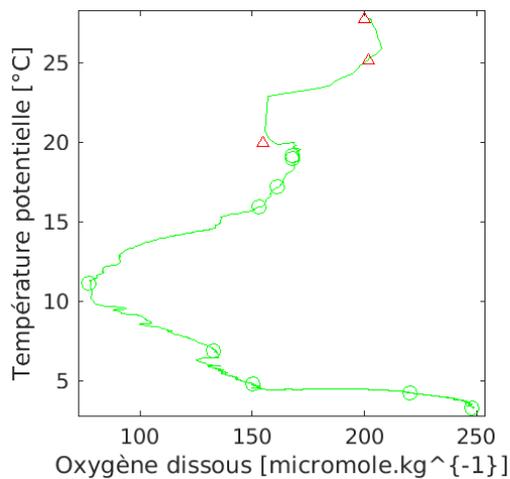
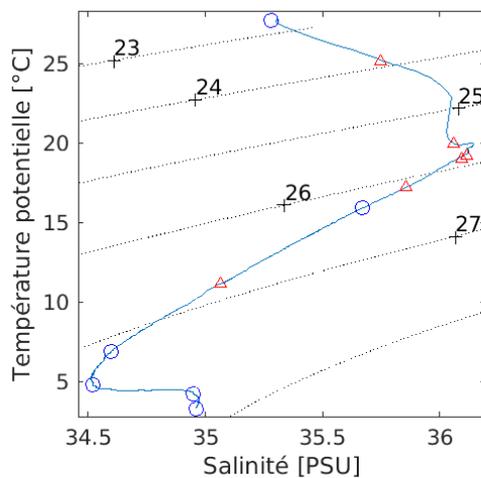
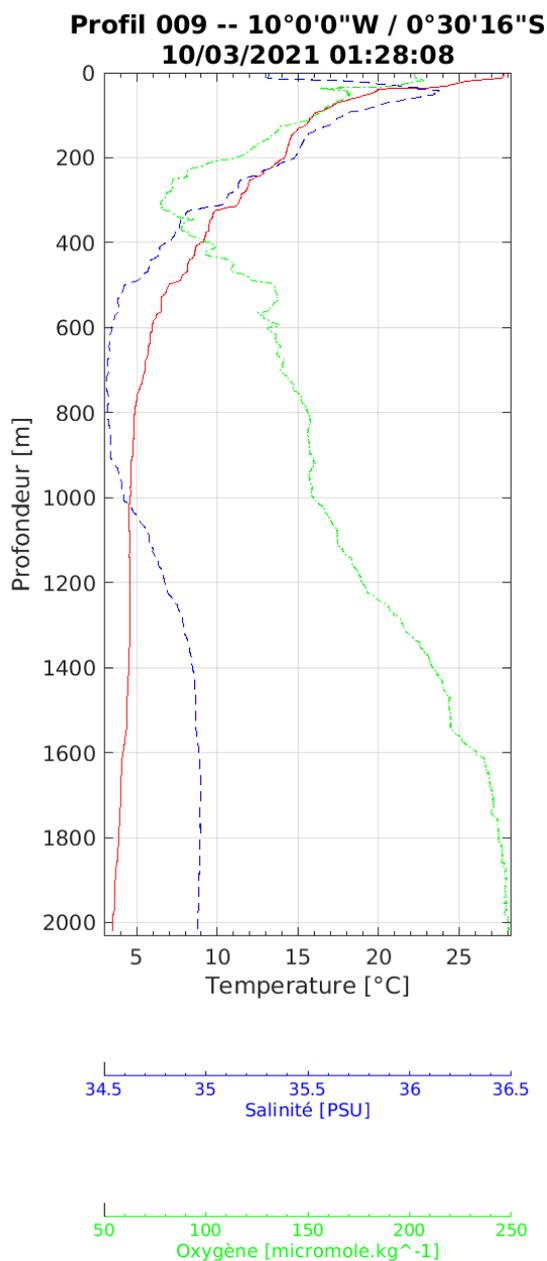
08/03/2021 23:37:24



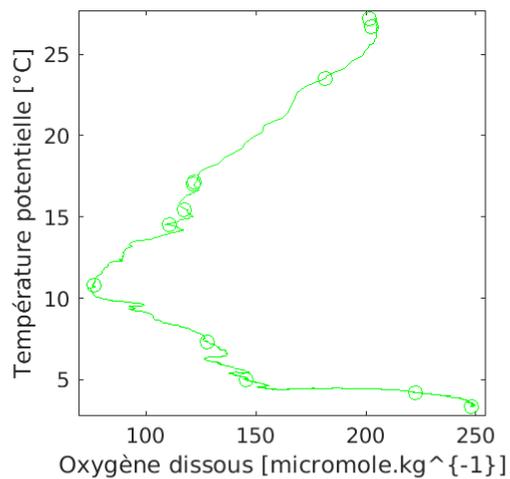
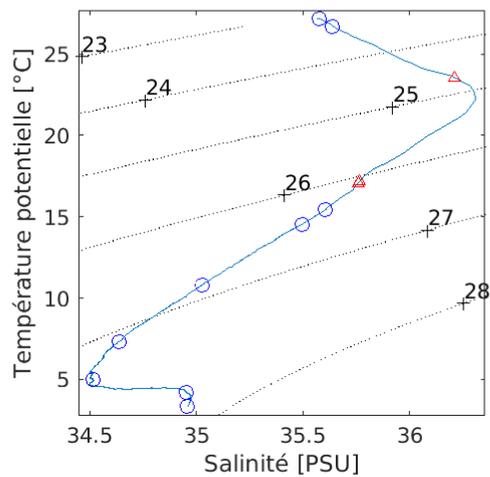
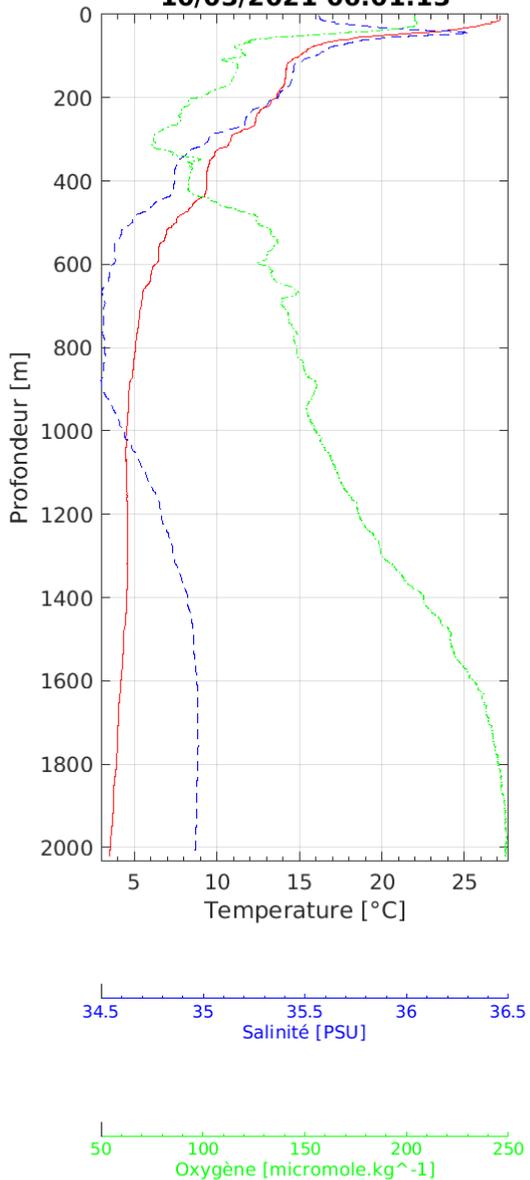
Profil 007 -- 10°0'8"W / 0°29'57"N
09/03/2021 04:25:16

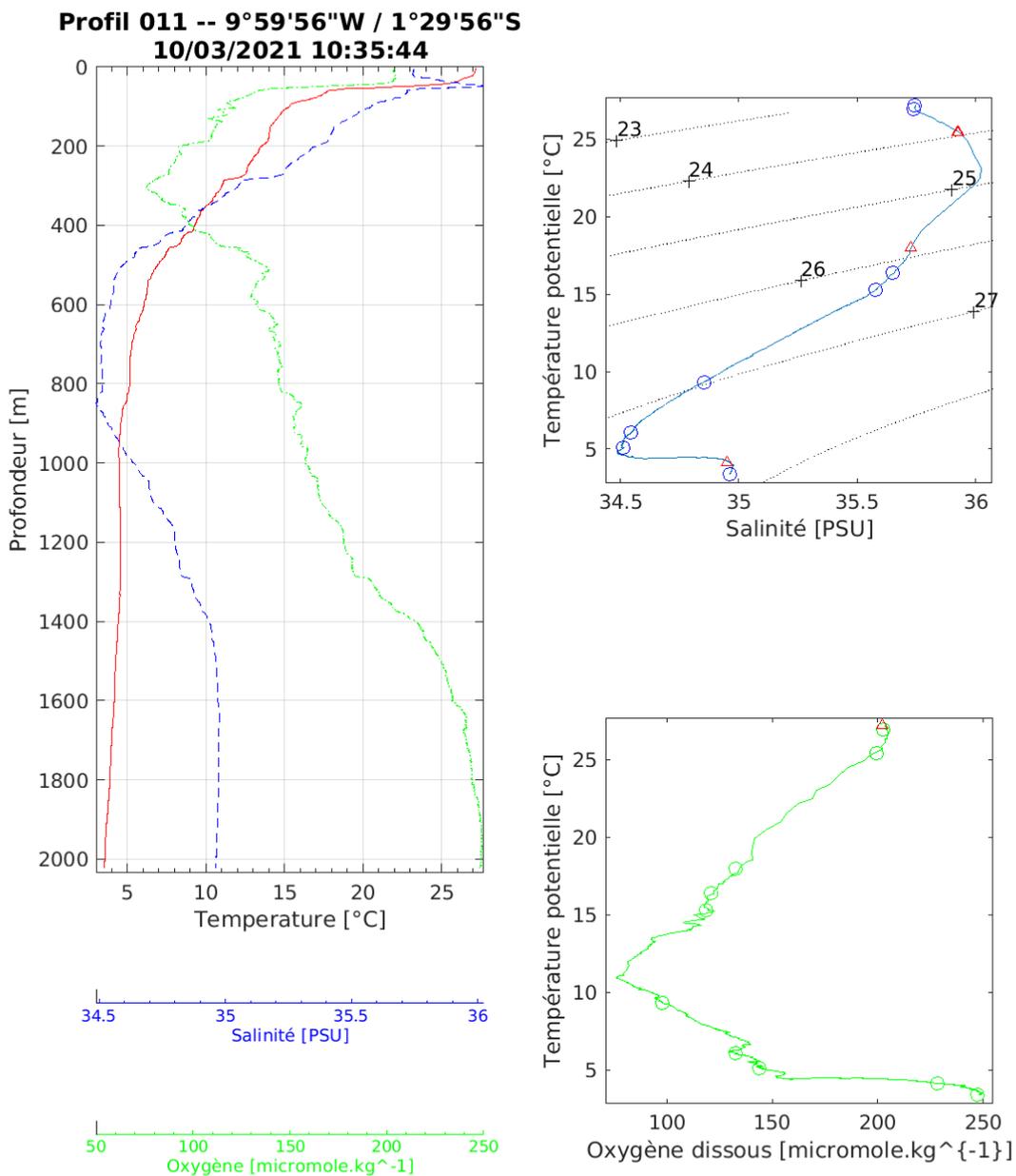




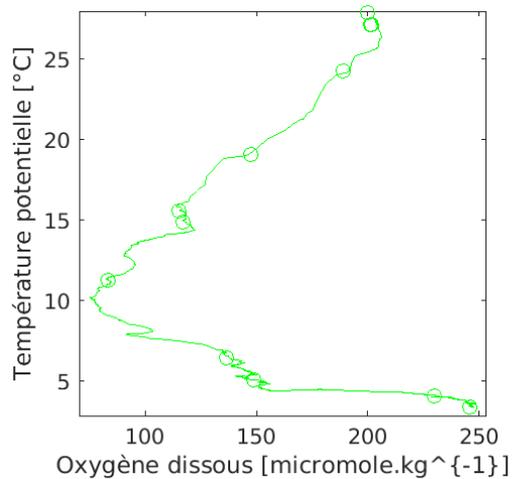
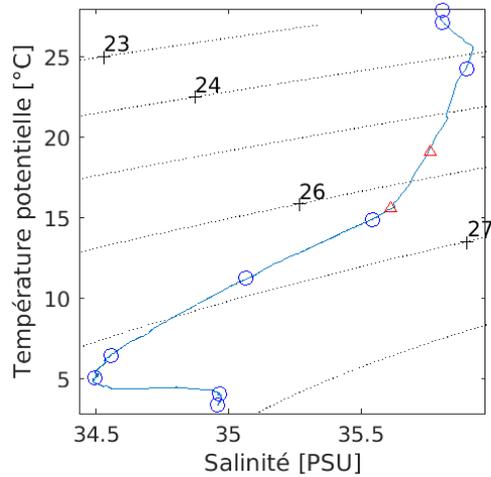
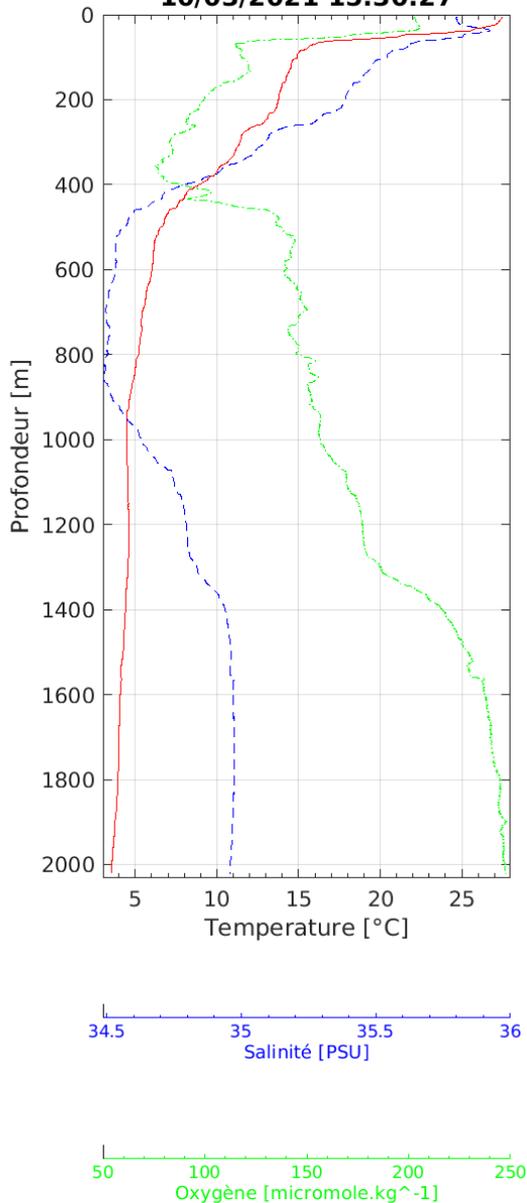


Profil 010 -- 10°0'1"W / 0°59'58"S
10/03/2021 06:01:13



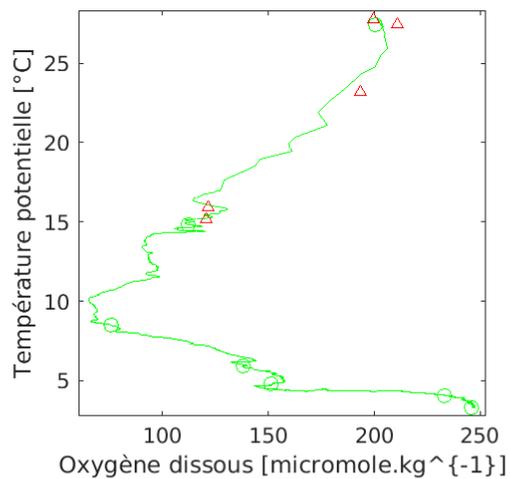
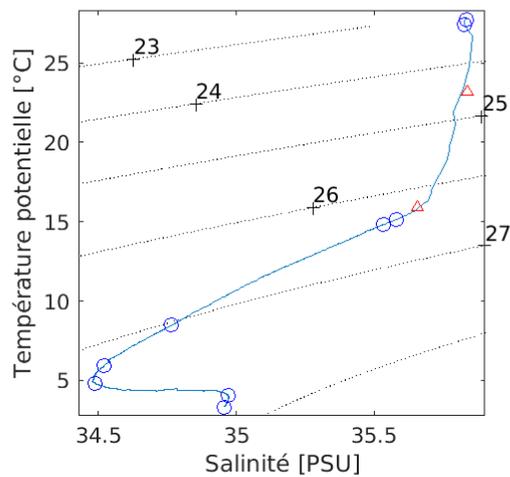
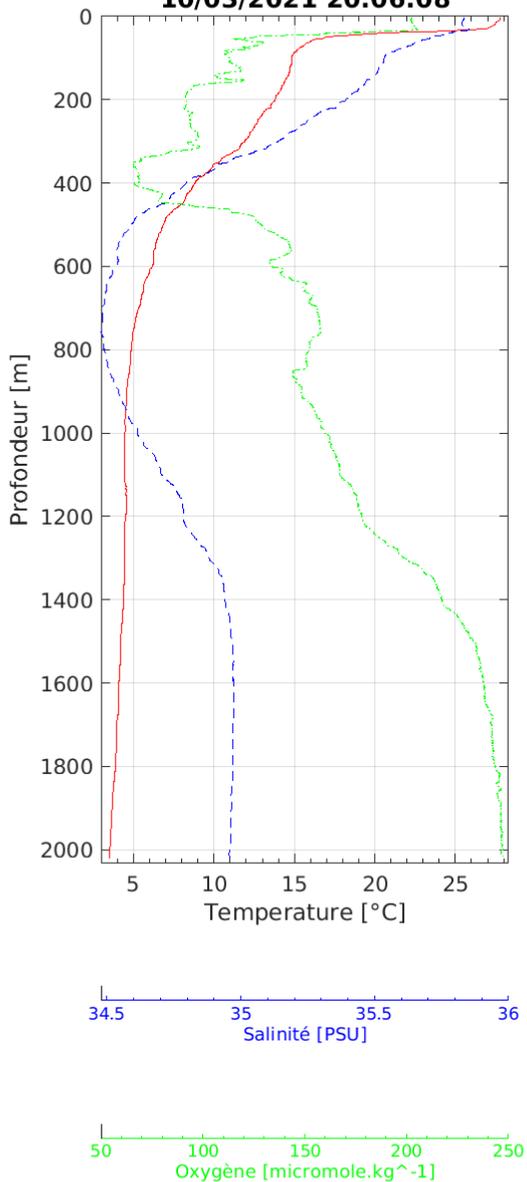


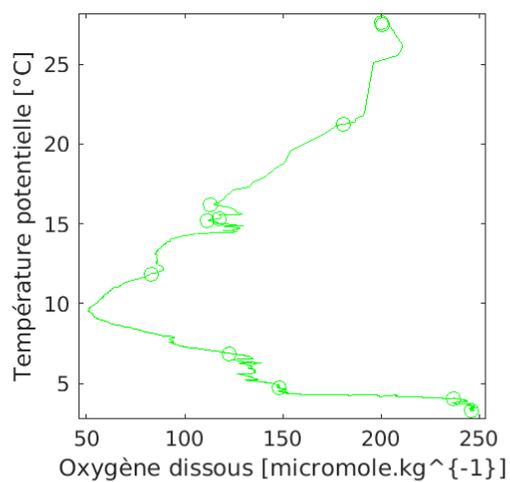
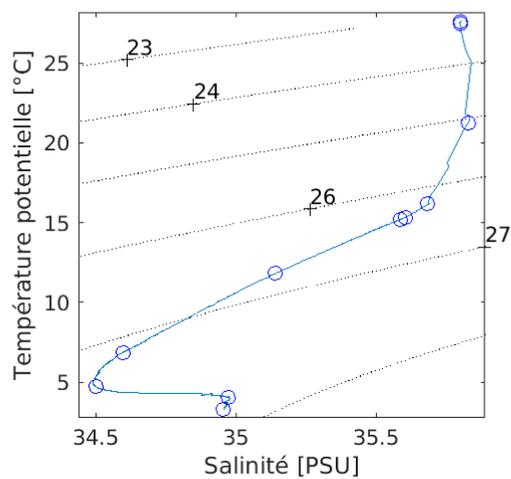
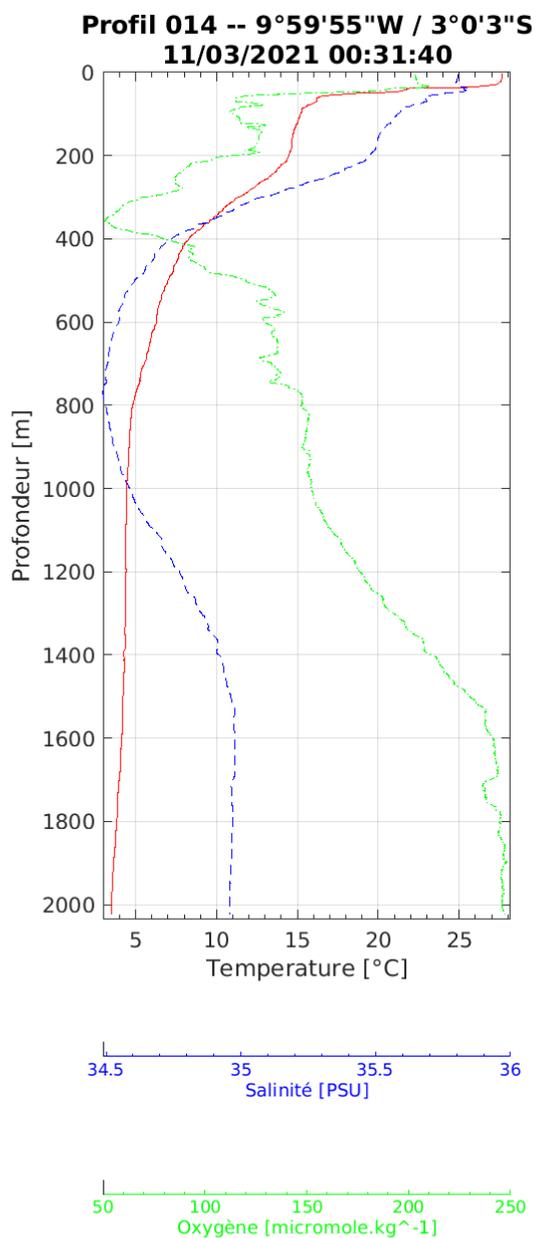
Profil 012 -- 10°0'13"W / 1°59'57"S
10/03/2021 15:30:27

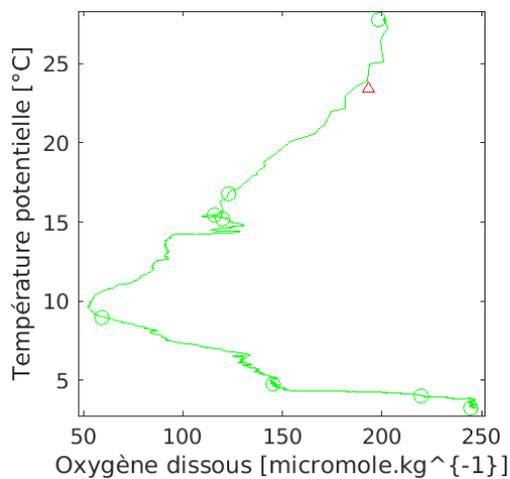
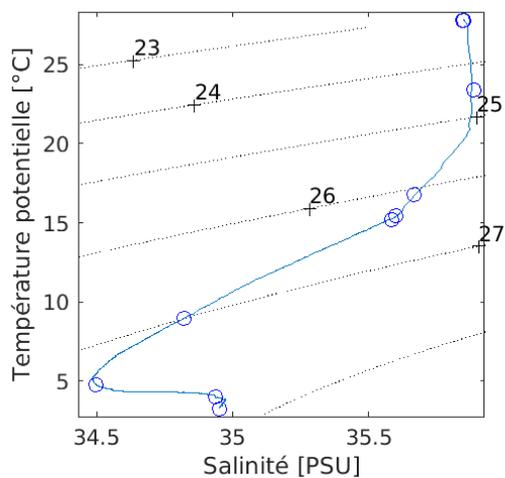
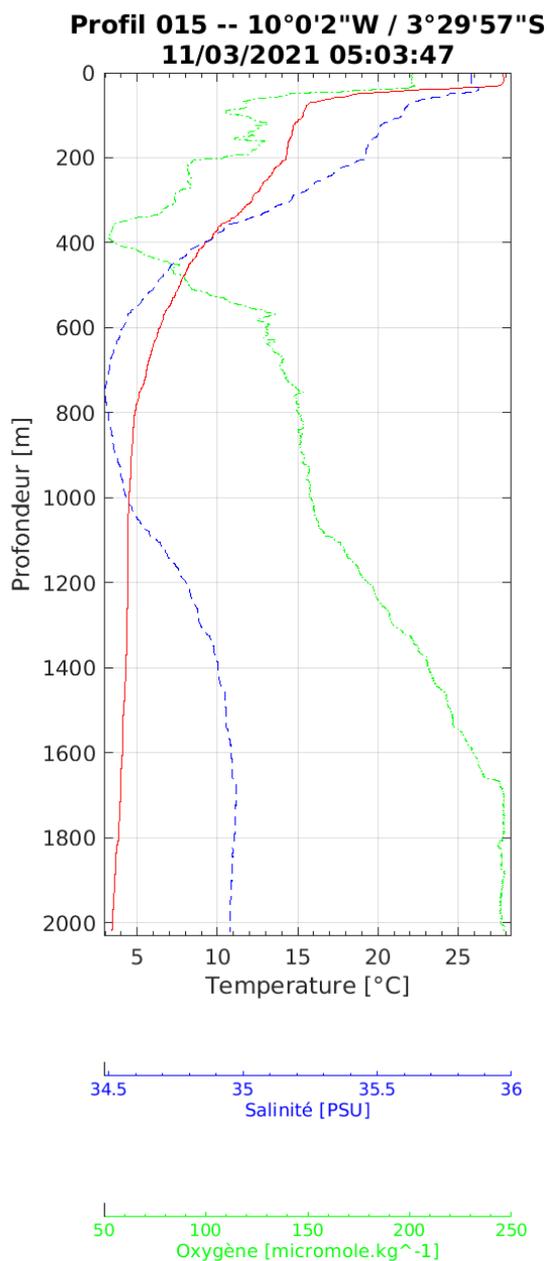


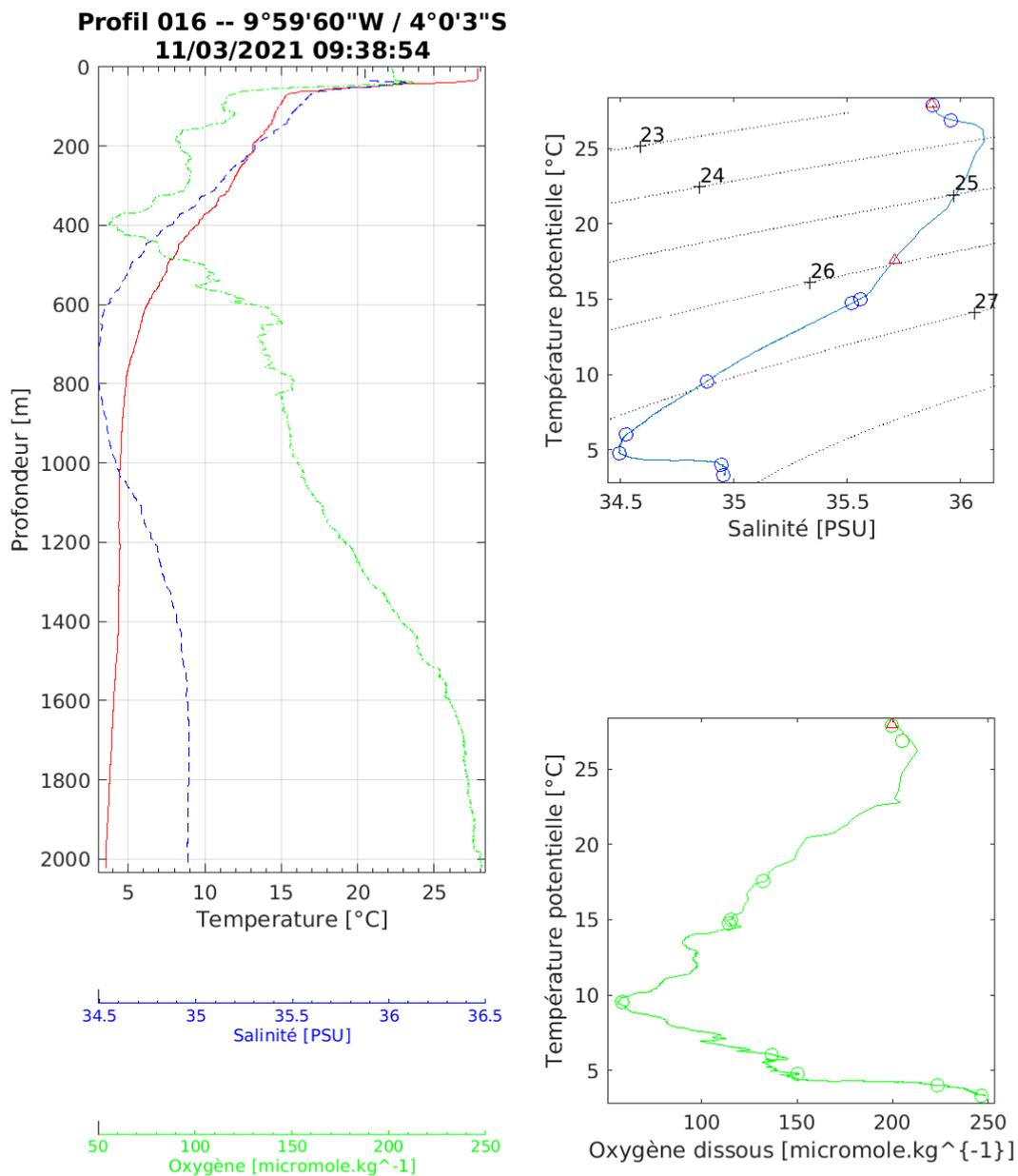
Profil 013 -- 9°59'57"W / 2°30'0"S

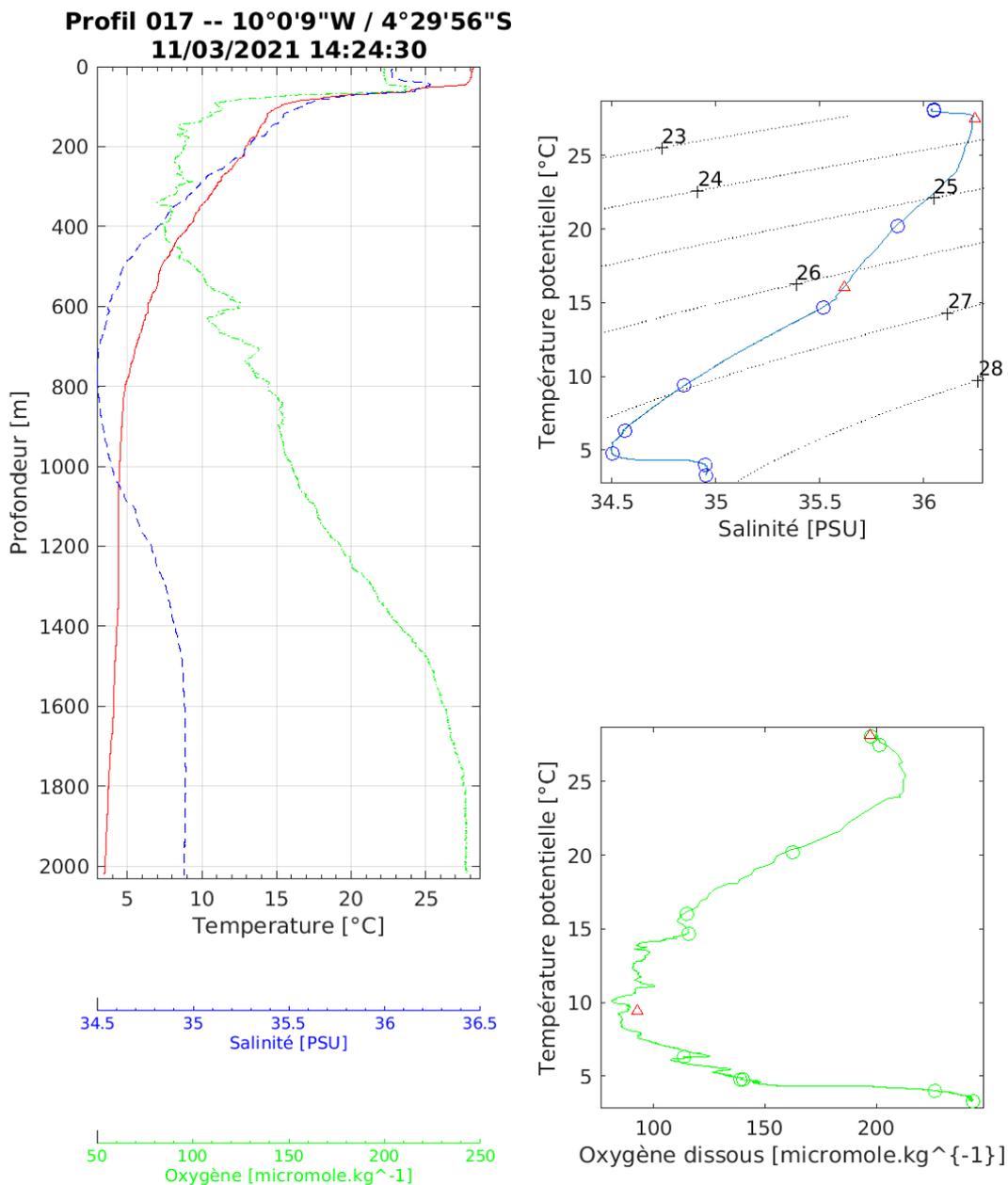
10/03/2021 20:06:08



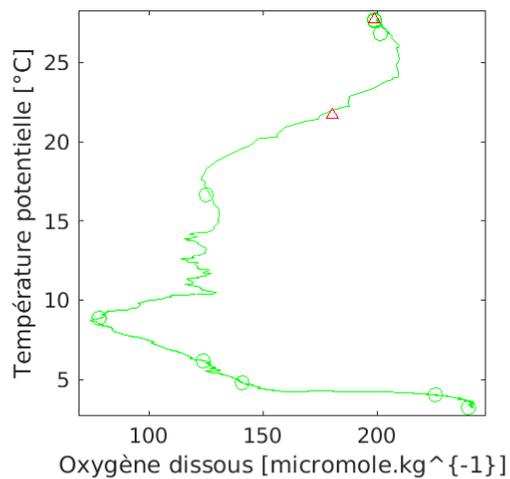
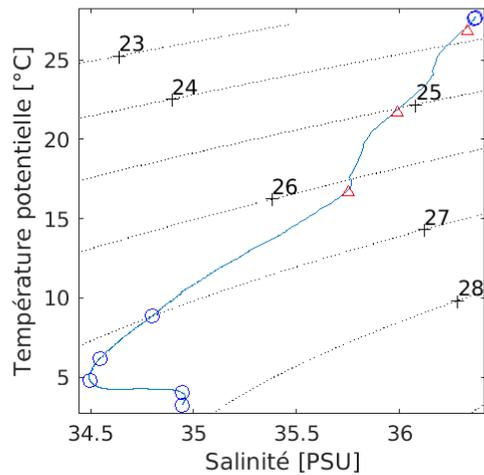
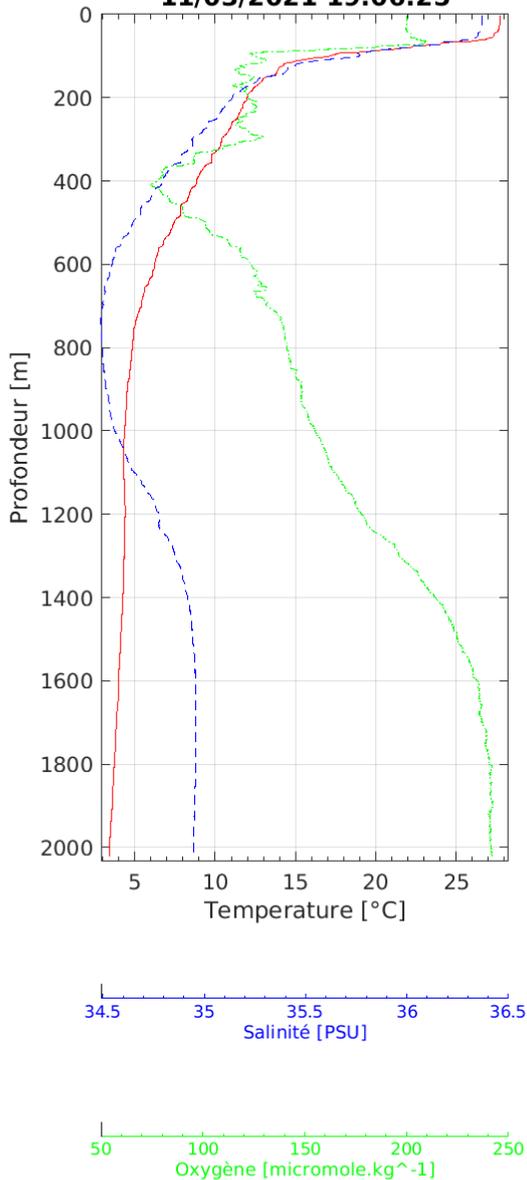




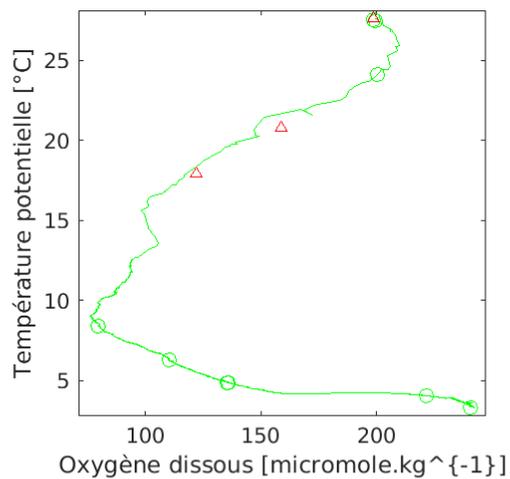
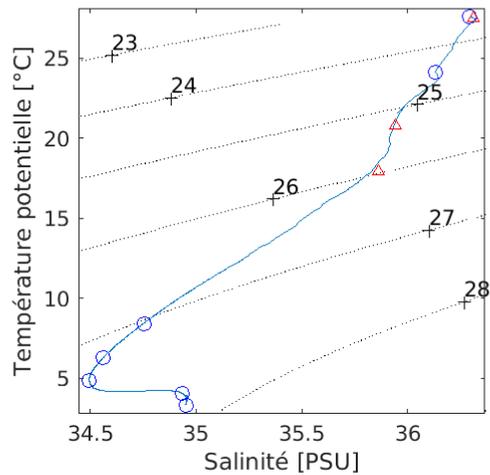
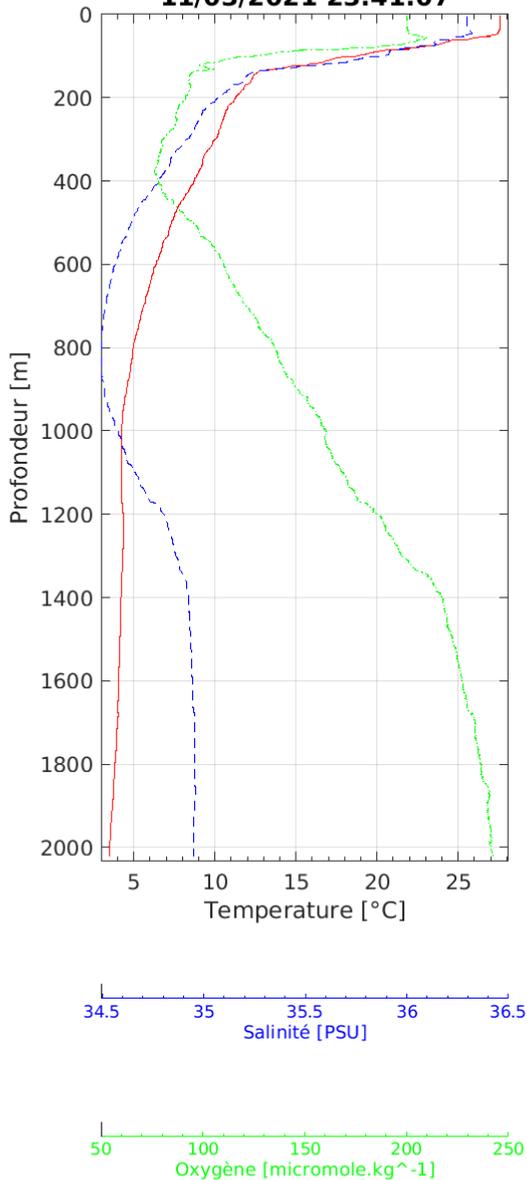


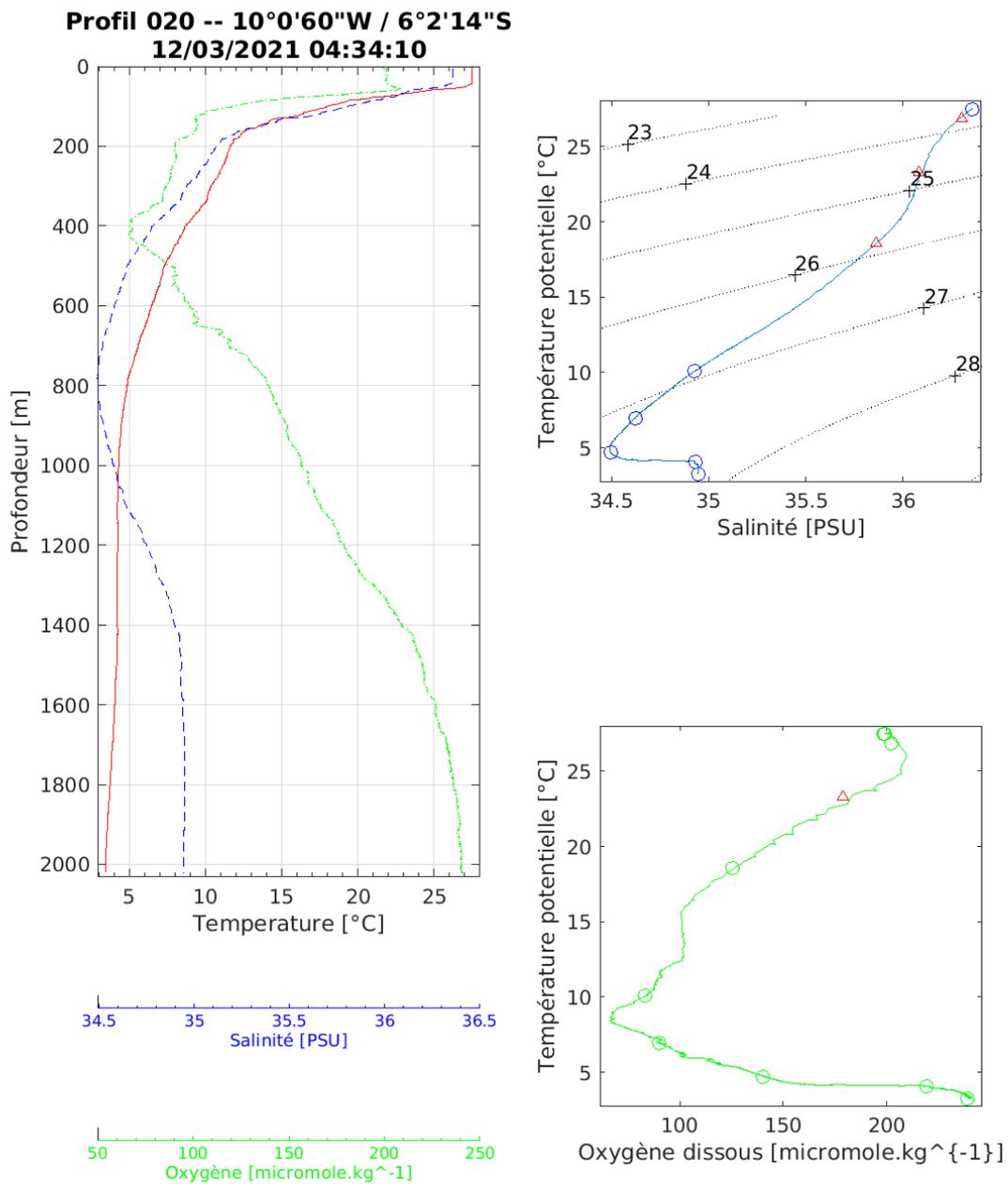


**Profil 018 -- 10°0'5"W / 4°59'53"S
11/03/2021 19:06:25**



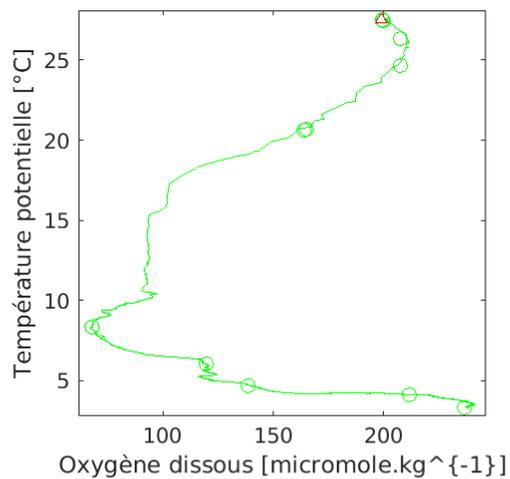
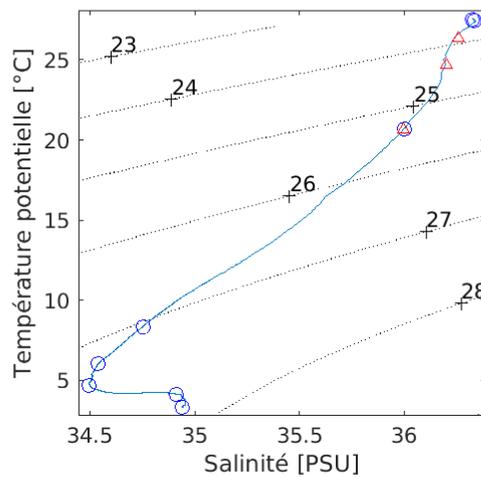
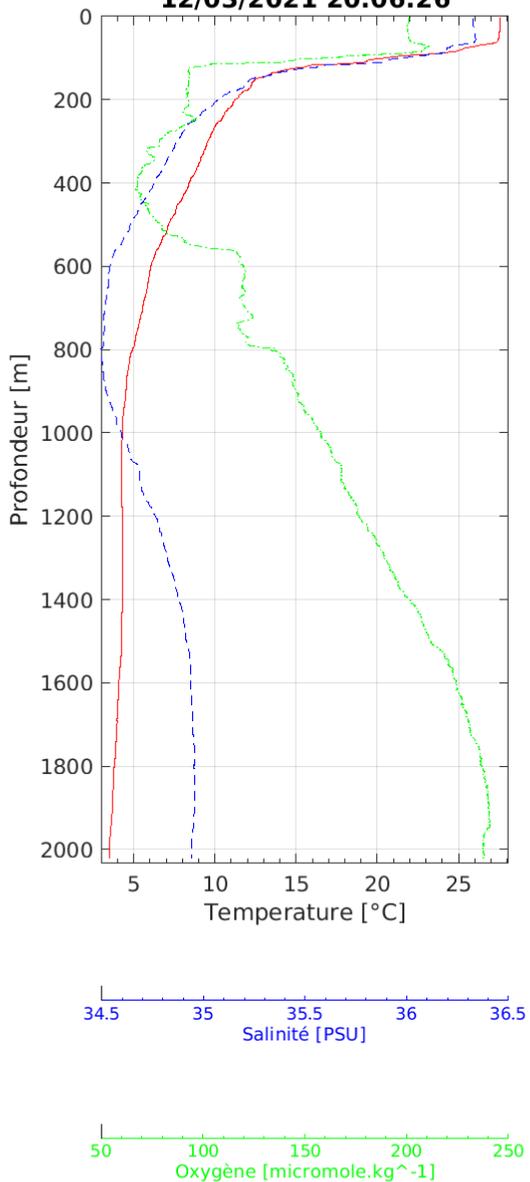
Profil 019 -- 10°0'7"W / 5°29'55"S
11/03/2021 23:41:07



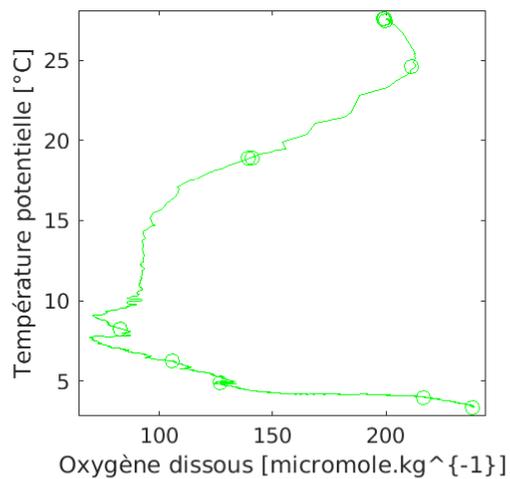
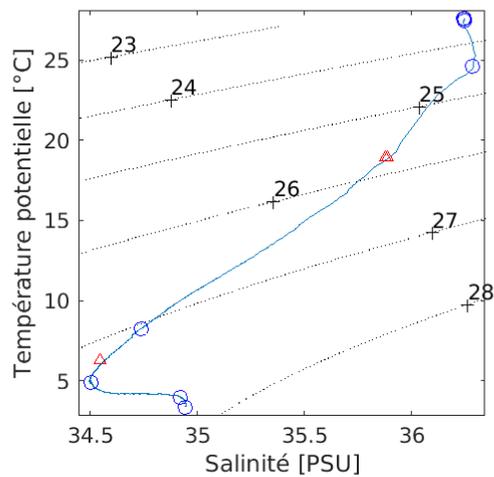
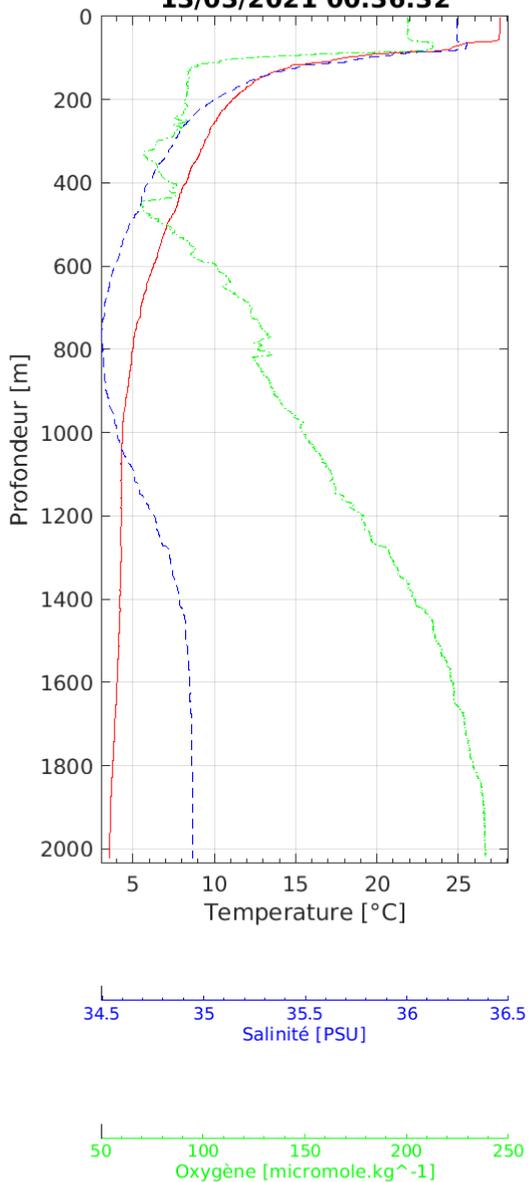


Profil 021 -- 10°0'3"W / 6°29'52"S

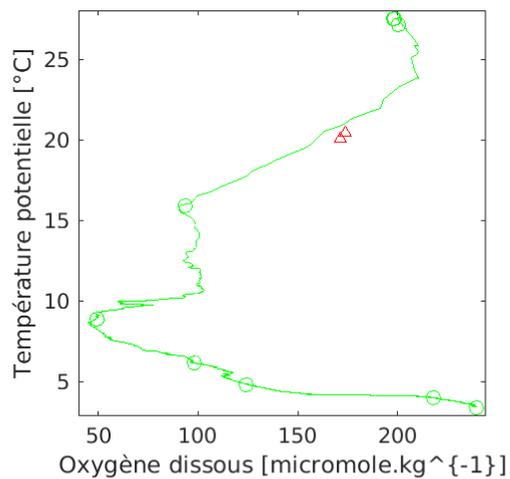
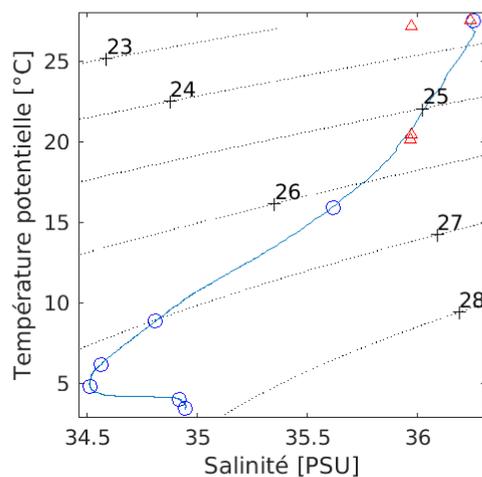
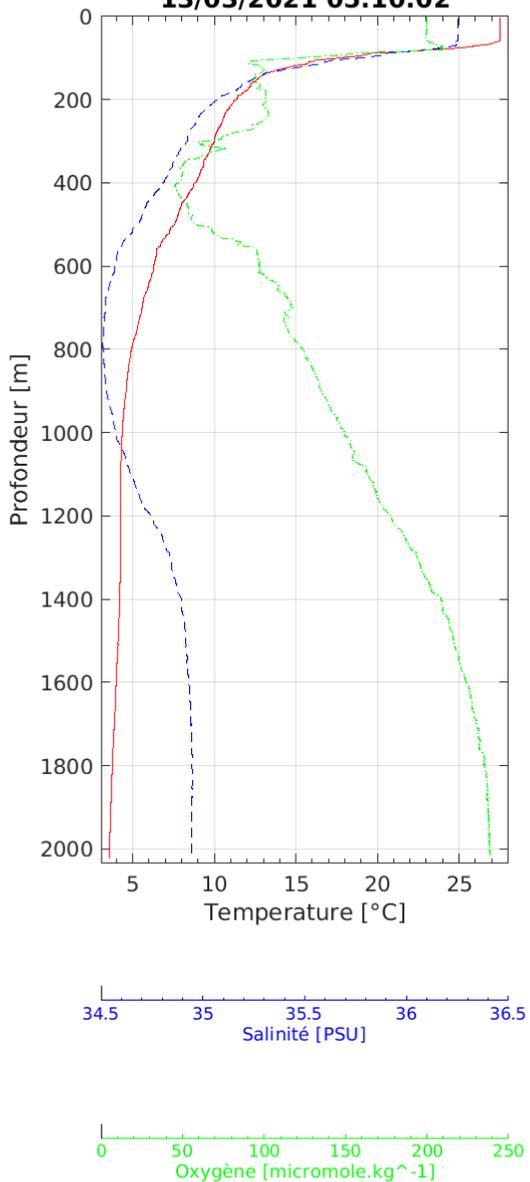
12/03/2021 20:06:26

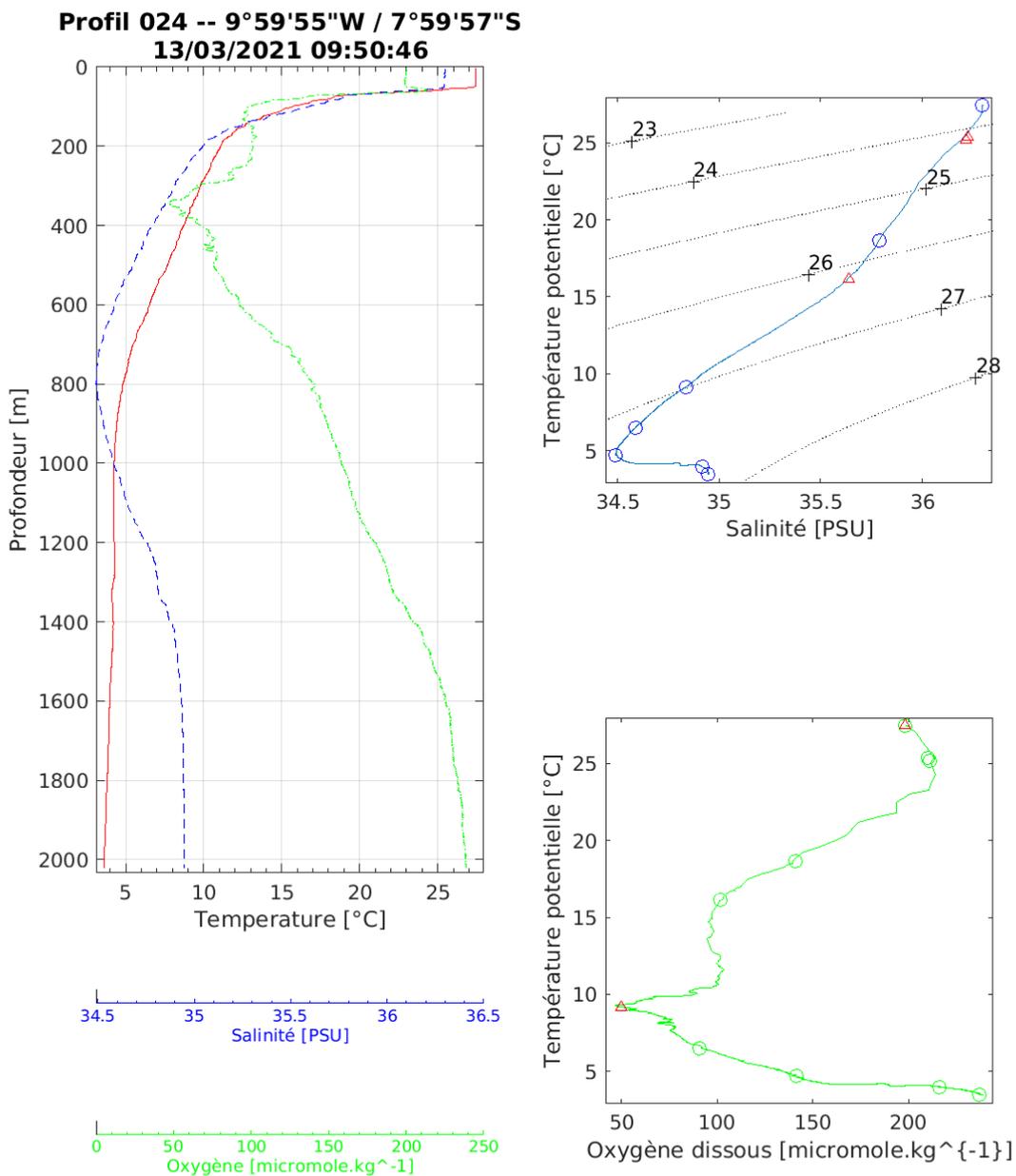


**Profil 022 -- 10°0'0"W / 6°59'60"S
13/03/2021 00:36:32**

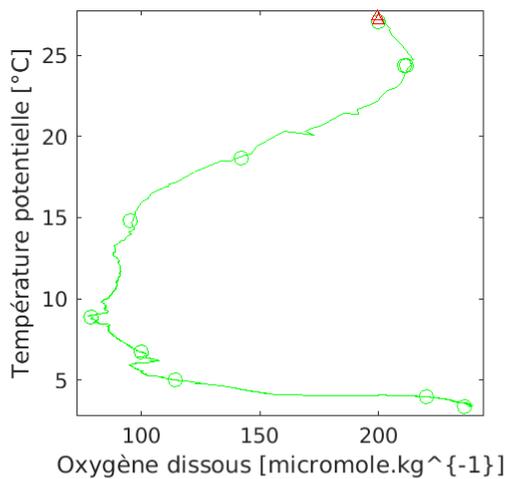
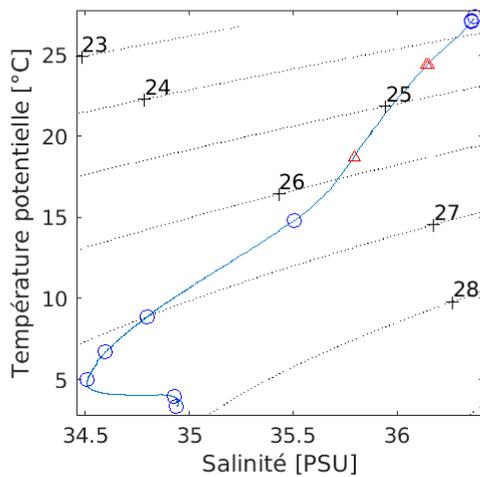
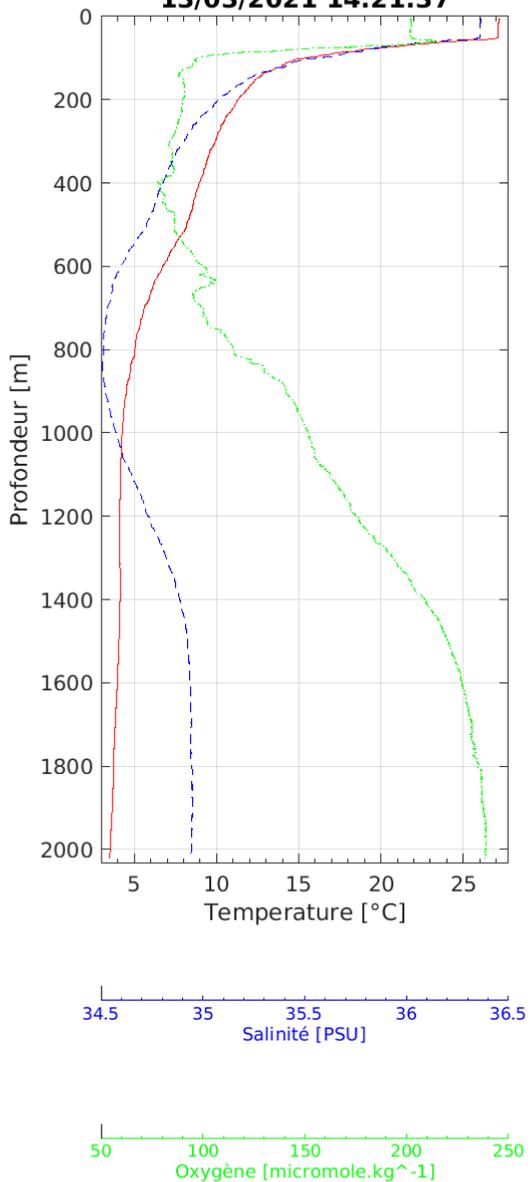


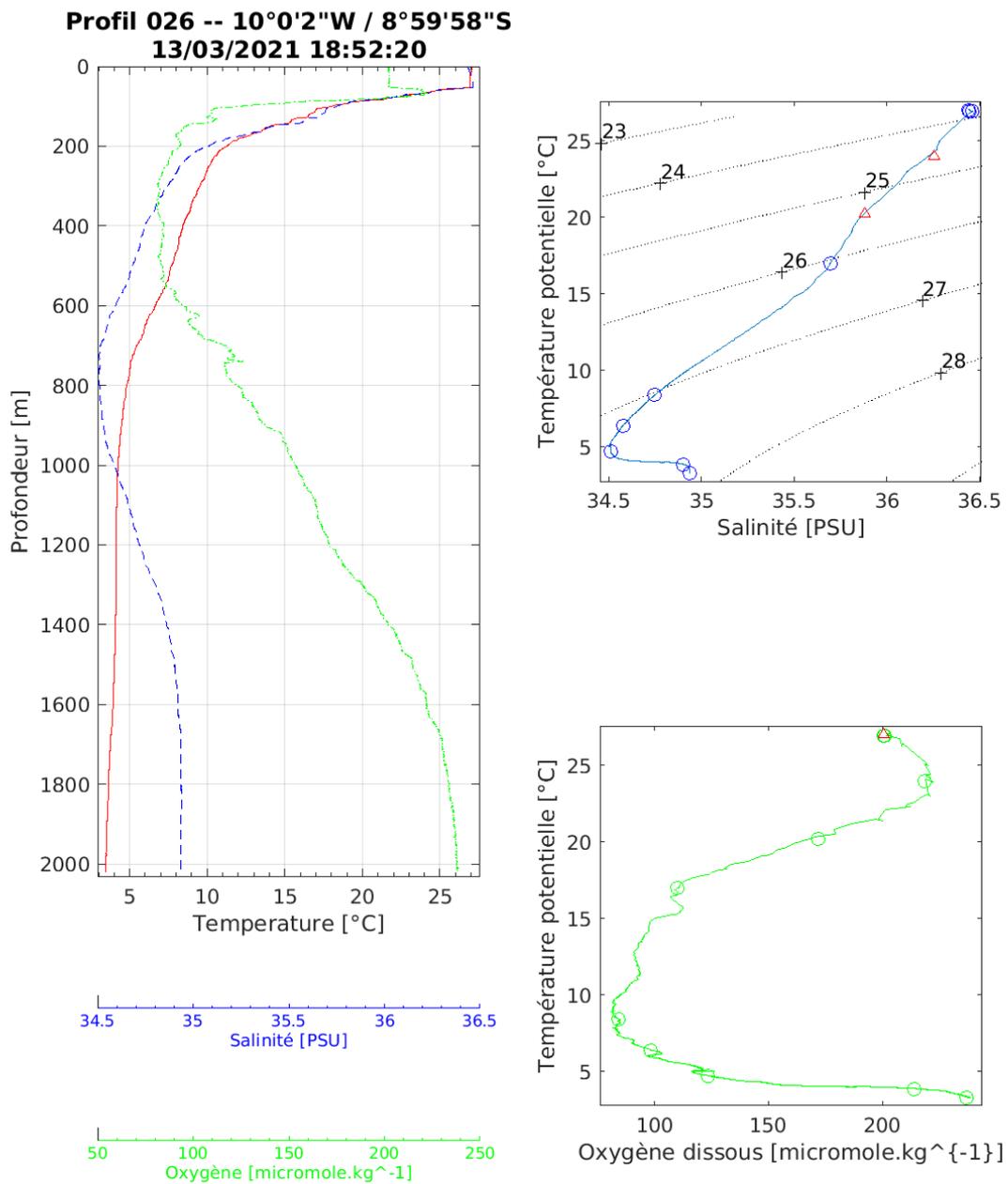
**Profil 023 -- 9°59'59"W / 7°29'57"S
13/03/2021 05:10:02**



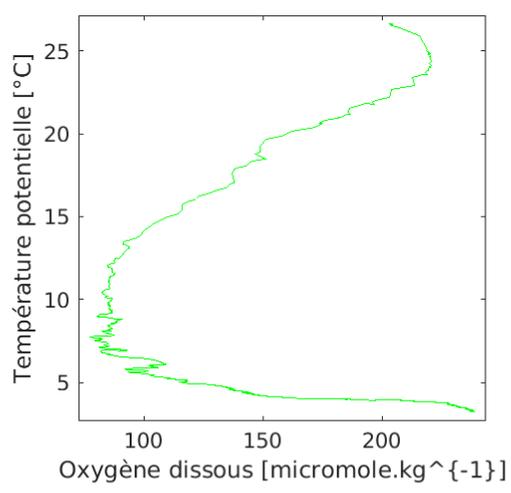
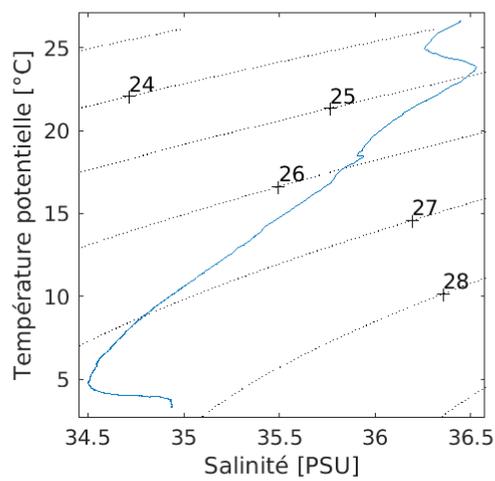
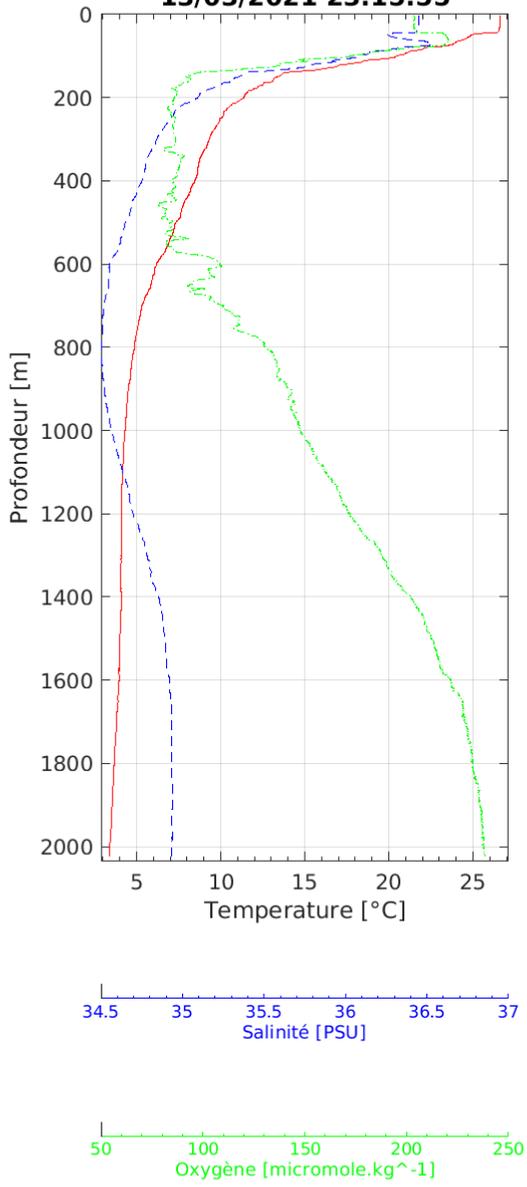


**Profil 025 -- 9°59'58"W / 8°29'56"S
 13/03/2021 14:21:37**



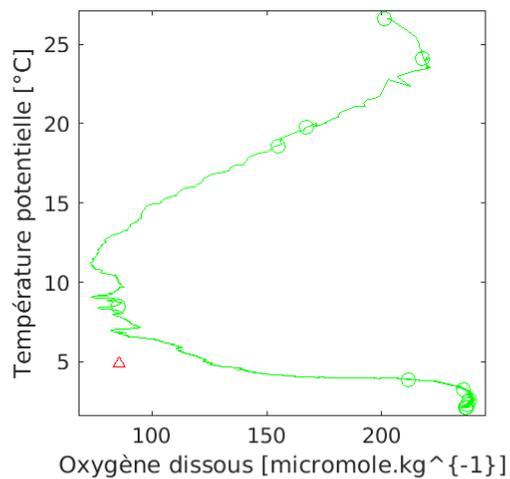
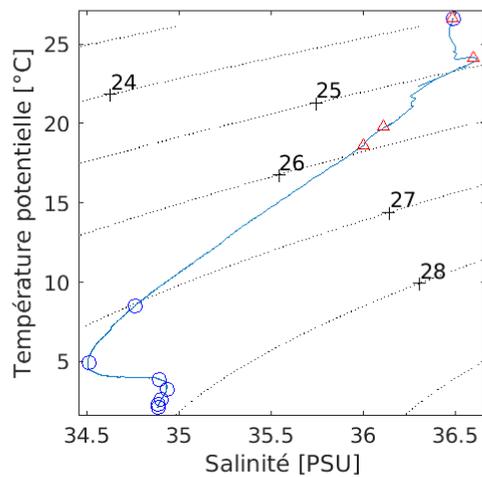
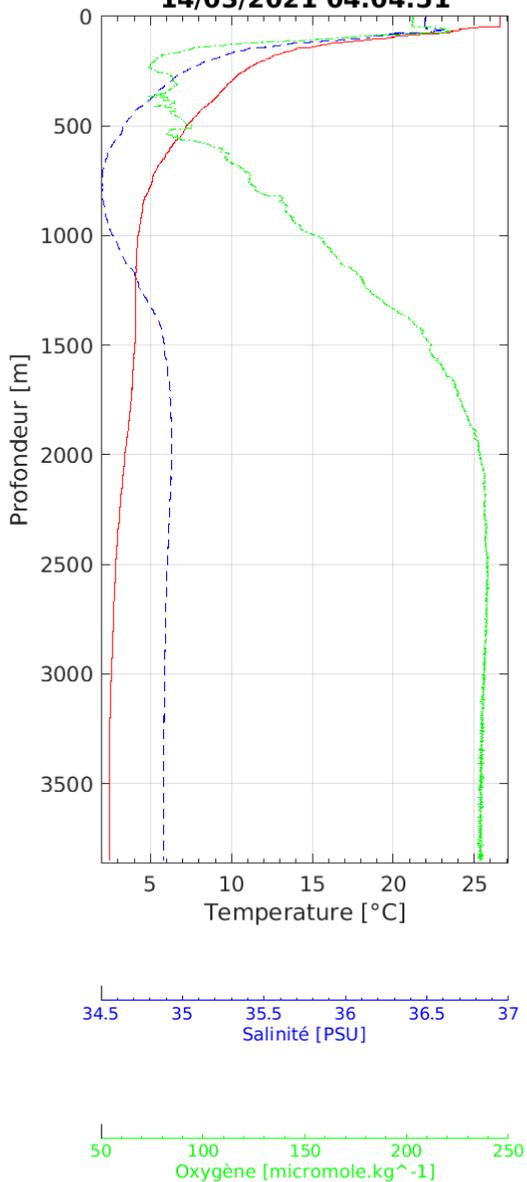


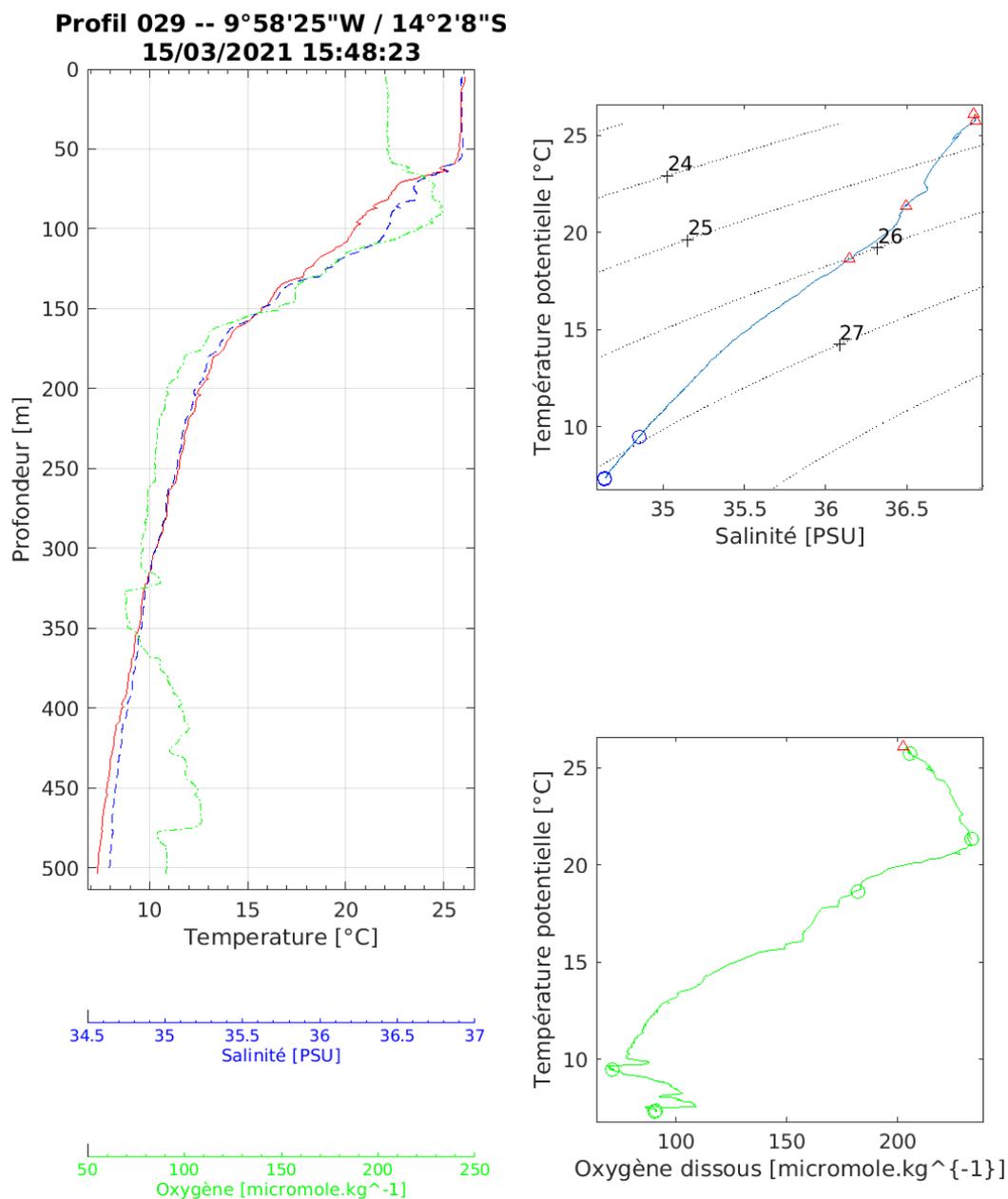
Profil 027 -- 10°0'3"W / 9°29'59"S
13/03/2021 23:15:55



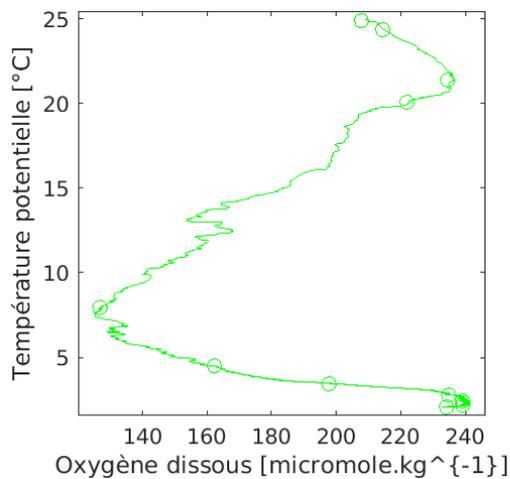
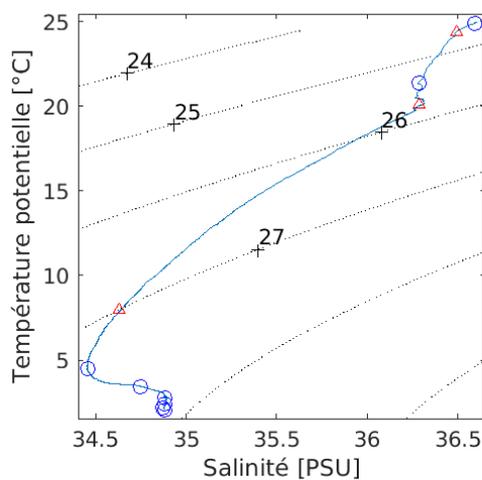
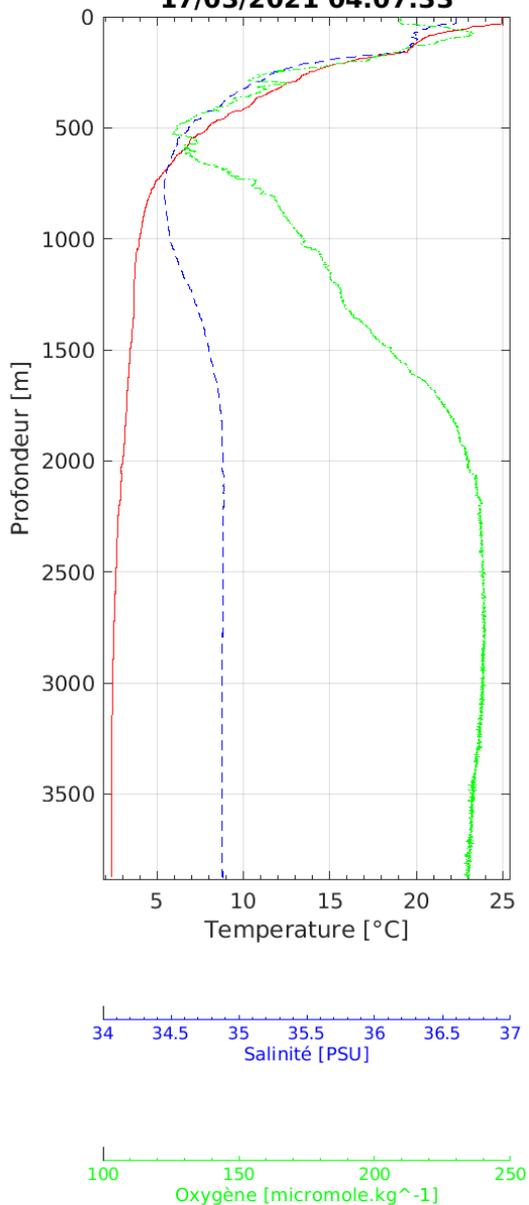
Profil 028 -- 9°59'26"W / 9°54'1"S

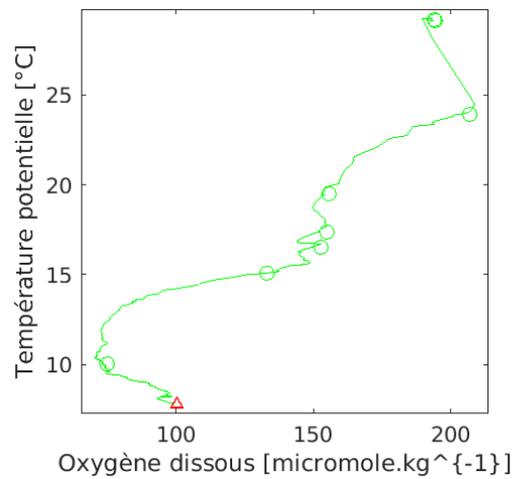
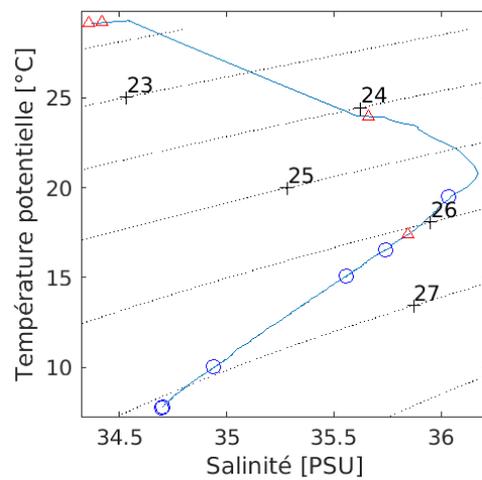
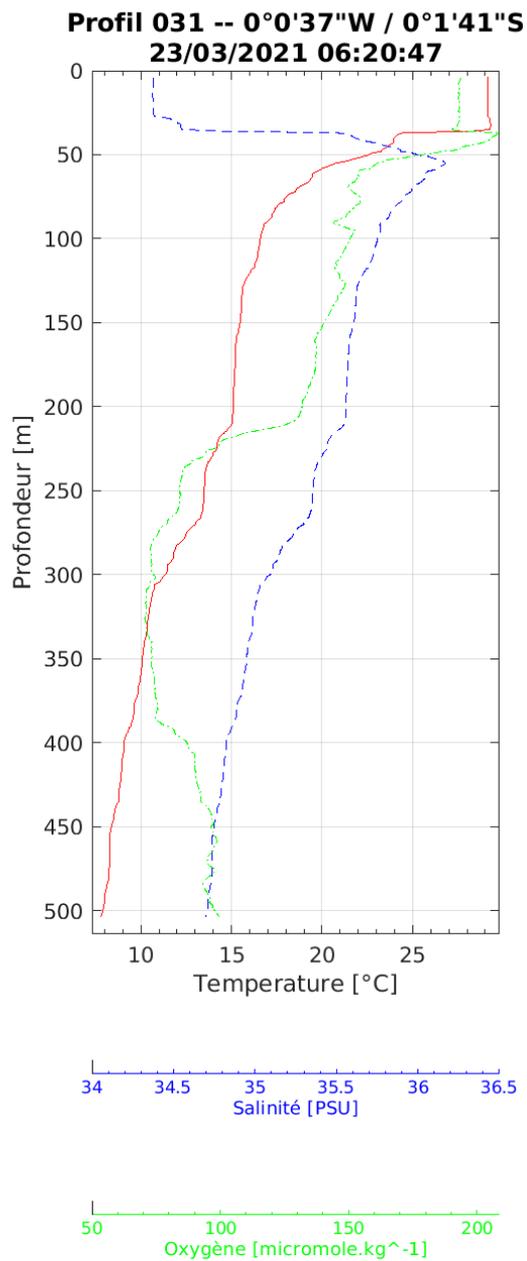
14/03/2021 04:04:51

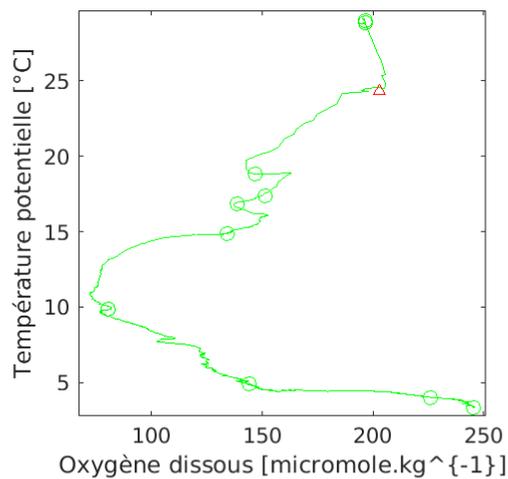
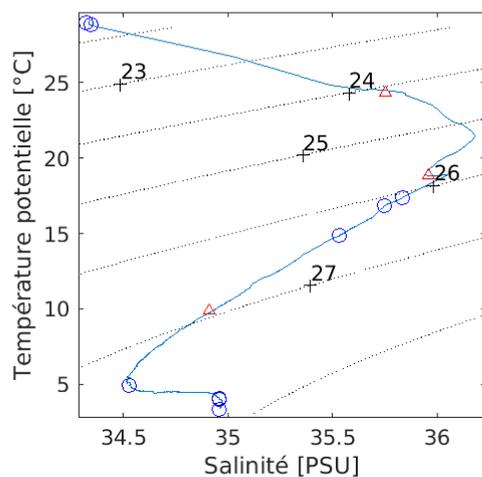
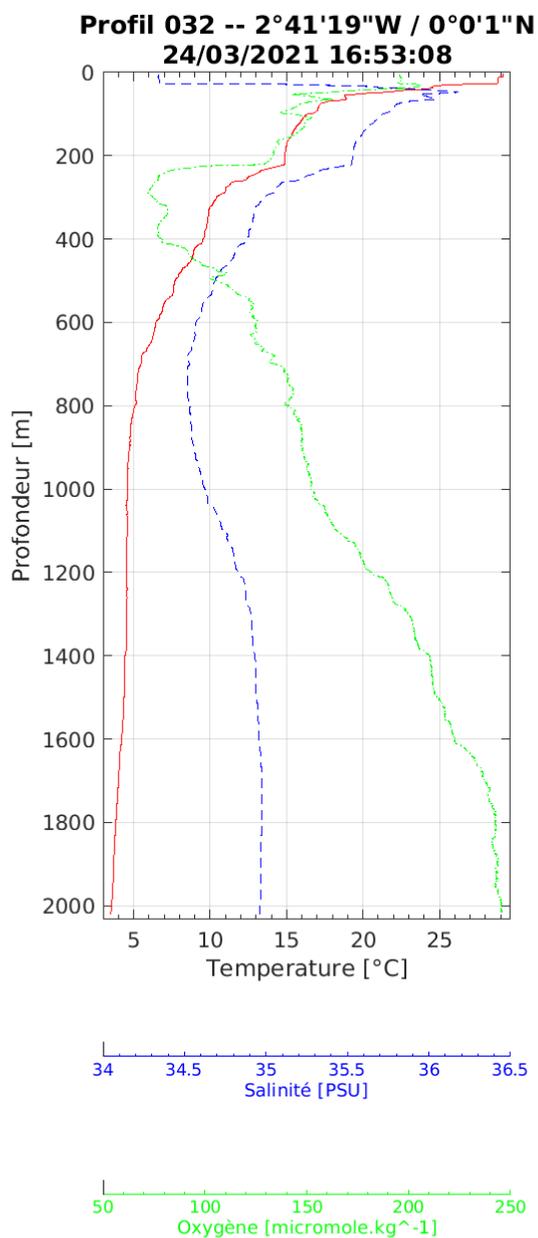




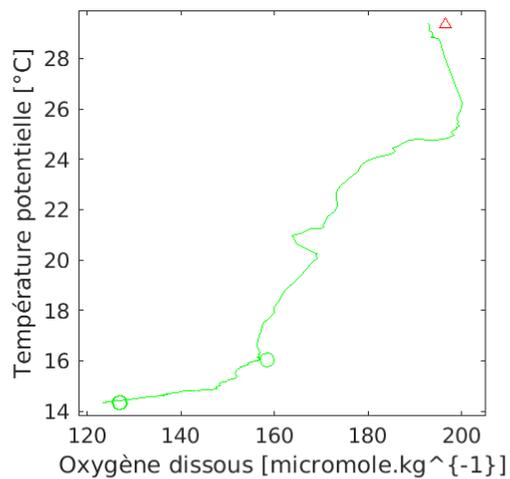
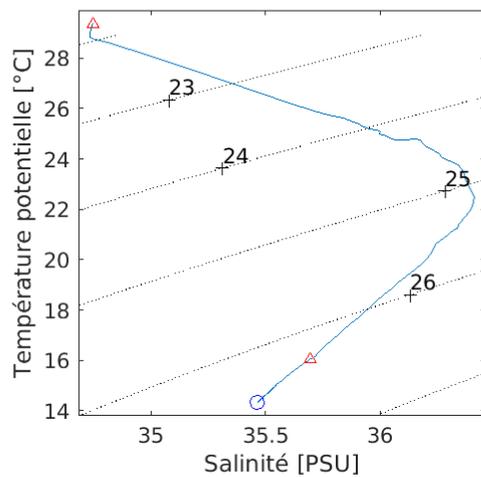
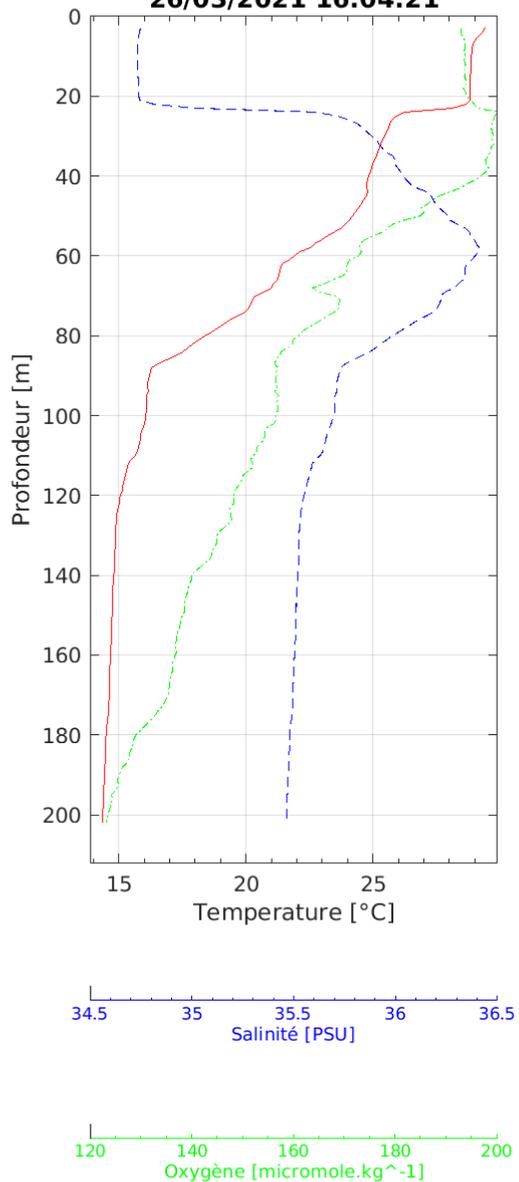
**Profil 030 -- 9°58'15"W / 19°56'8"S
 17/03/2021 04:07:33**



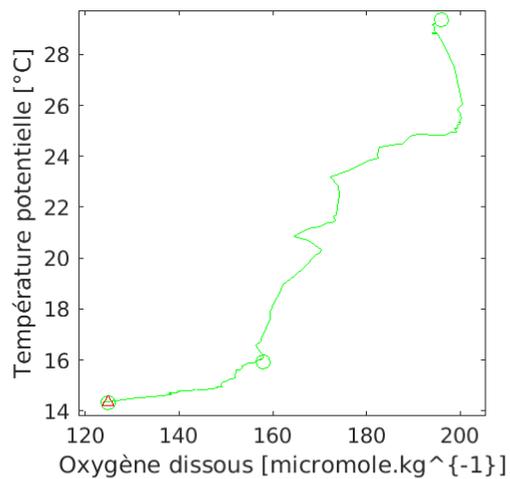
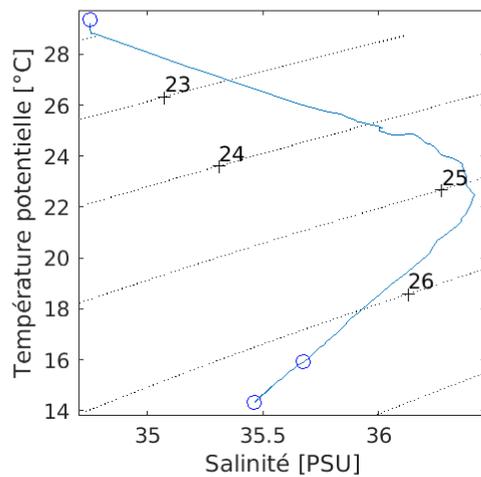
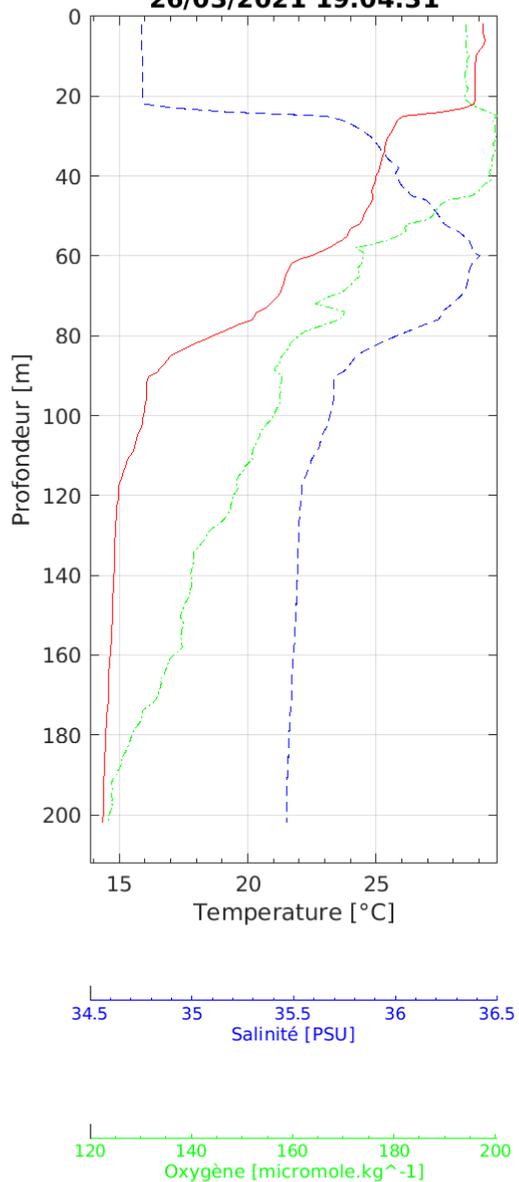




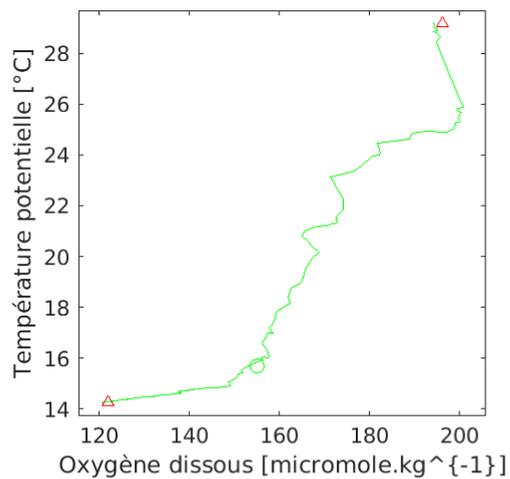
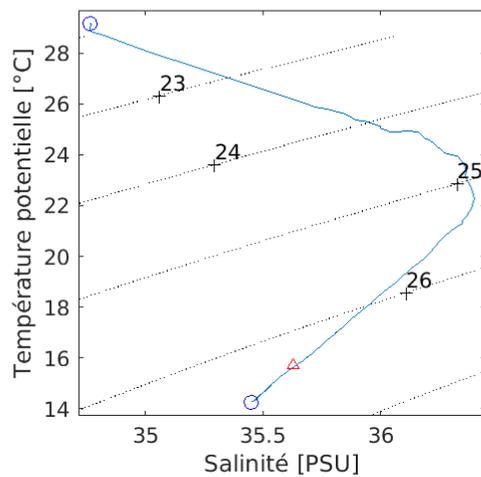
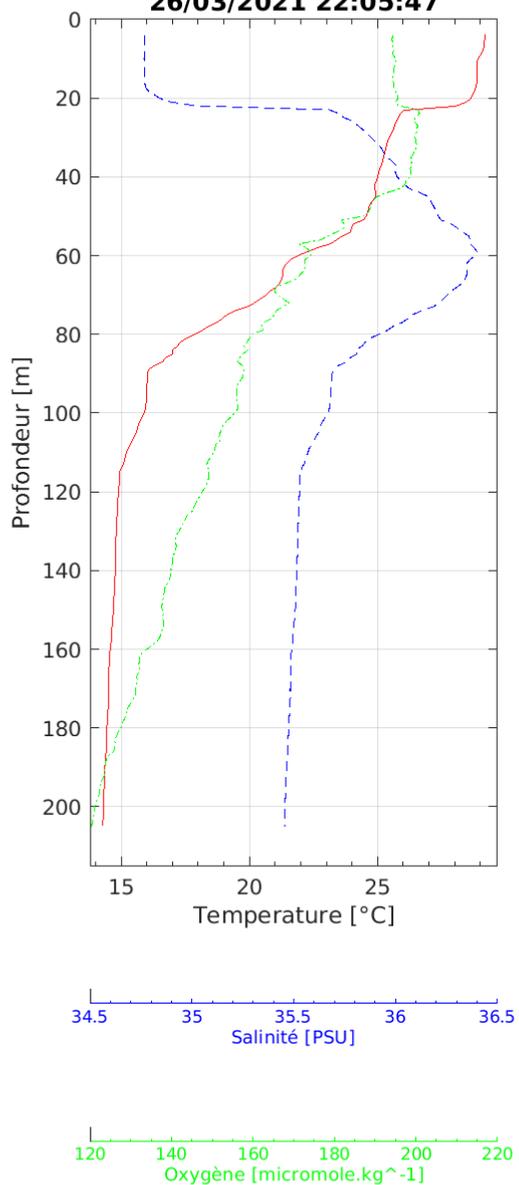
Profil 033 -- 9°50'32"W / 0°0'34"N
26/03/2021 16:04:21



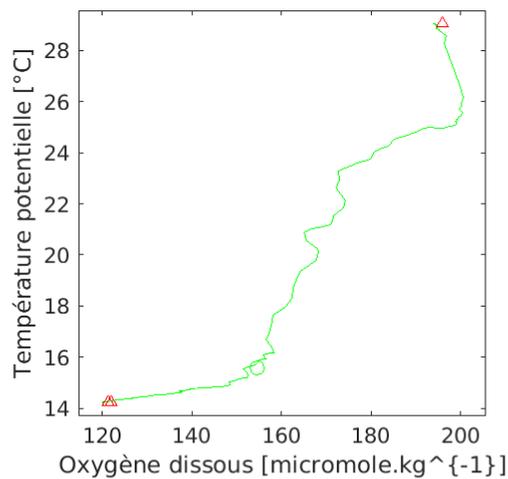
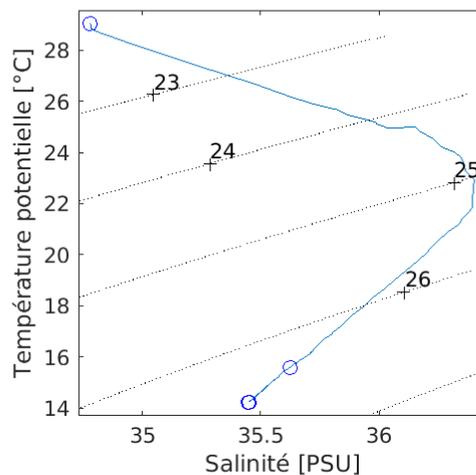
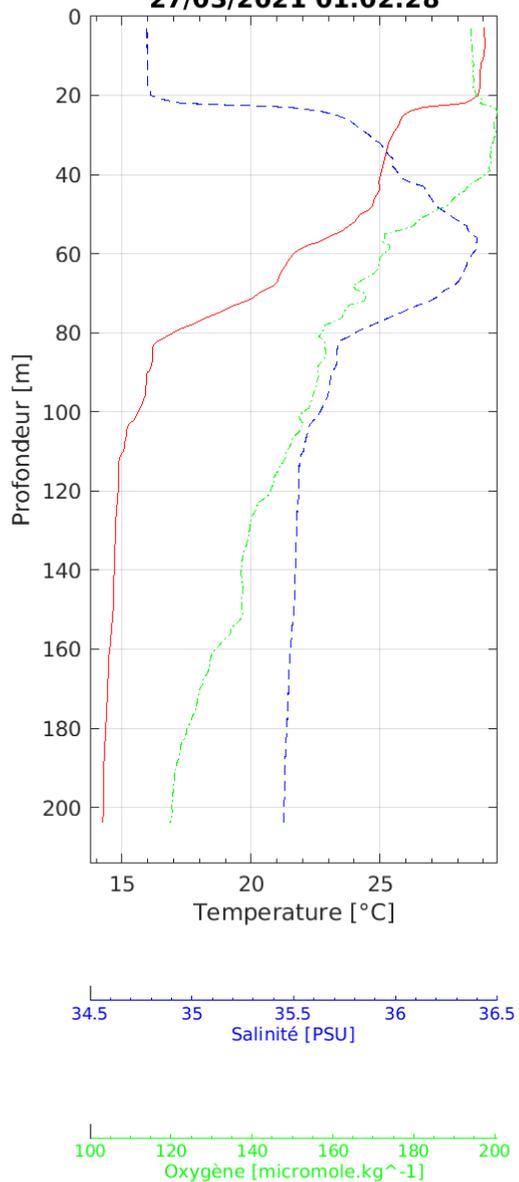
Profil 034 -- 9°50'34"W / 0°0'44"N
26/03/2021 19:04:31



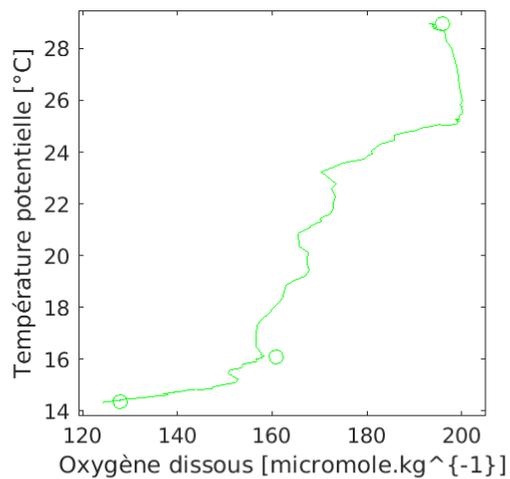
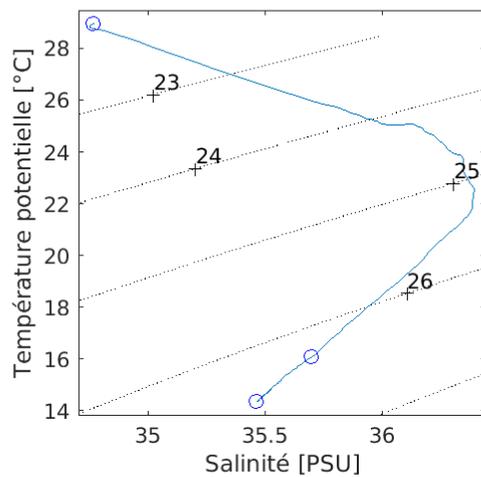
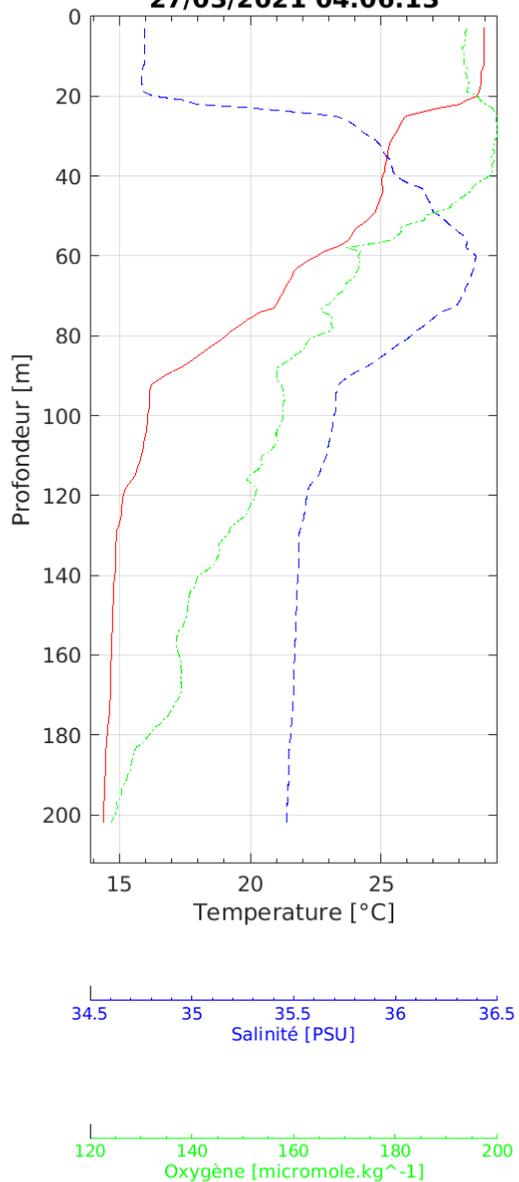
Profil 035 -- 9°50'17"W / 0°0'46"N
26/03/2021 22:05:47



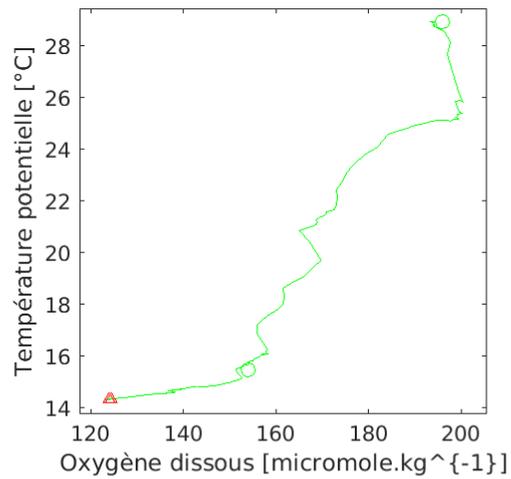
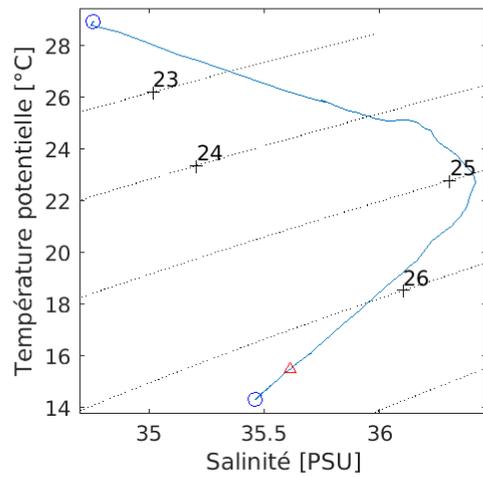
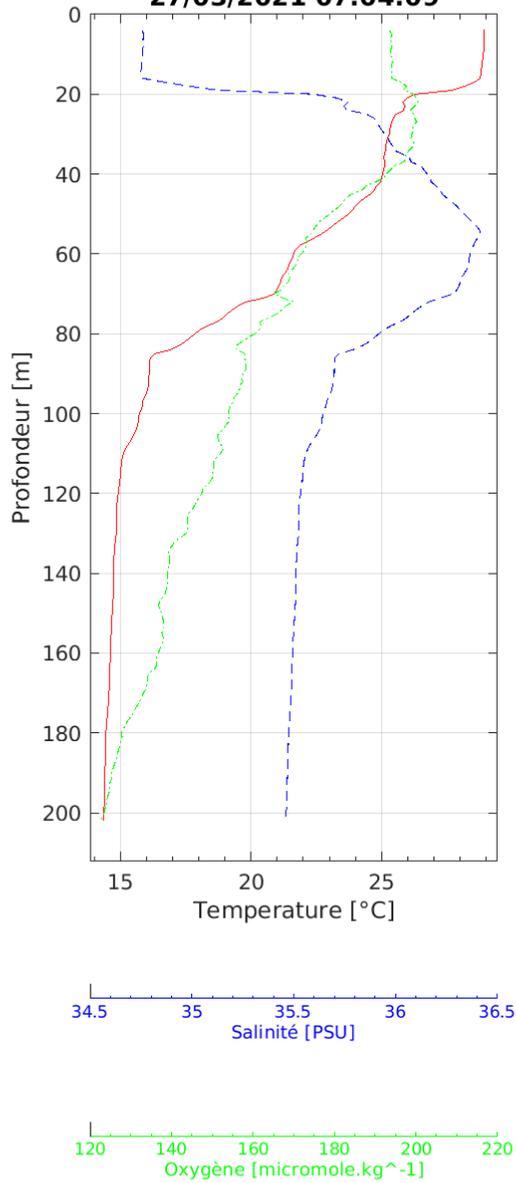
Profil 036 -- 9°50'15"W / 0°0'46"N
27/03/2021 01:02:28

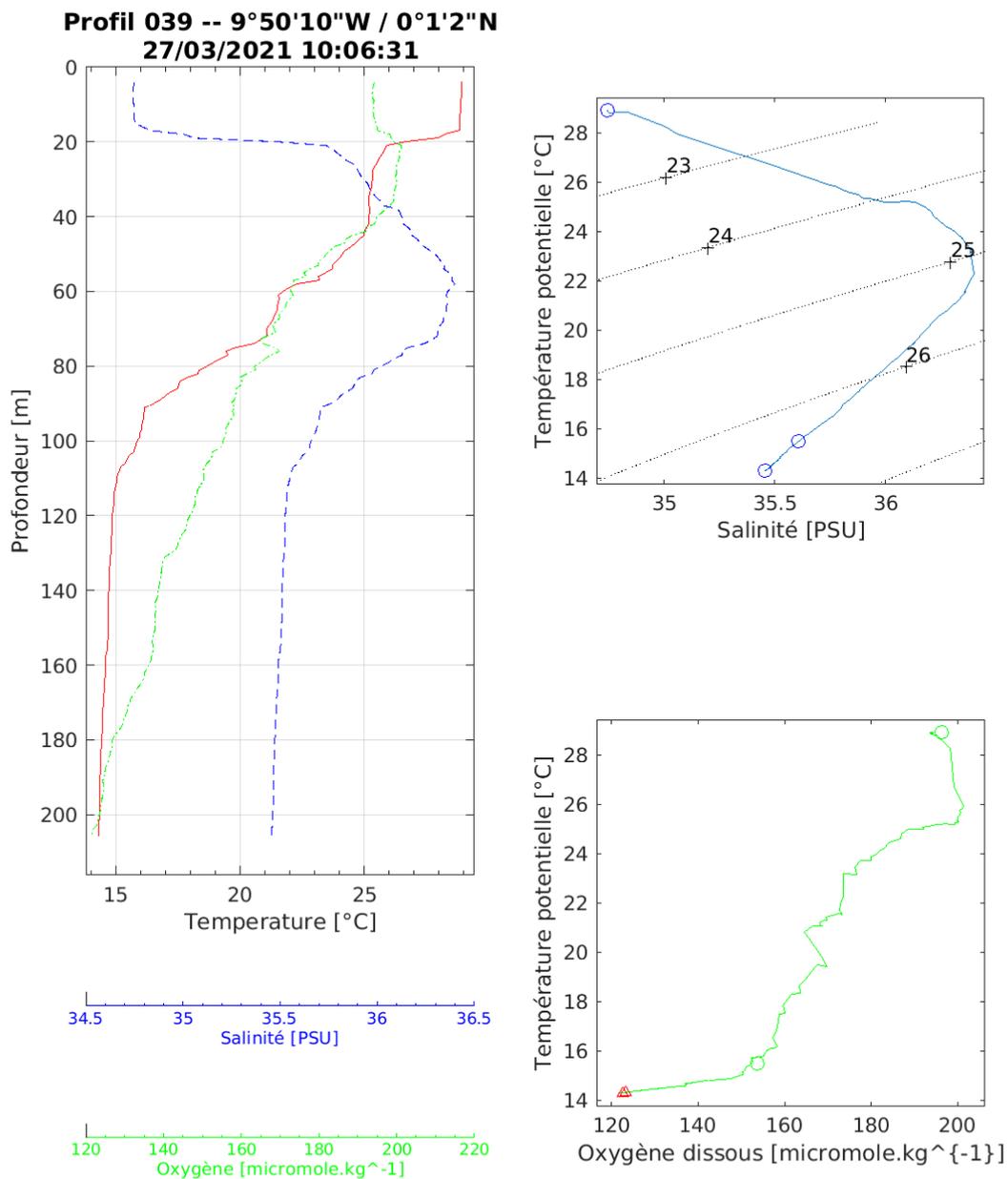


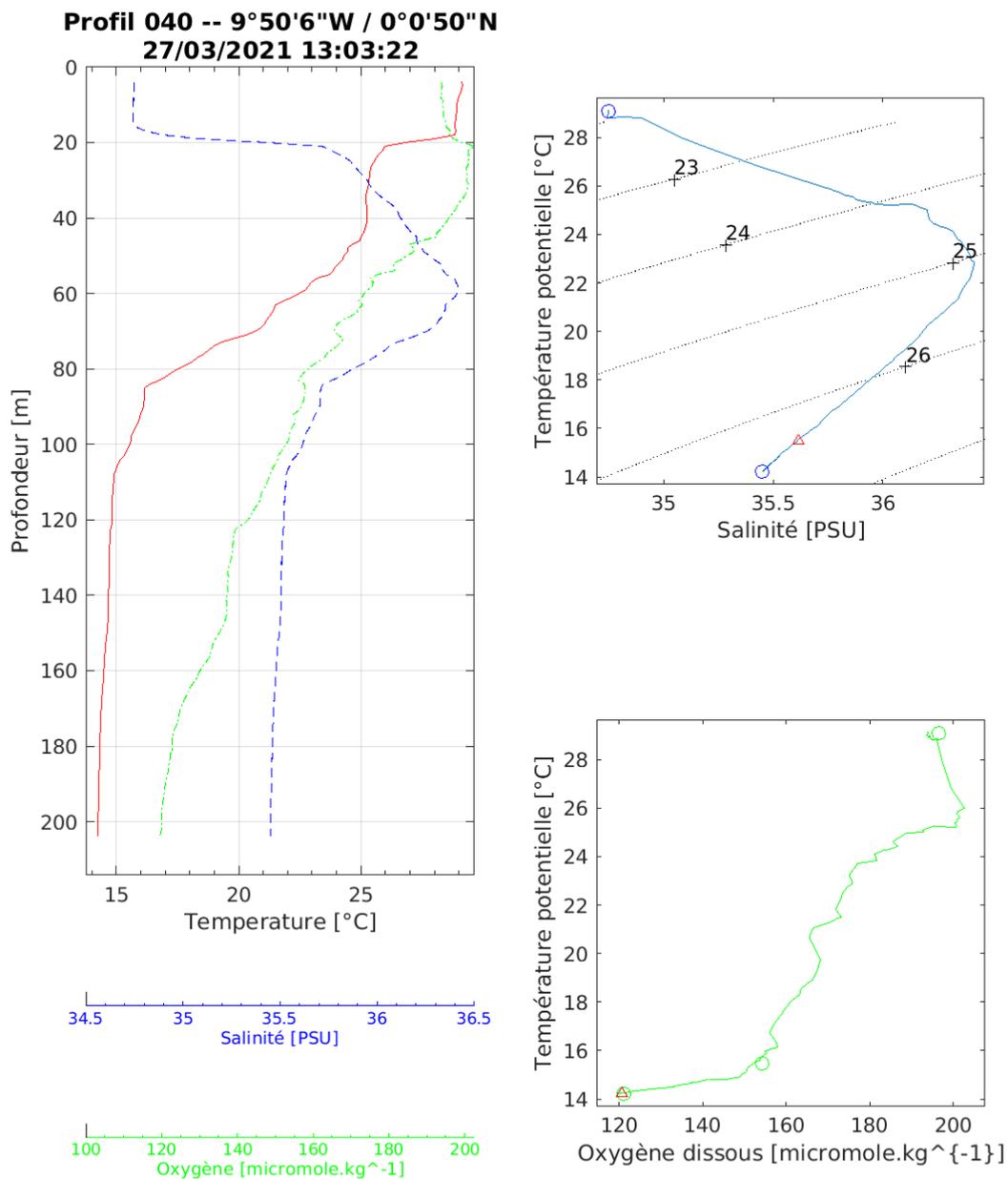
Profil 037 -- 9°50'22"W / 0°0'53"N
27/03/2021 04:06:13

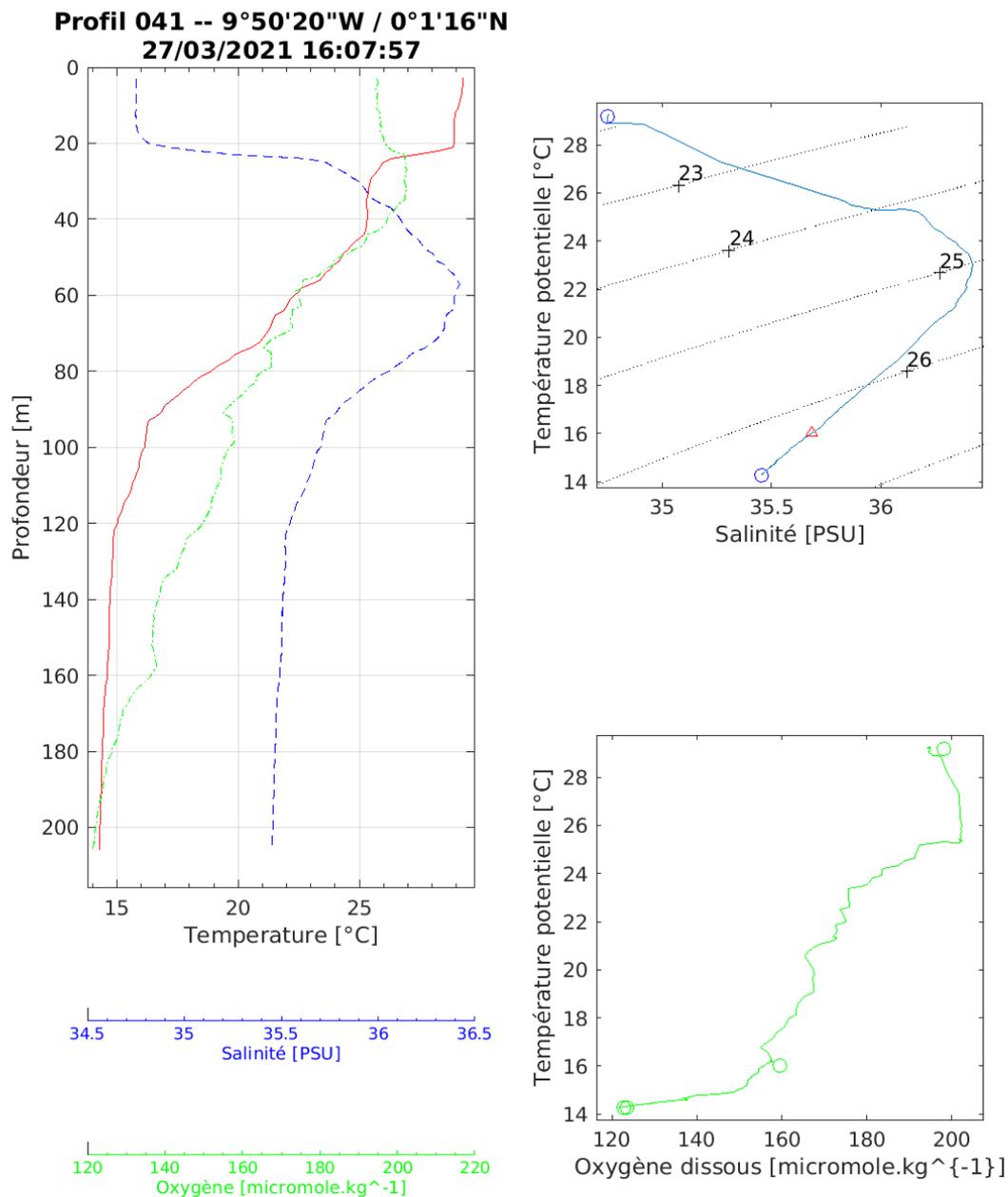


Profil 038 -- 9°50'18"W / 0°0'48"N
27/03/2021 07:04:09

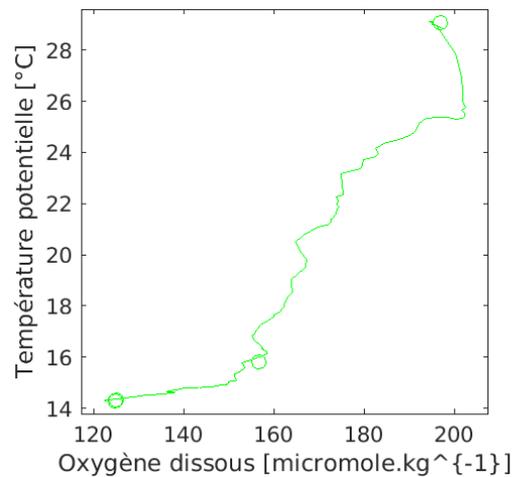
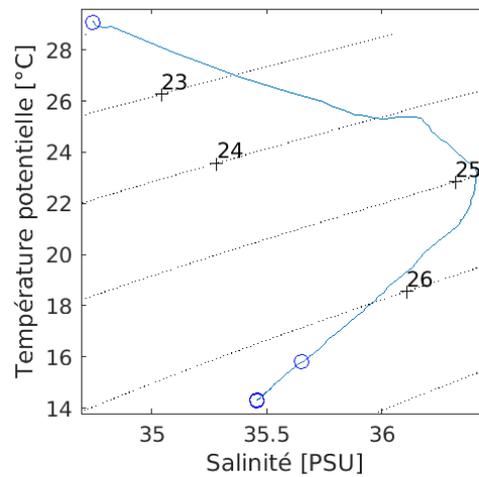
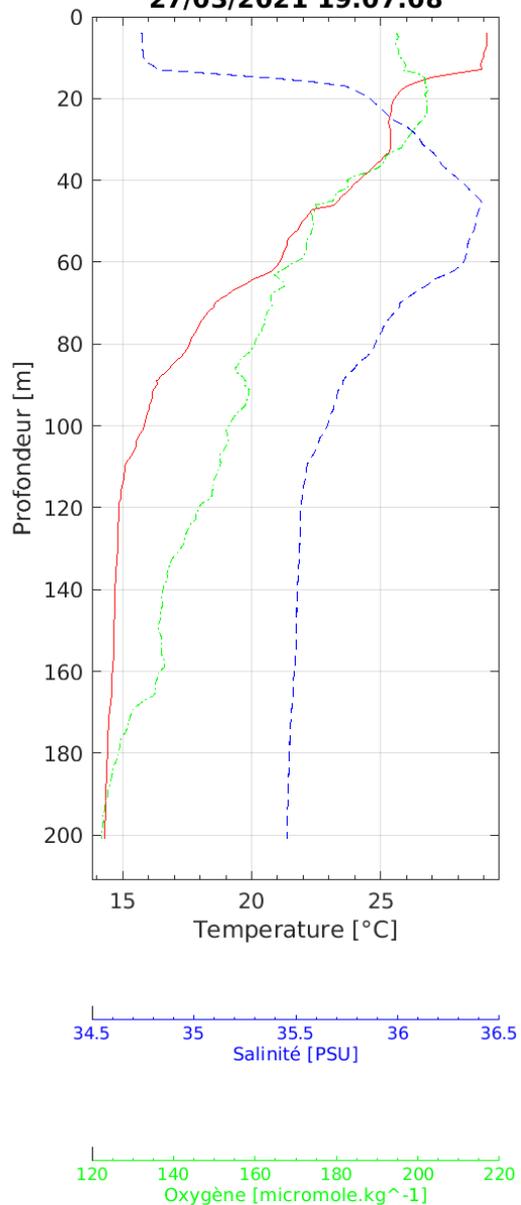




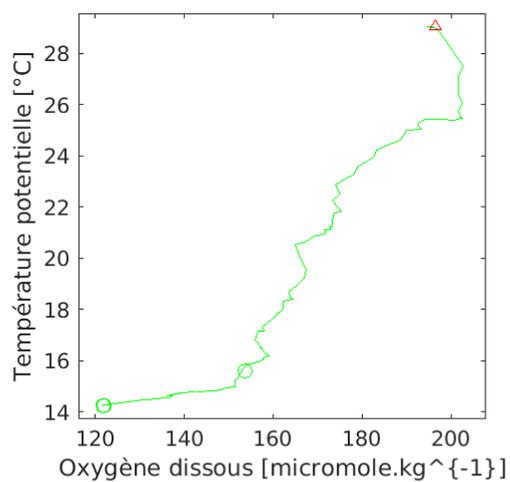
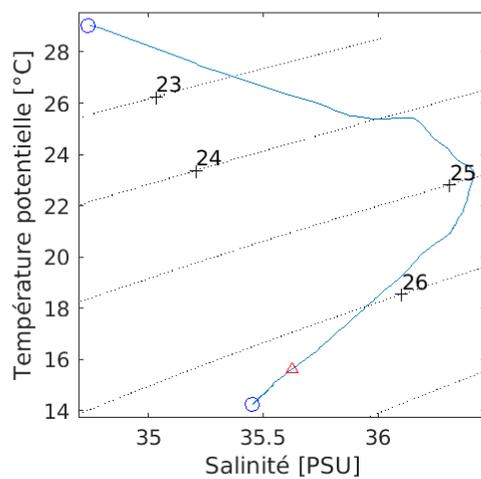
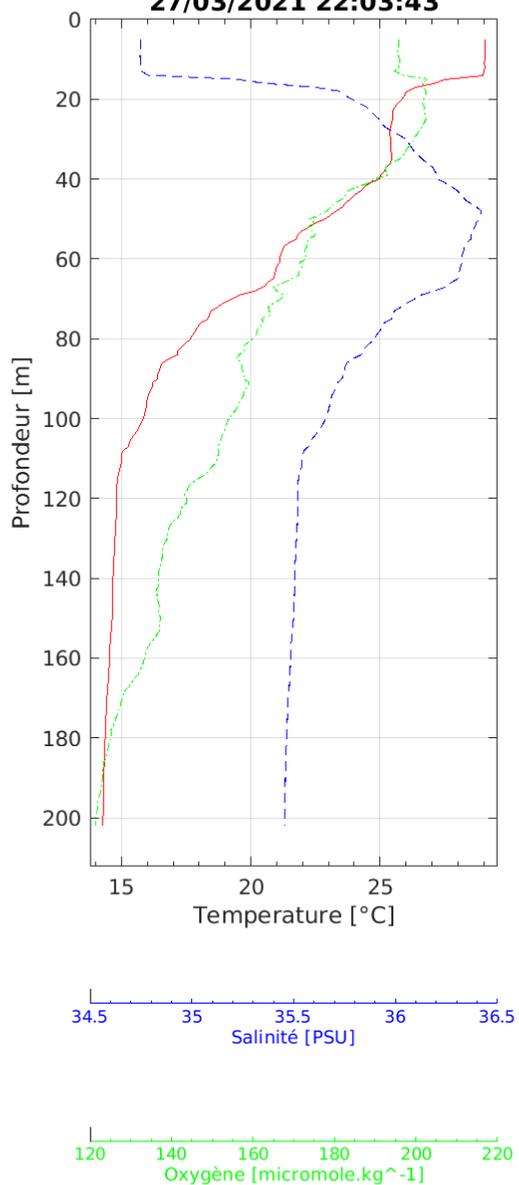




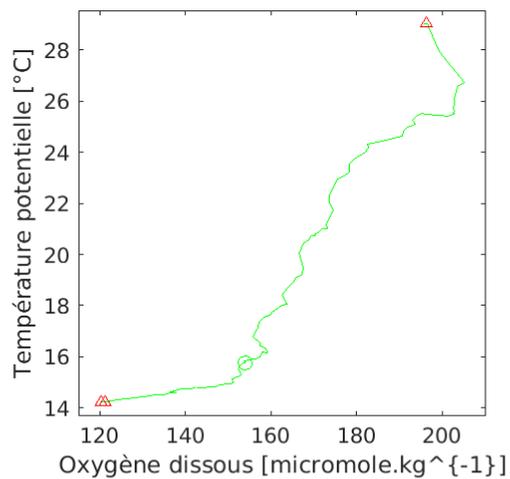
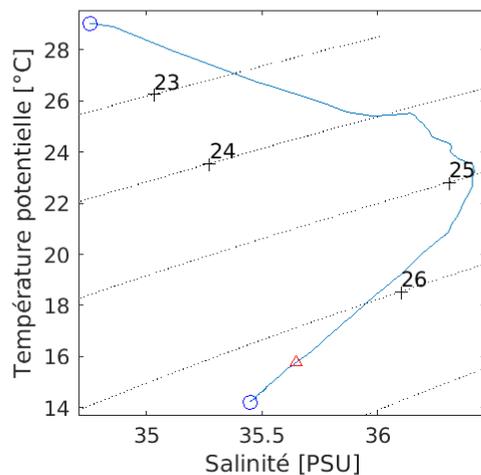
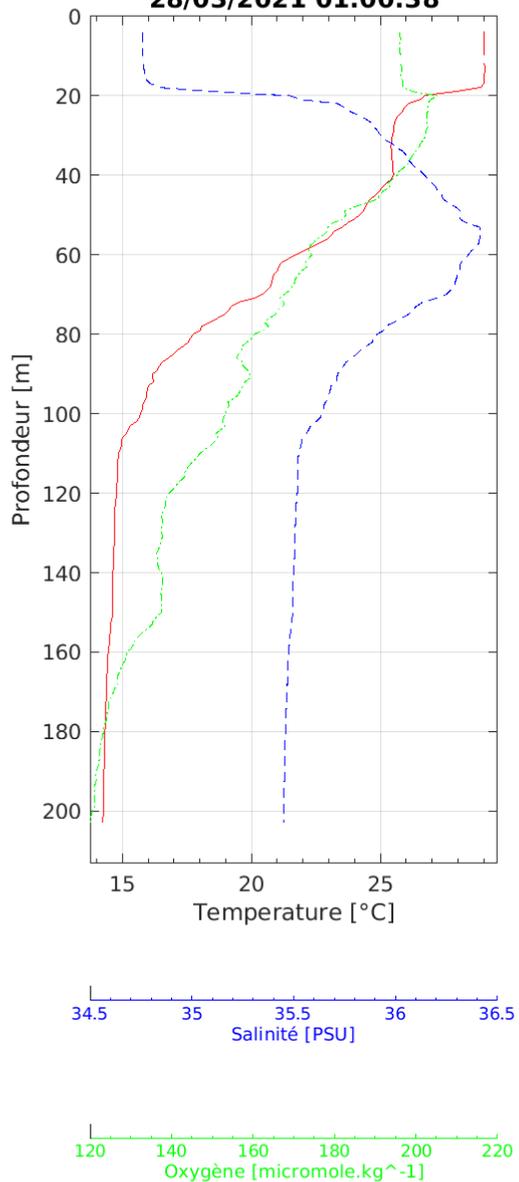
Profil 042 -- 9°50'17"W / 0°1'8"N
27/03/2021 19:07:08

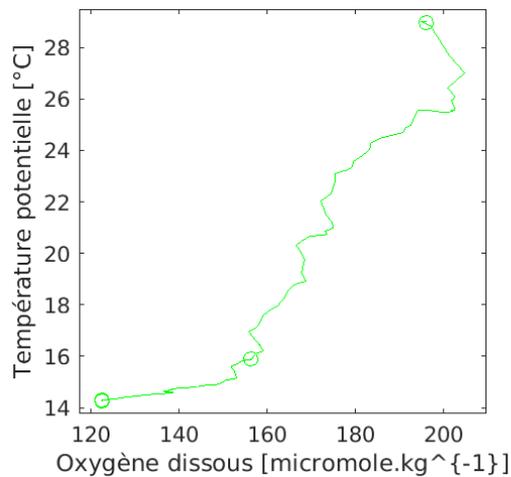
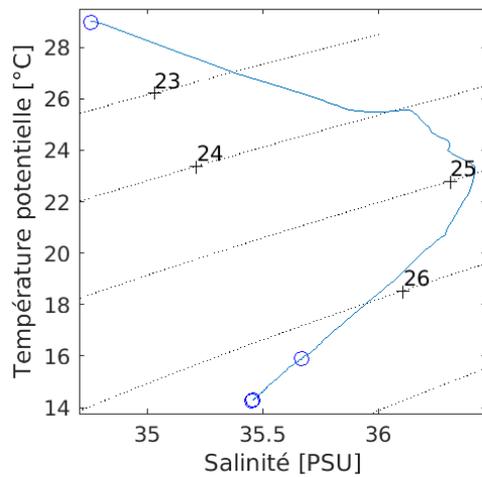
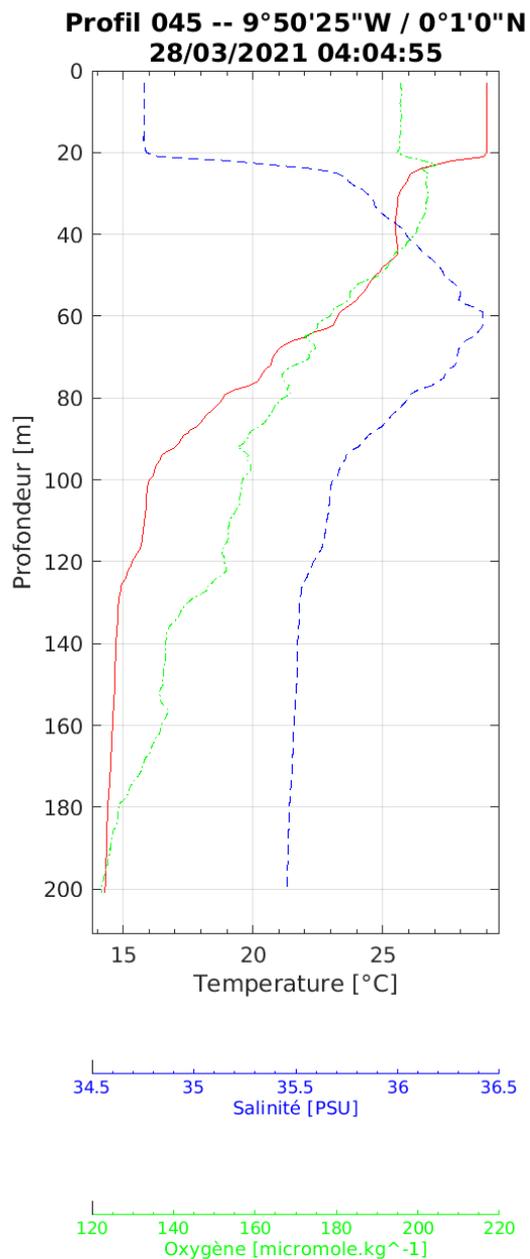


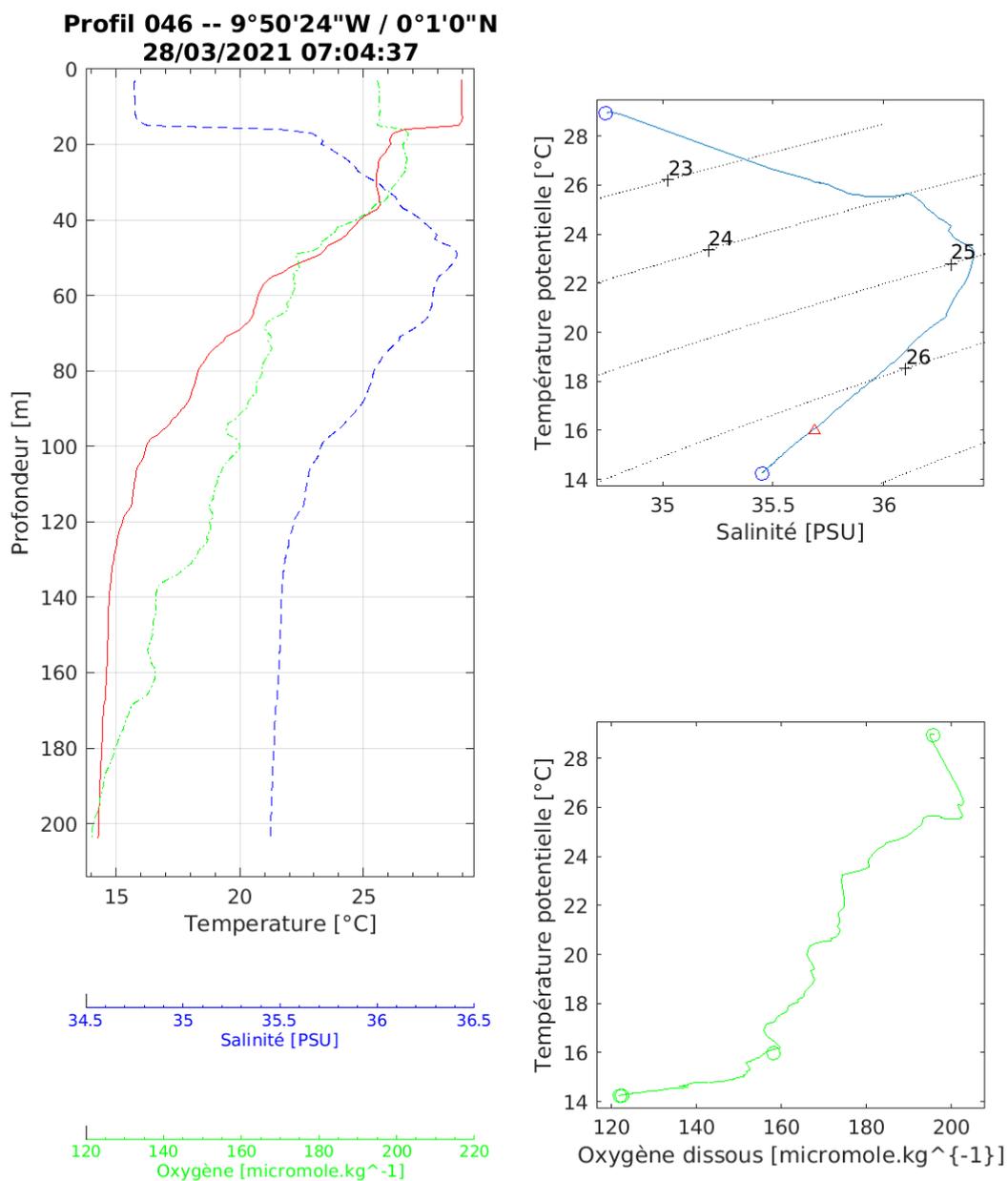
Profil 043 -- 9°50'38"W / 0°0'55"N
27/03/2021 22:03:43

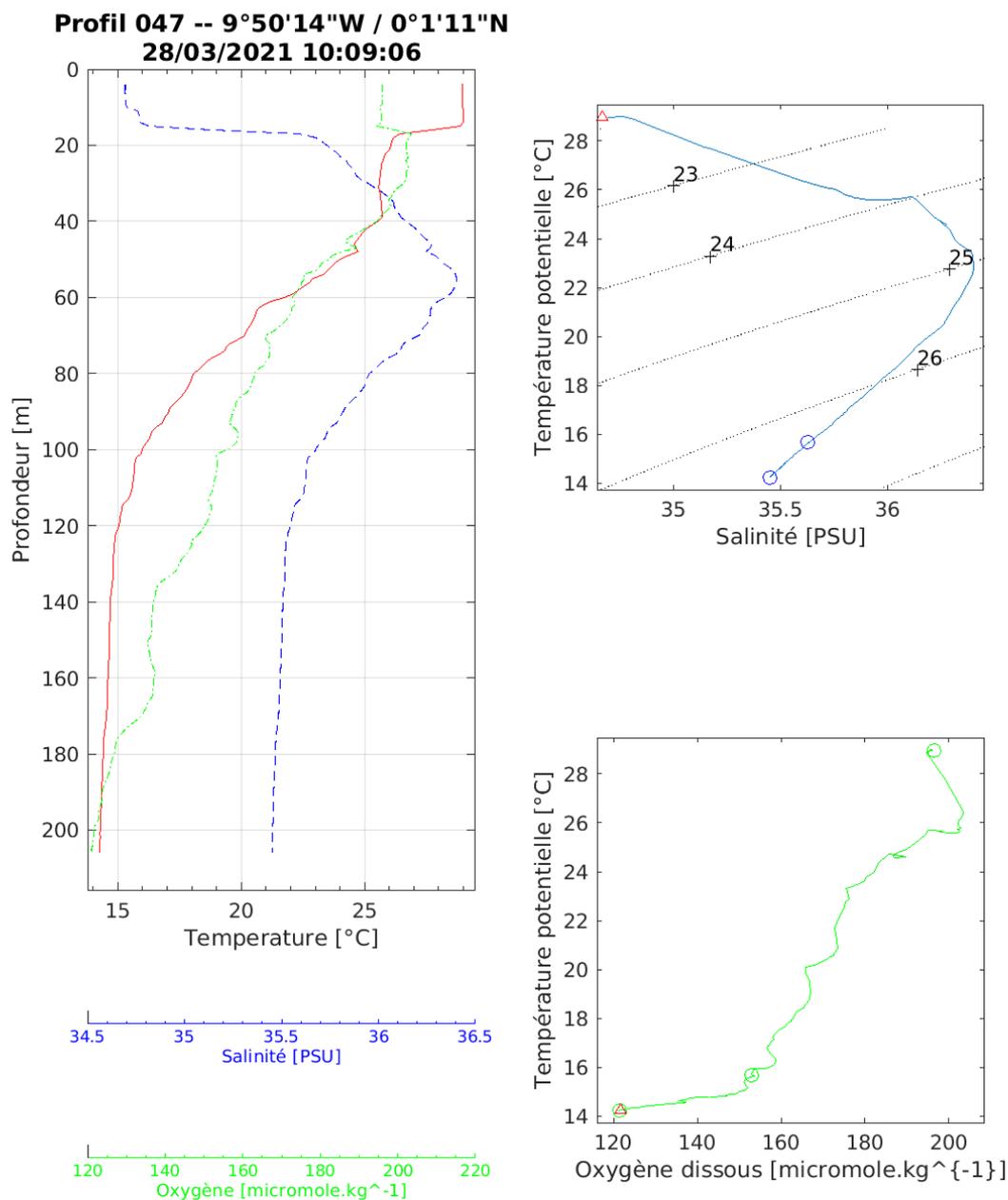


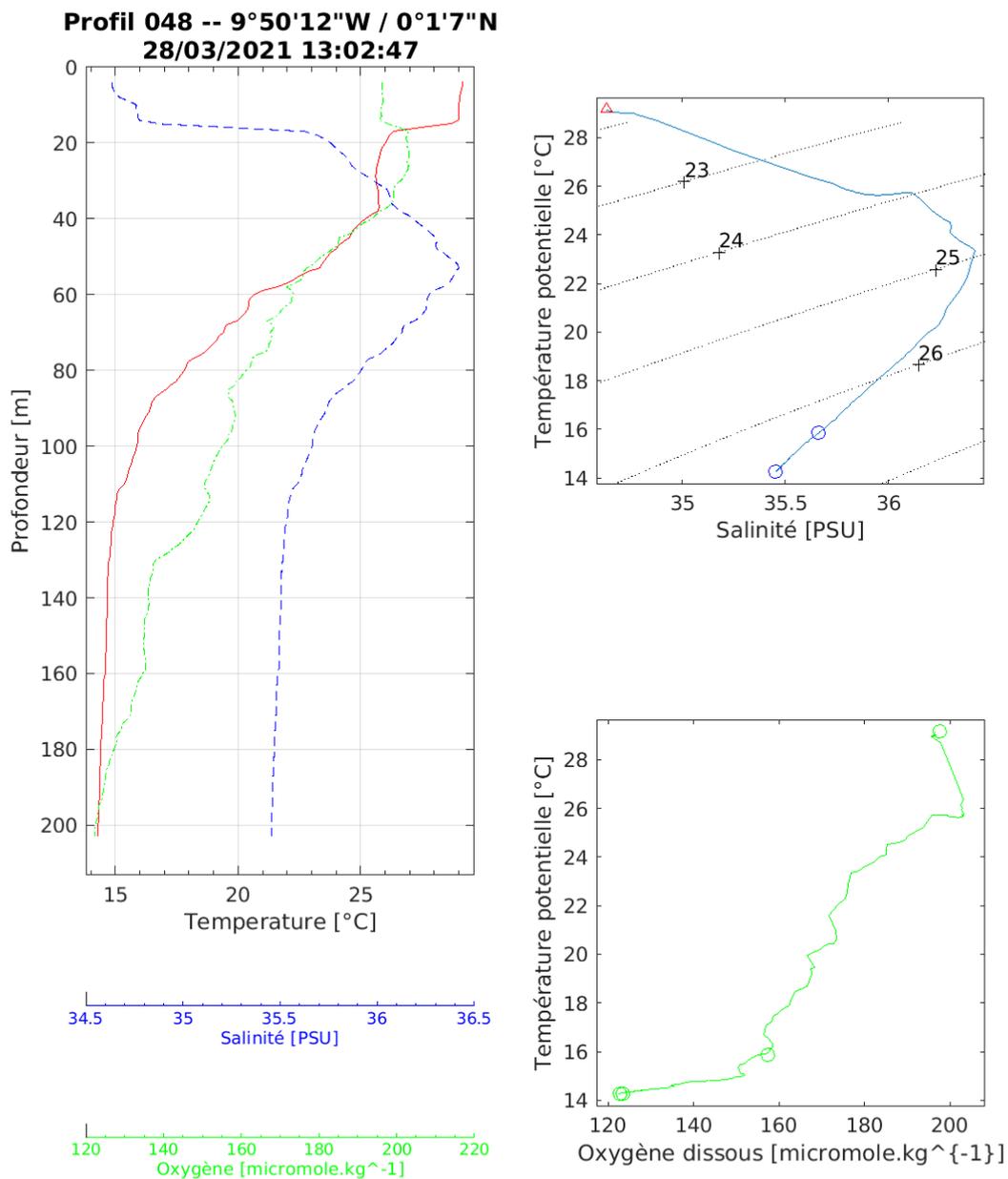
Profil 044 -- 9°50'24"W / 0°0'58"N
28/03/2021 01:00:38

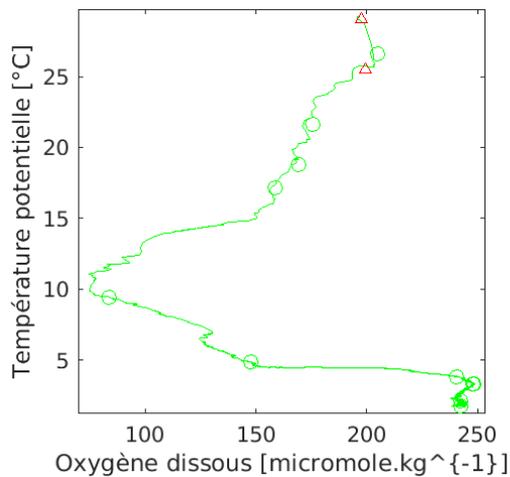
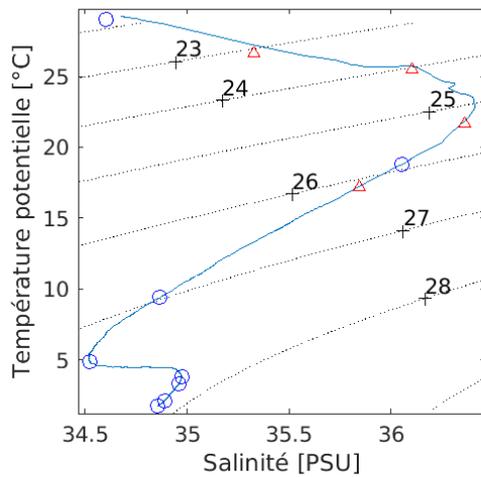
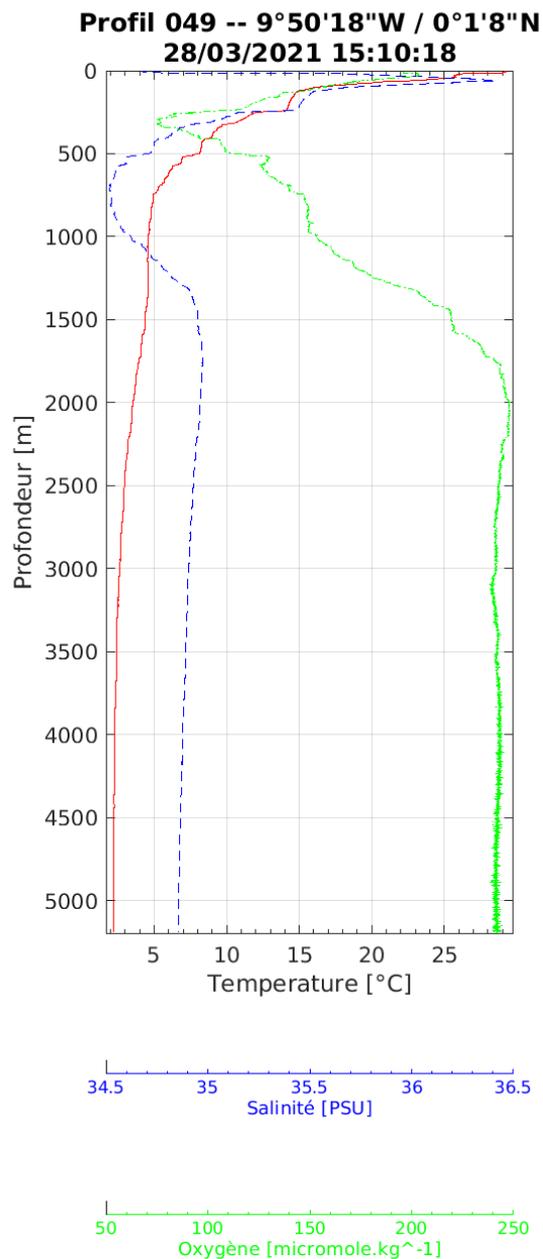


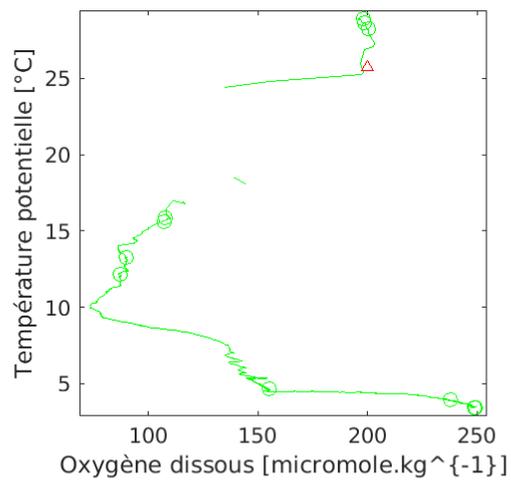
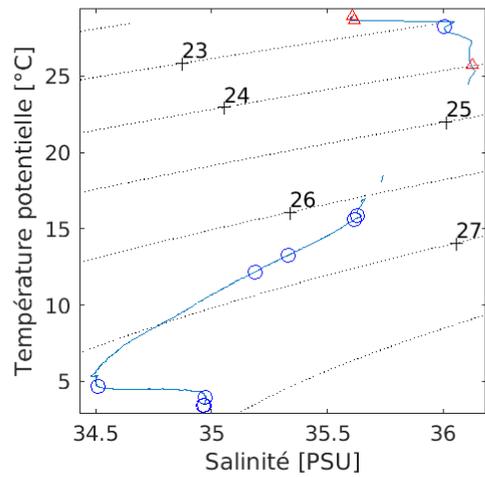
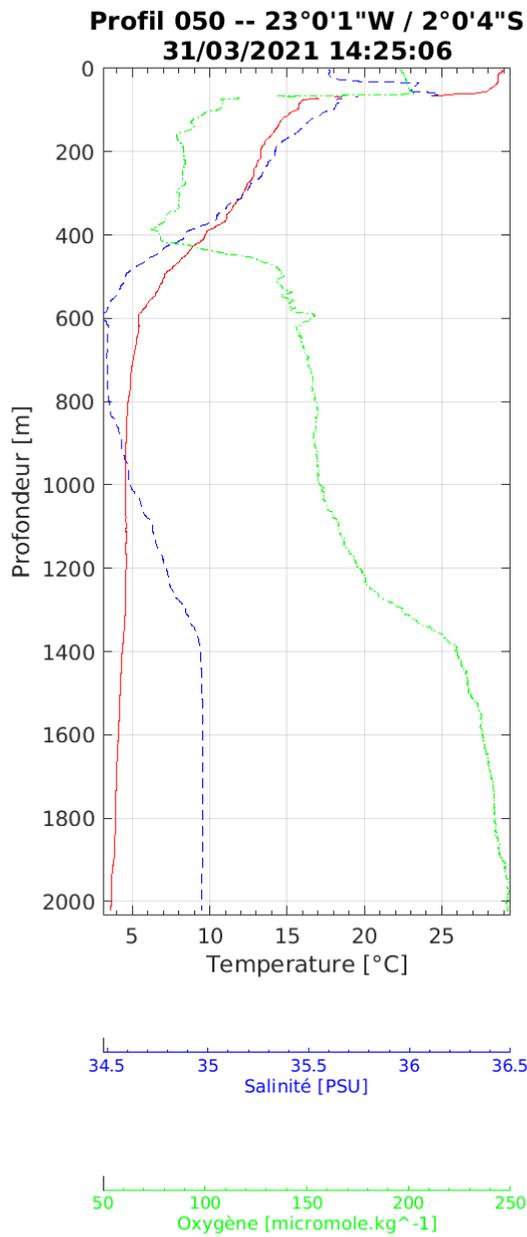


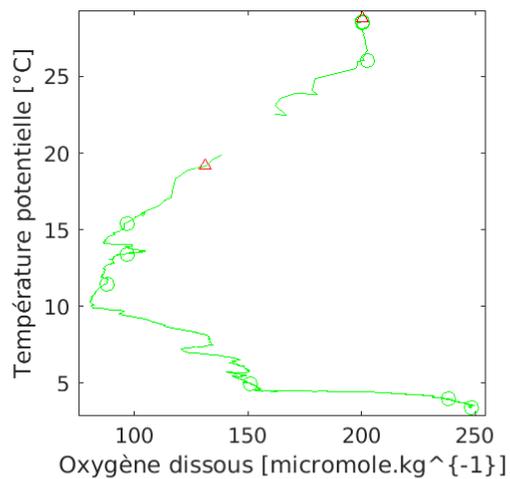
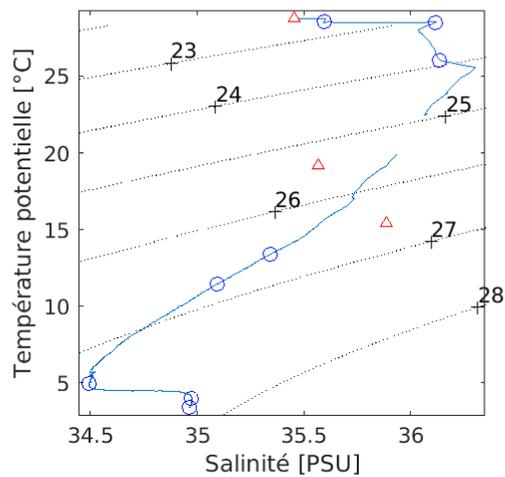
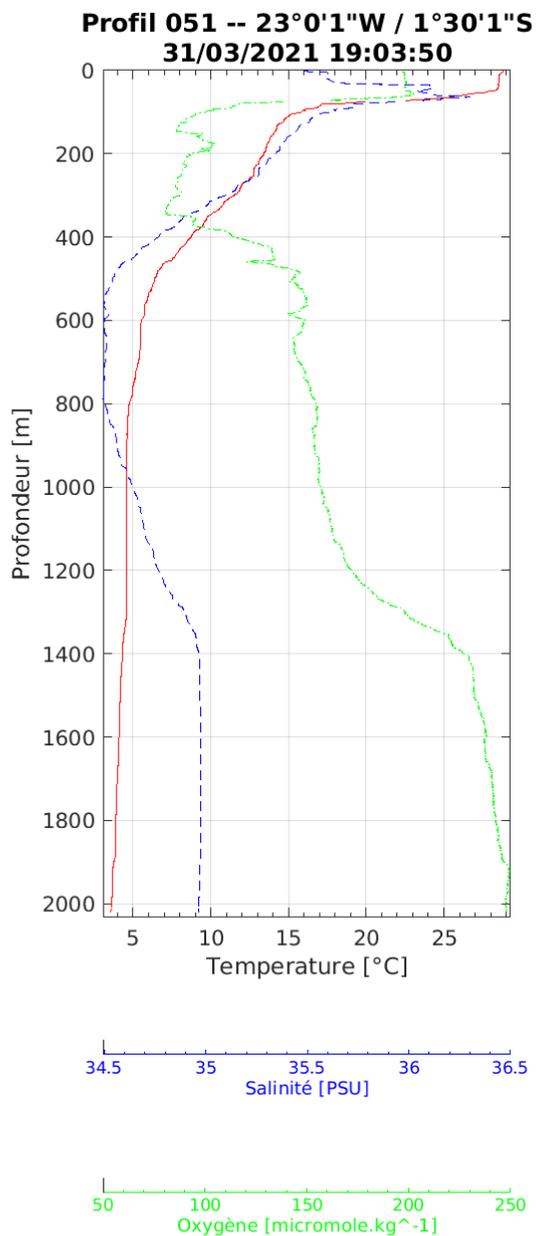


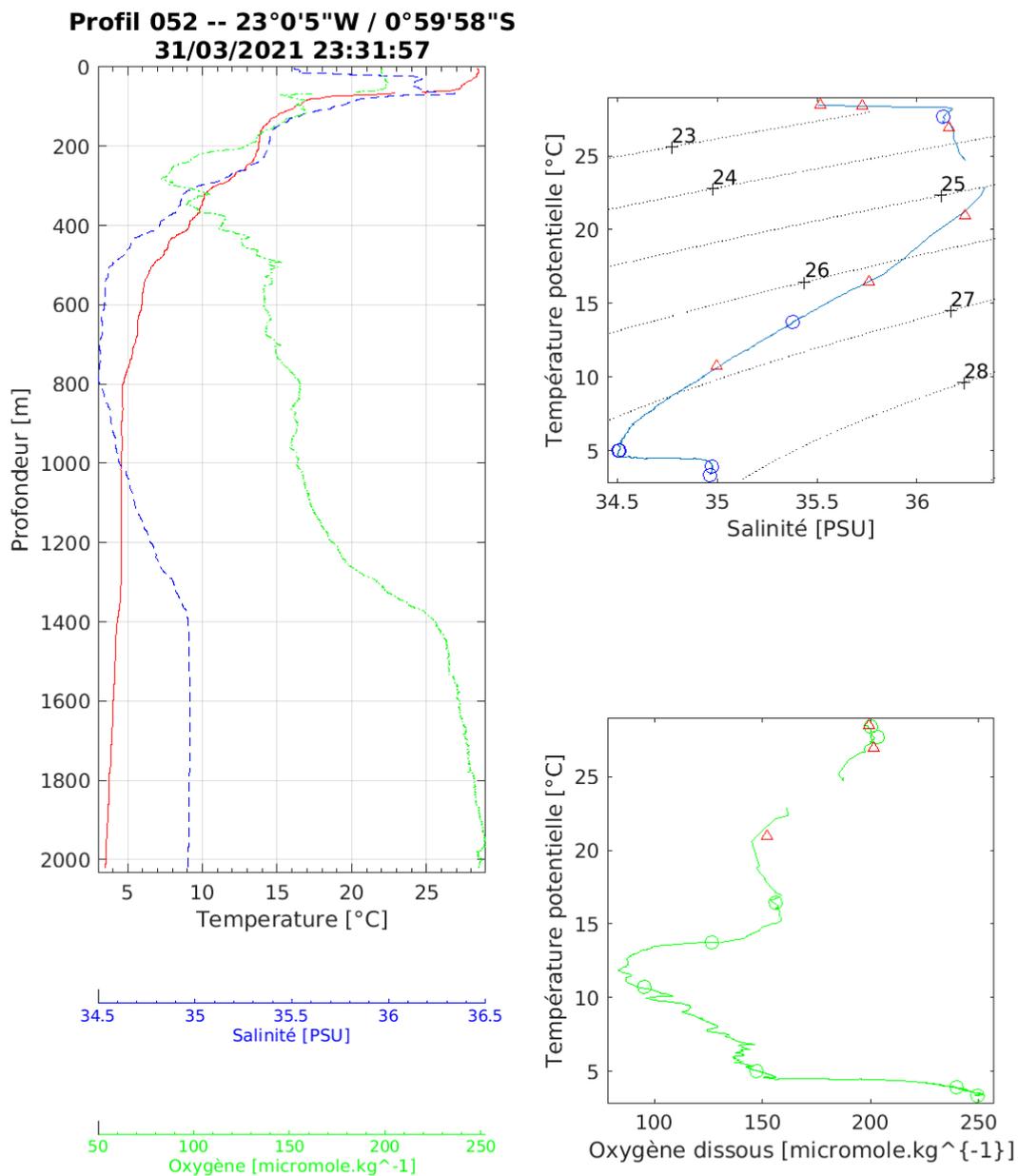


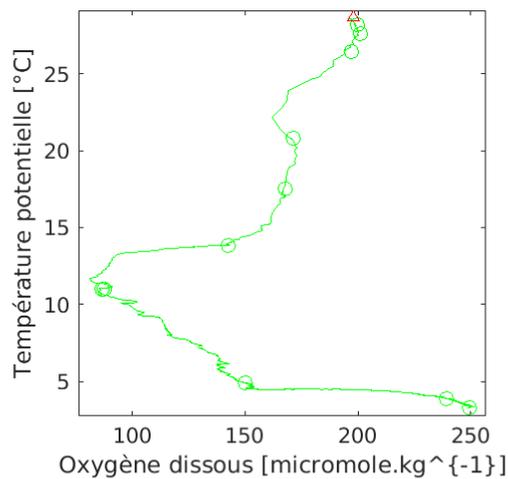
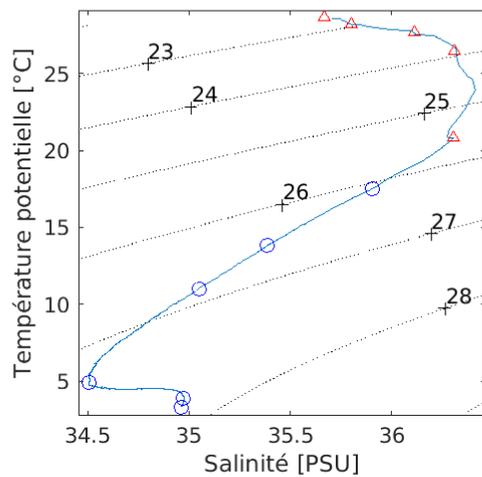
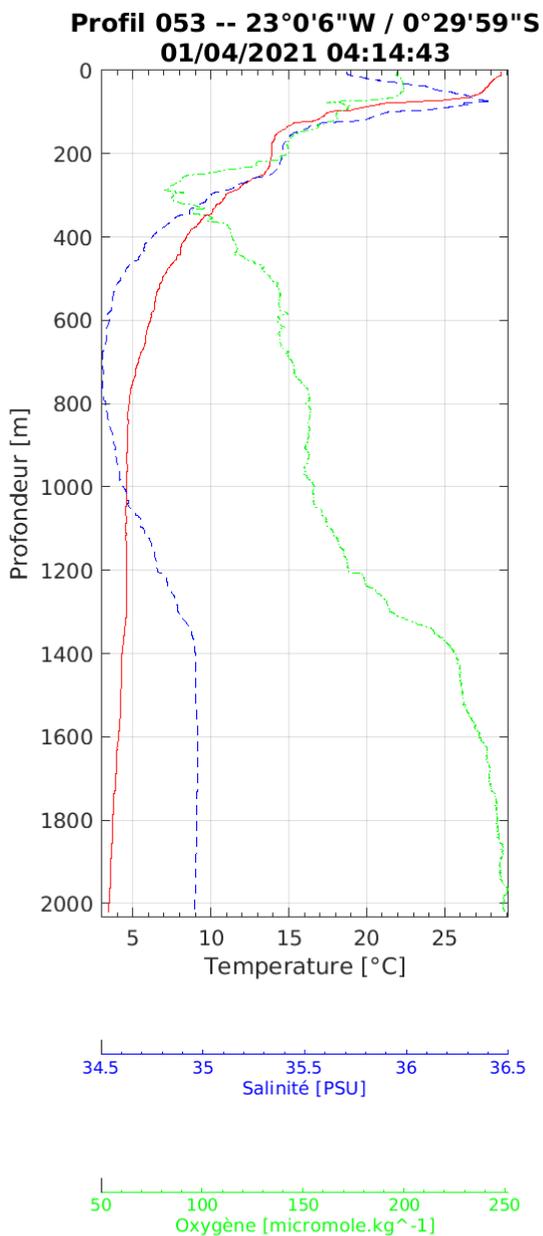






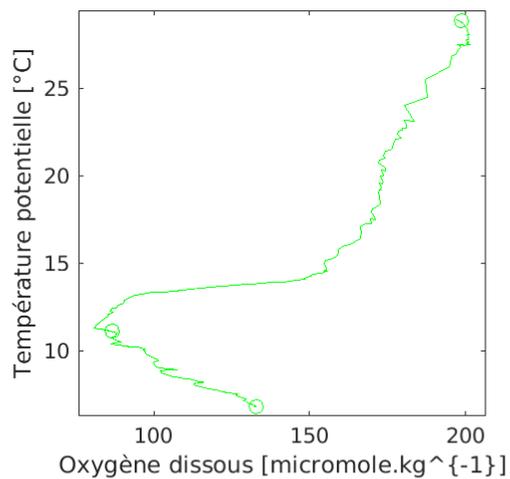
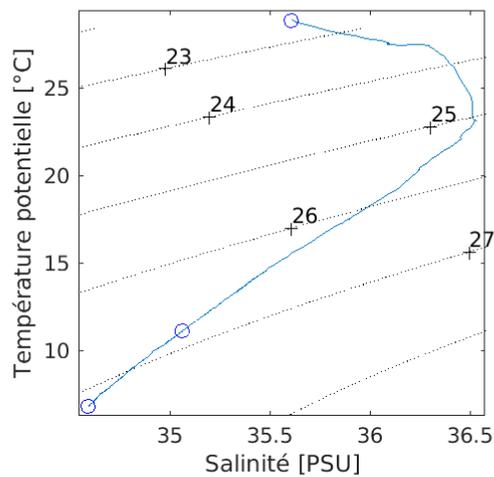
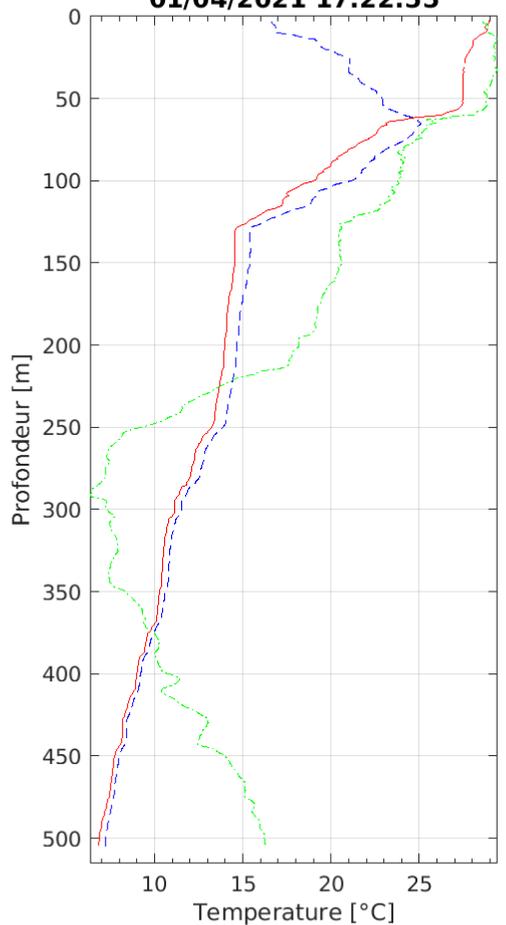


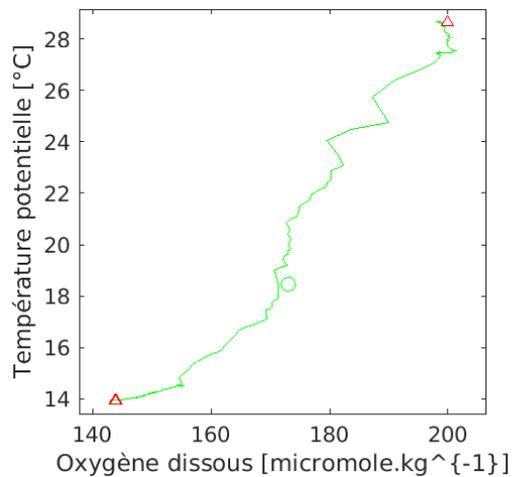
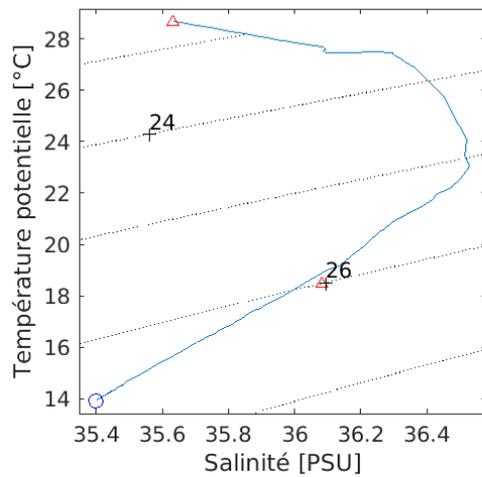
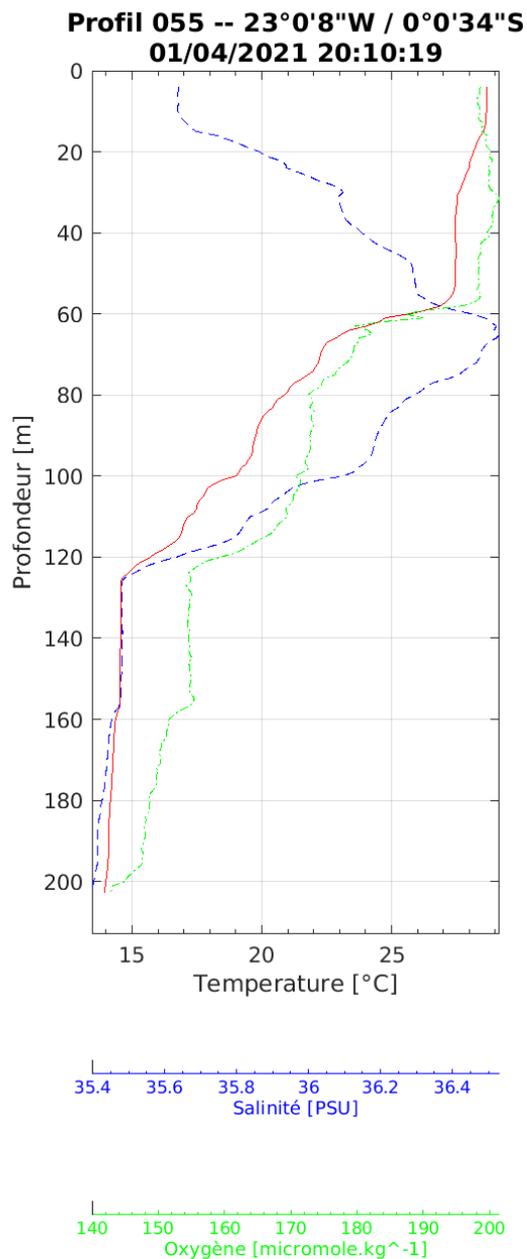




Profil 054 -- 22°59'36"W / 0°0'24"S

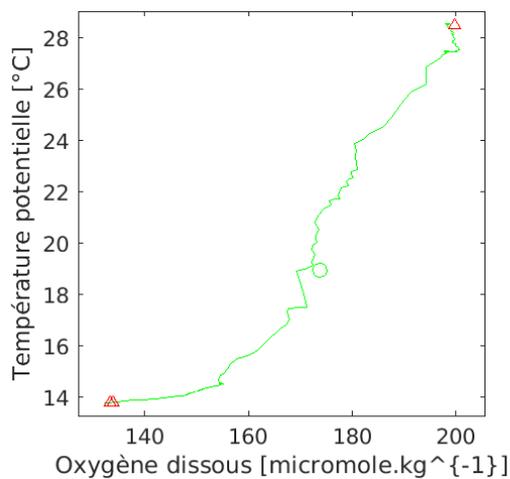
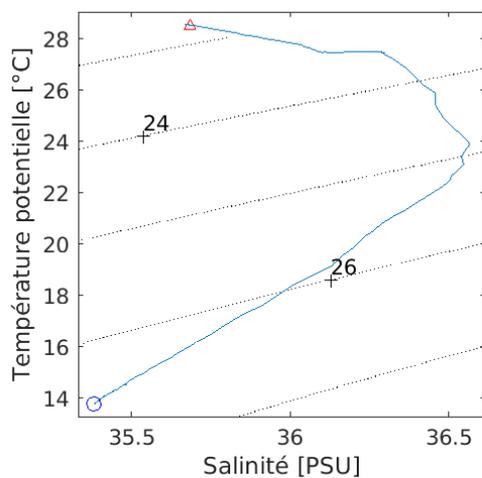
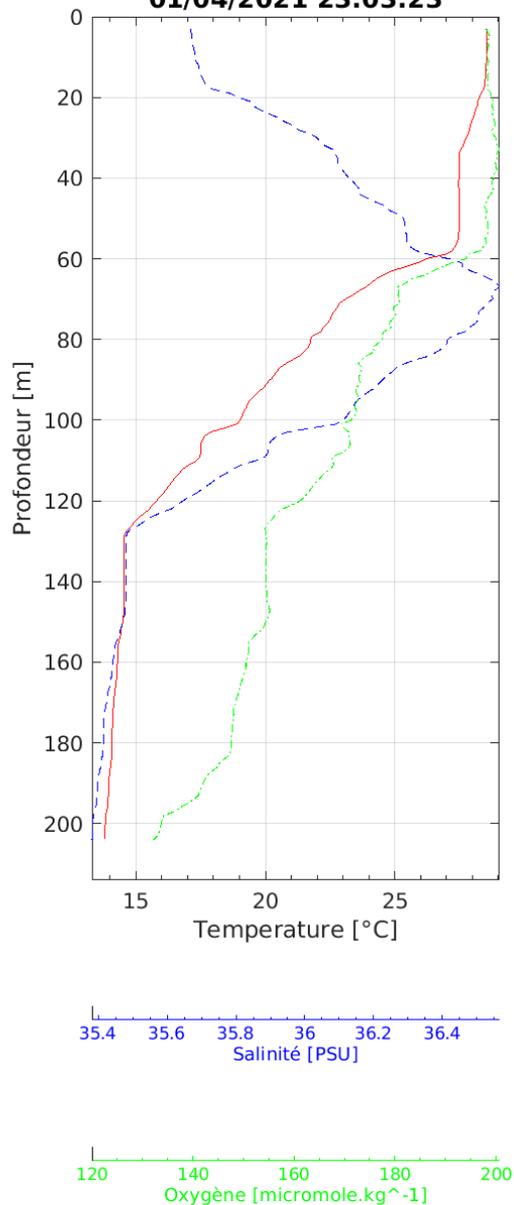
01/04/2021 17:22:55





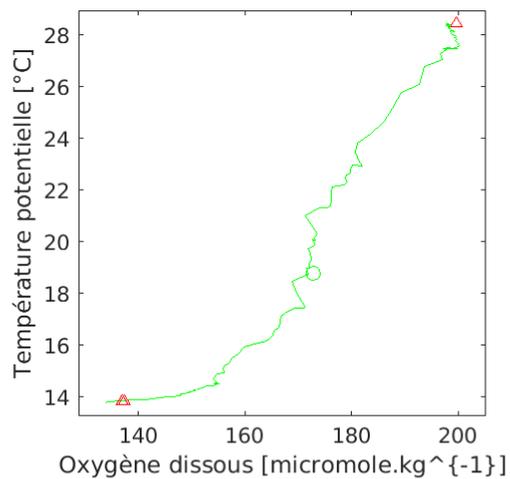
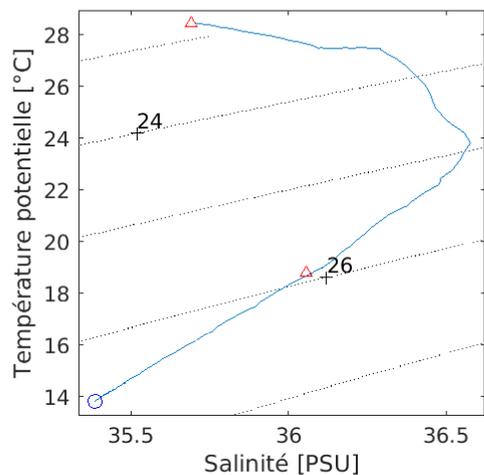
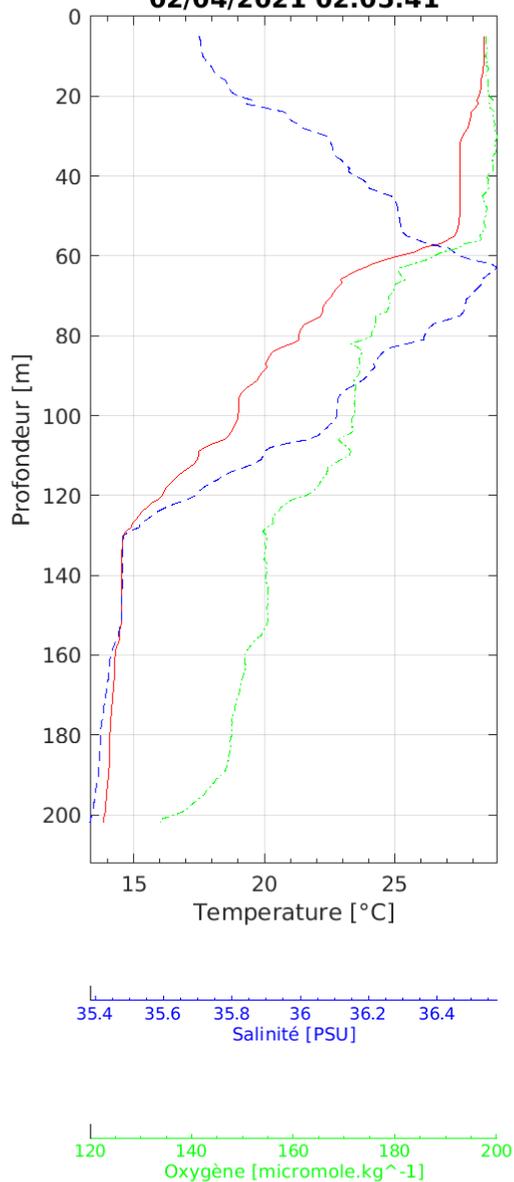
Profil 056 -- 23°0'11"W / 0°0'24"S

01/04/2021 23:03:23



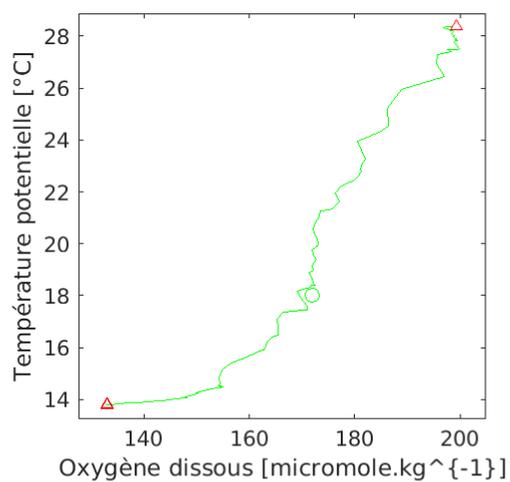
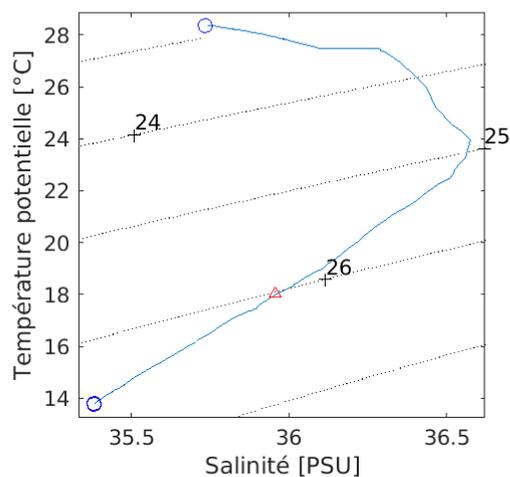
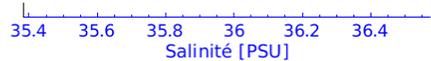
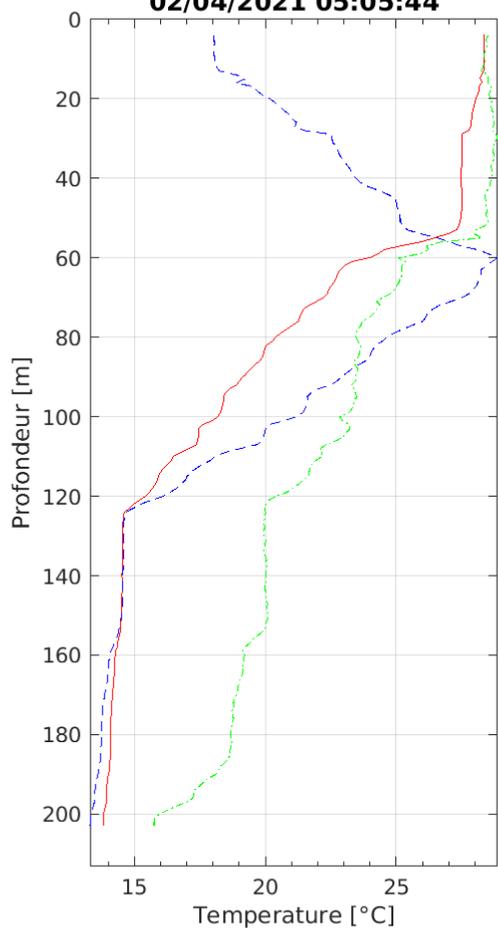
Profil 057 -- 22°59'32"W / 0°0'25"S

02/04/2021 02:05:41

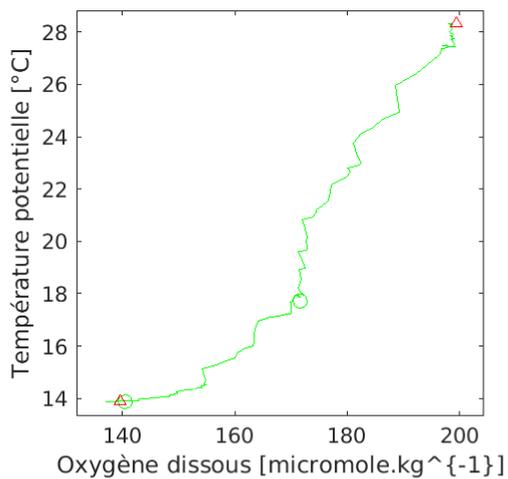
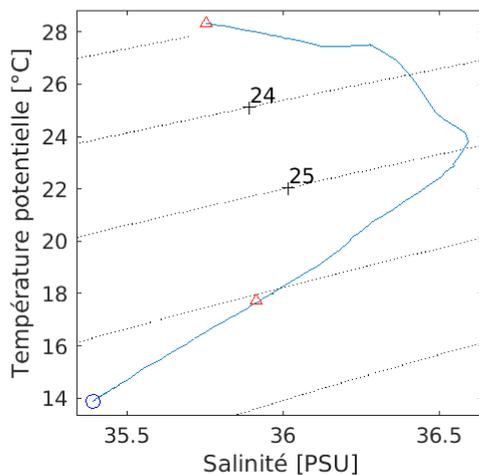
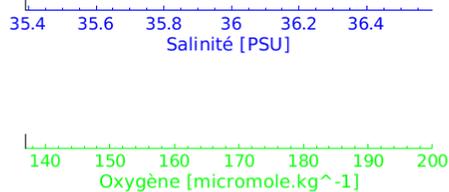
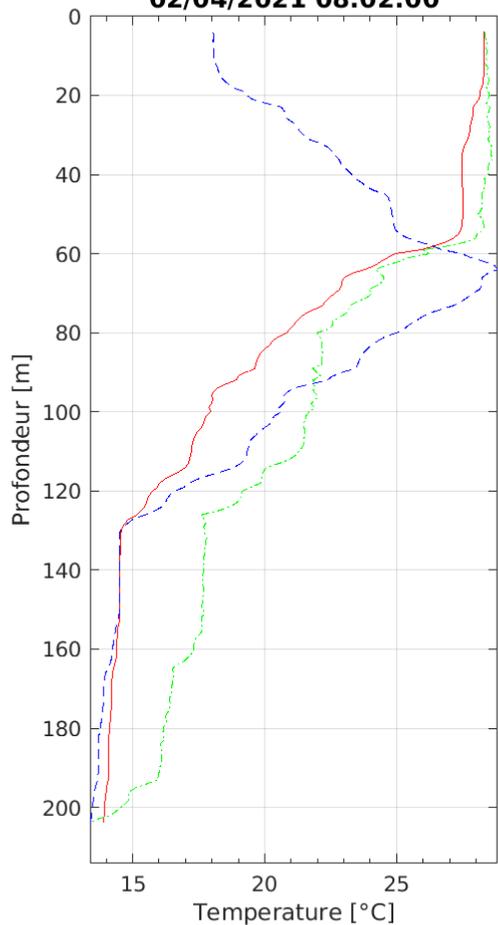


Profil 058 -- 22°59'14"W / 0°0'28"S

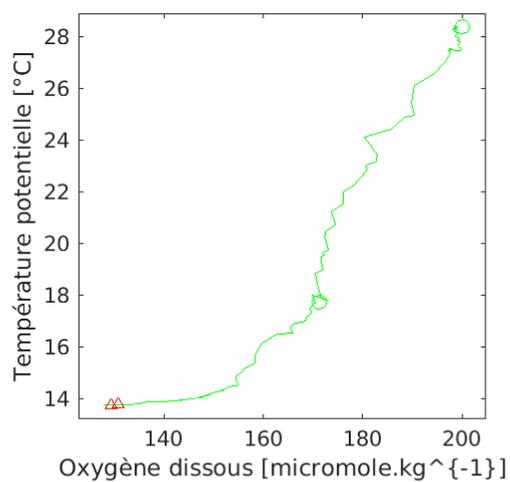
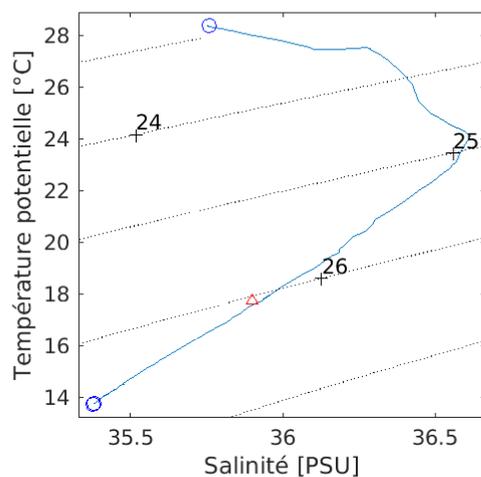
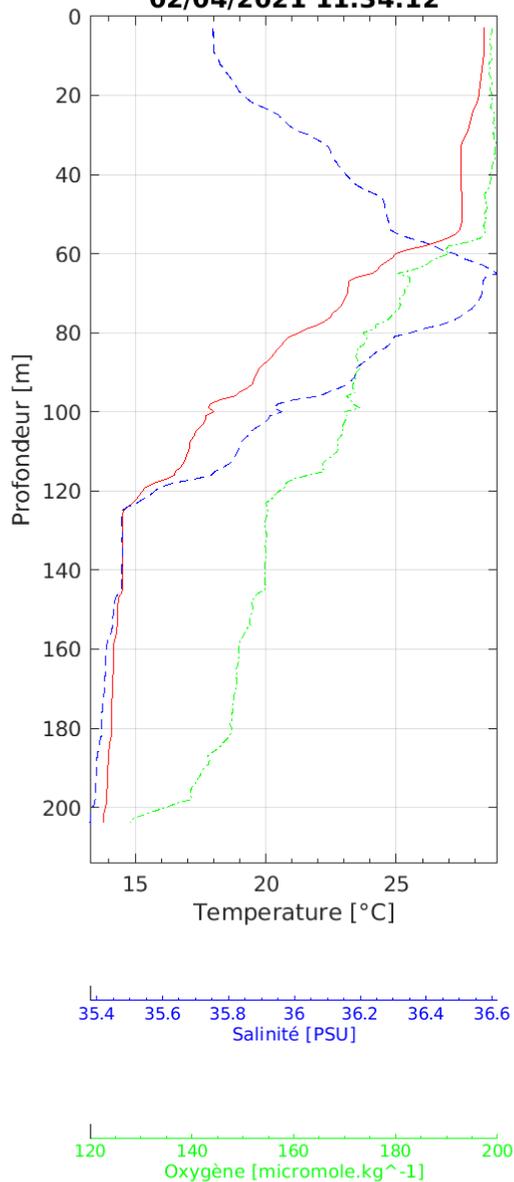
02/04/2021 05:05:44



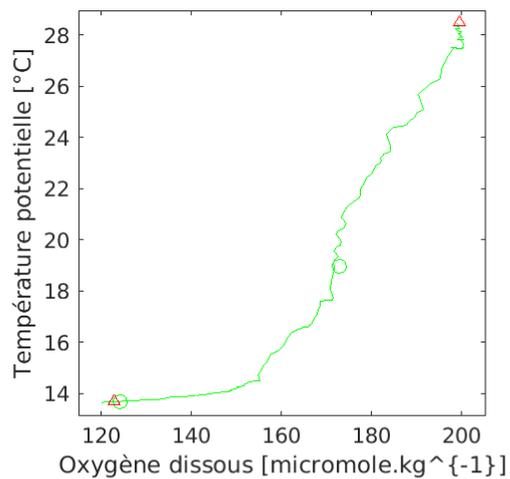
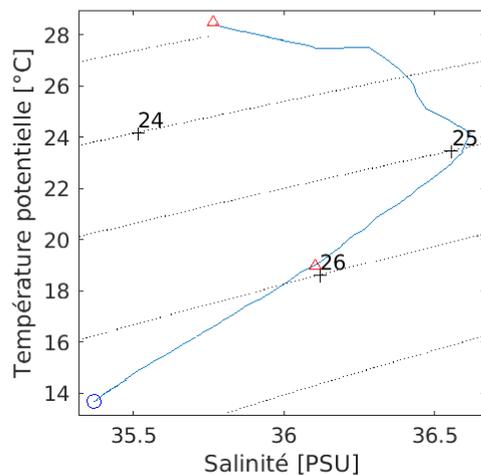
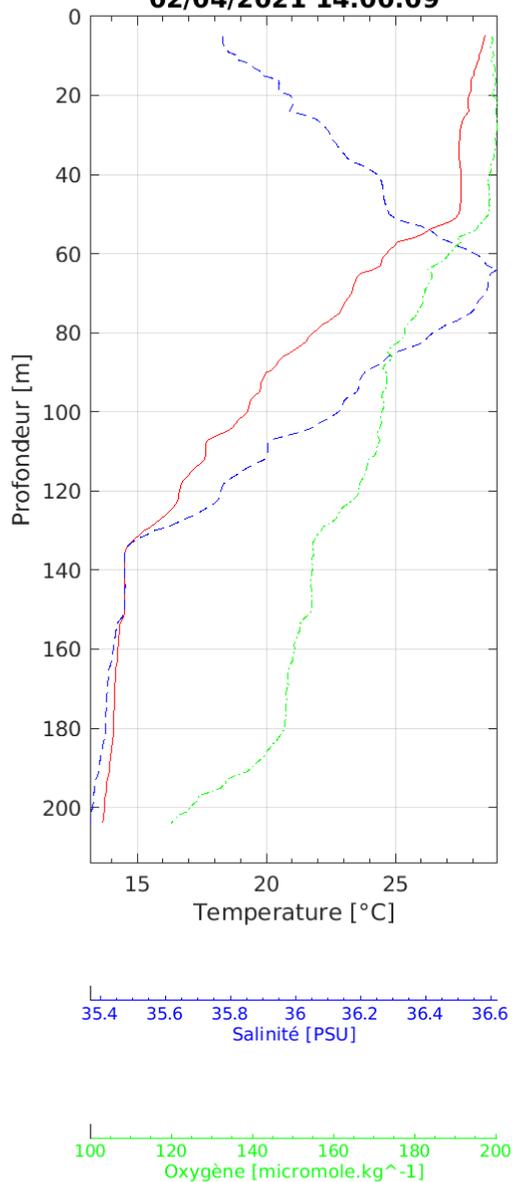
Profil 059 -- 22°59'21"W / 0°0'33"S
02/04/2021 08:02:00



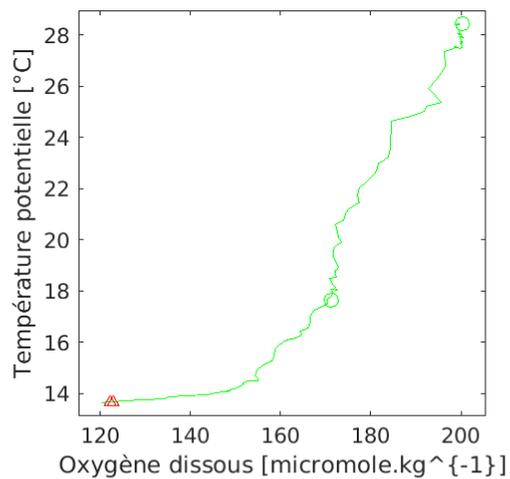
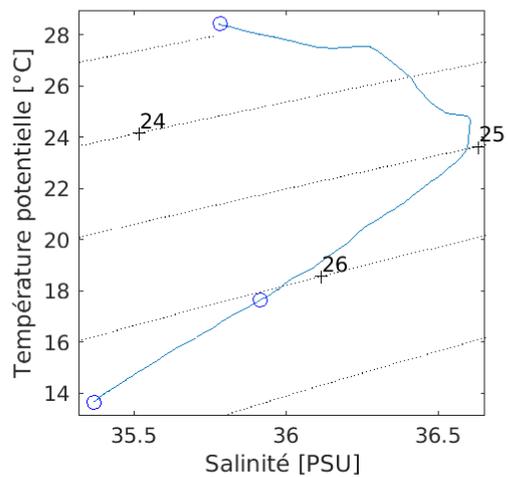
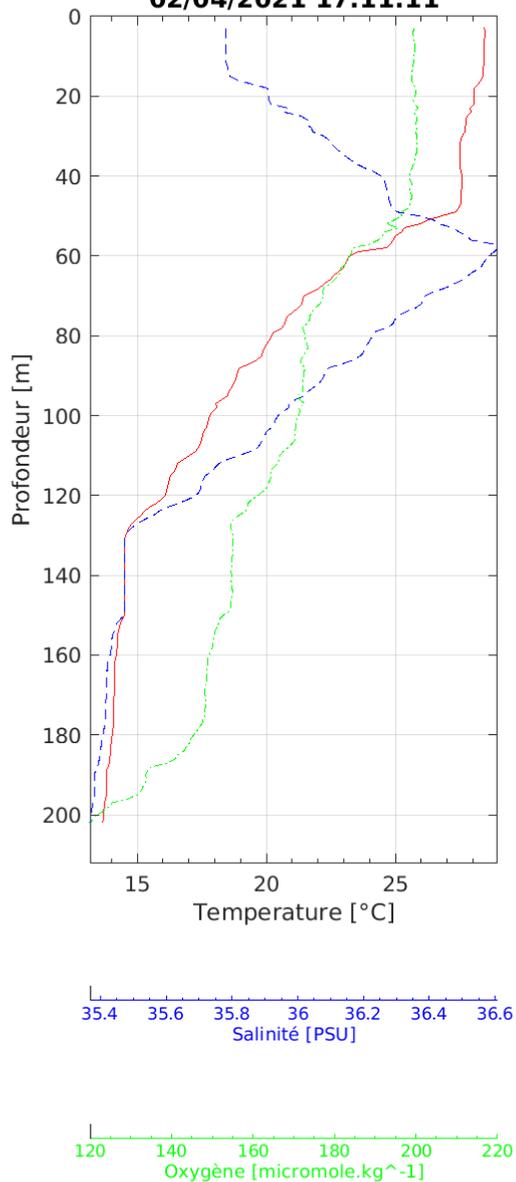
Profil 060 -- 22°59'4"W / 0°0'30"S
02/04/2021 11:34:12



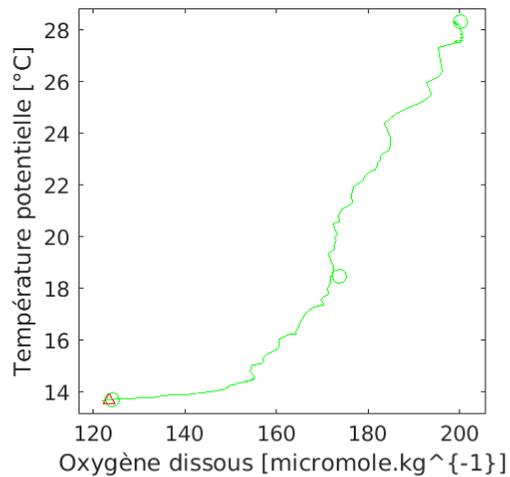
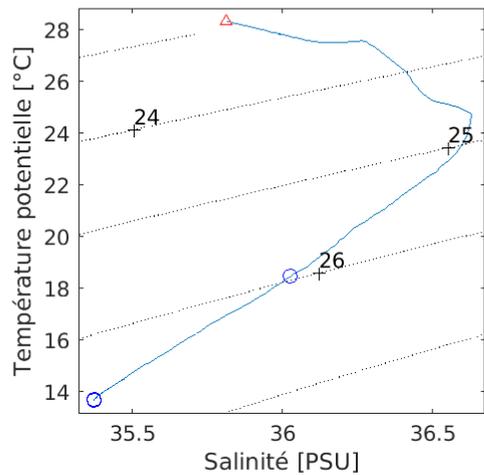
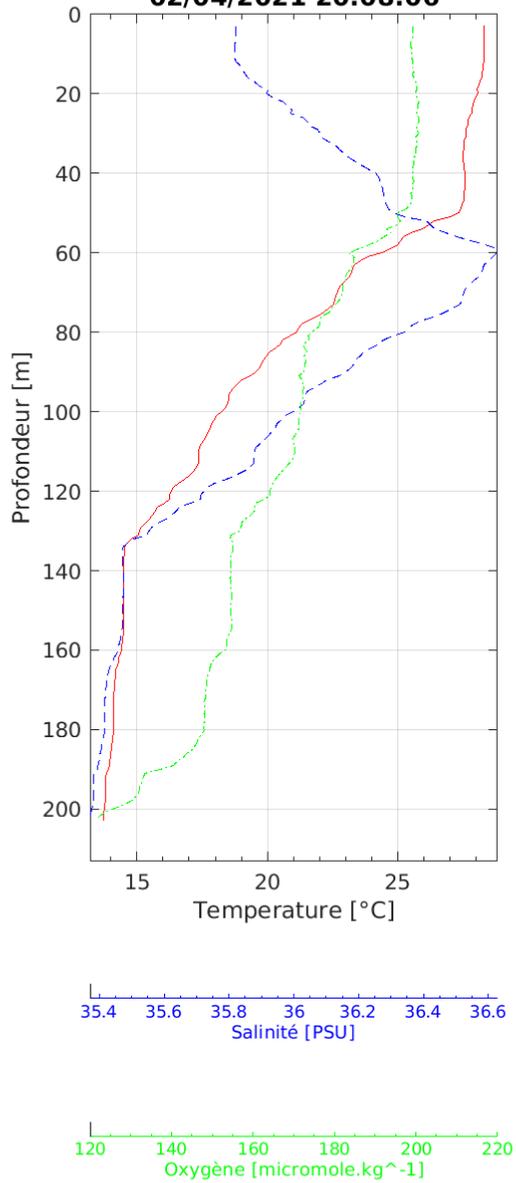
Profil 061 -- 22°59'16"W / 0°0'25"S
02/04/2021 14:00:09



Profil 062 -- 22°59'16"W / 0°0'25"S
02/04/2021 17:11:11

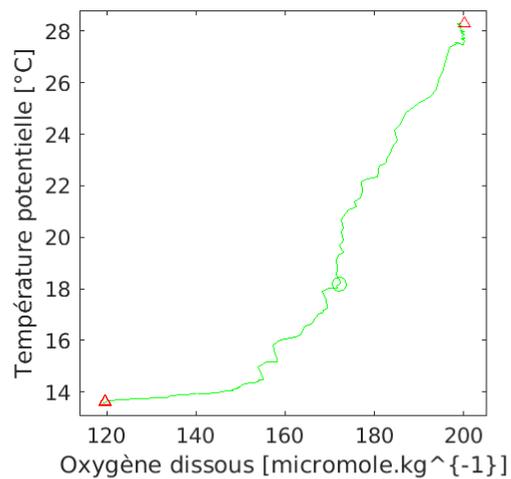
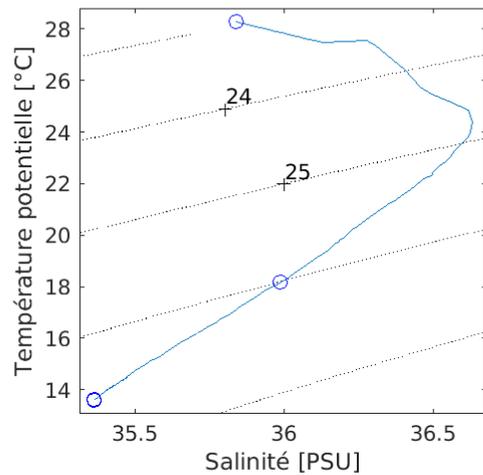
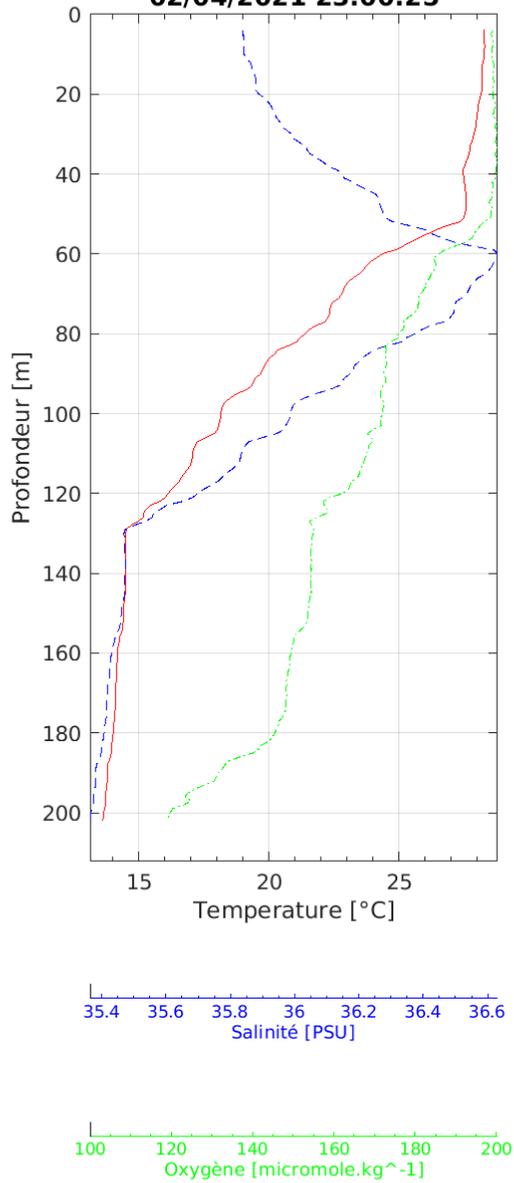


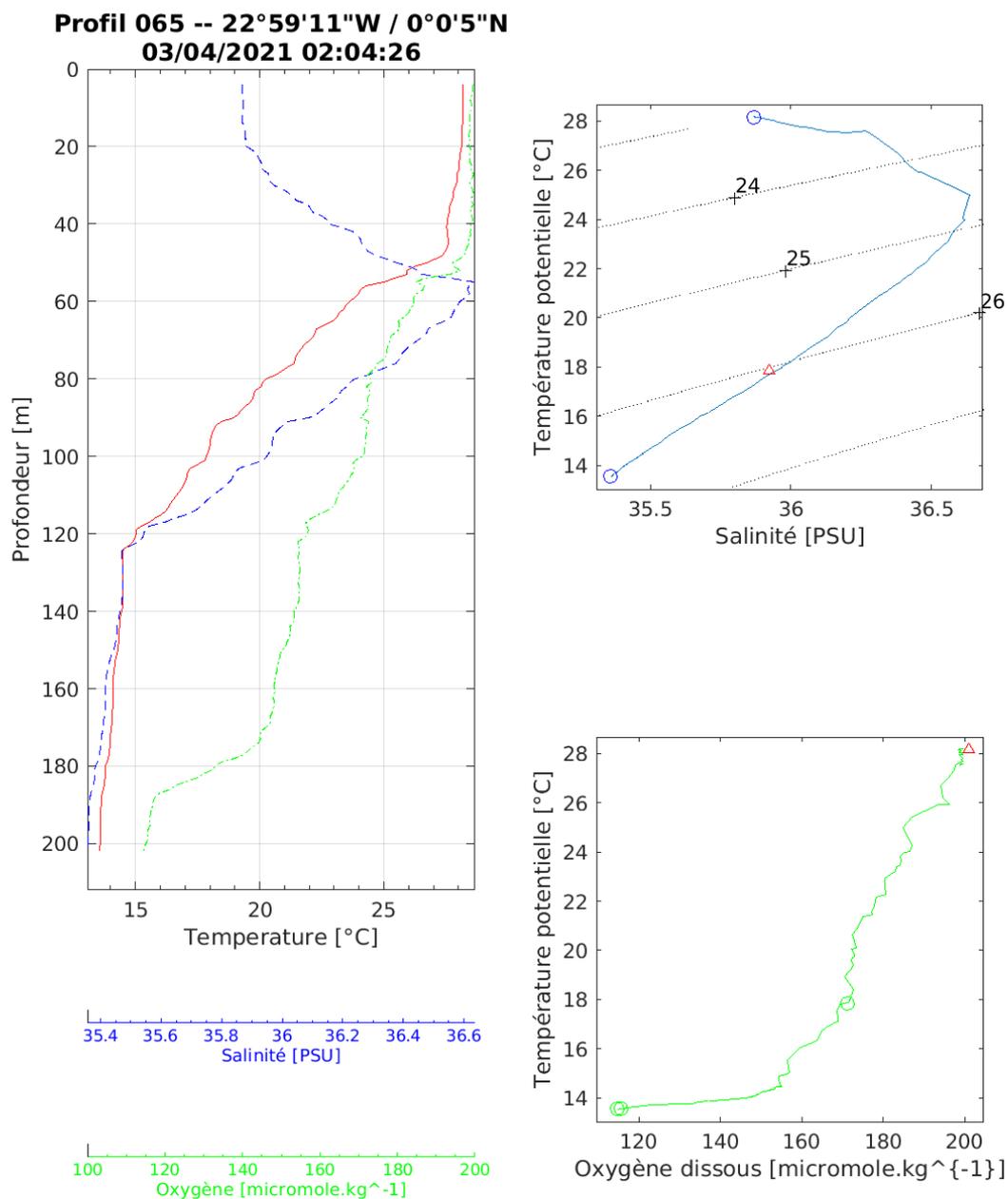
**Profil 063 -- 22°59'19"W / 0°0'30"S
02/04/2021 20:08:06**



Profil 064 -- 22°59'17"W / 0°0'5"N

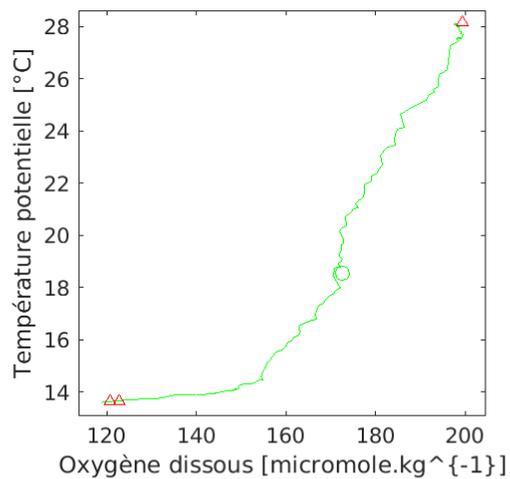
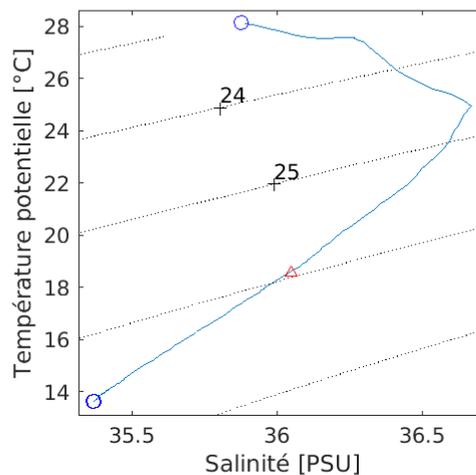
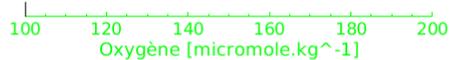
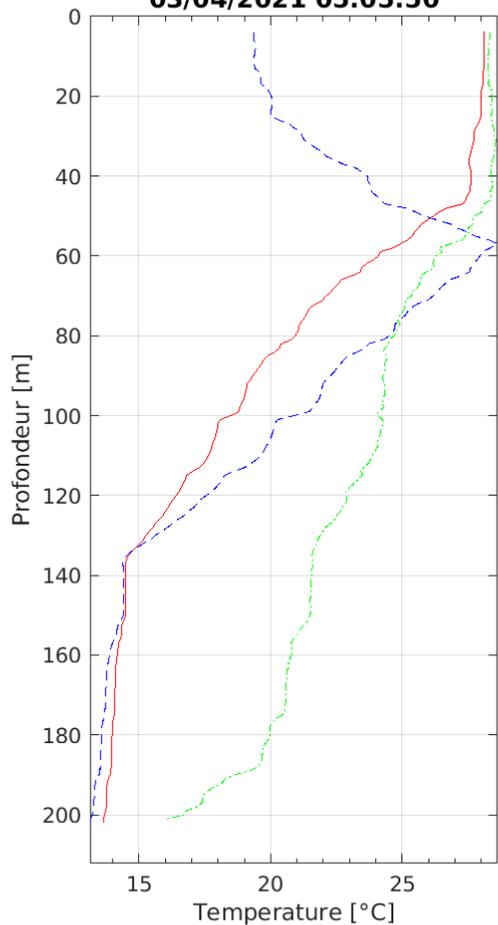
02/04/2021 23:00:25



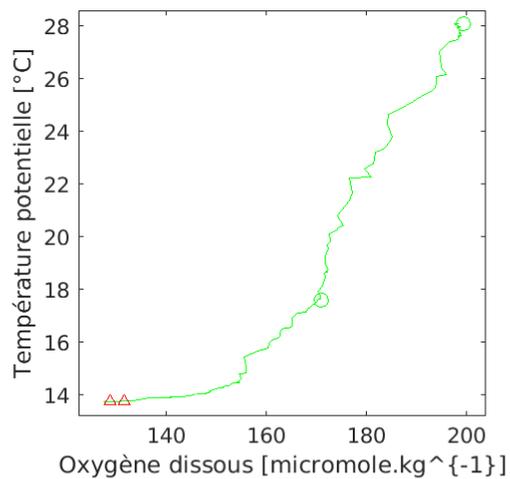
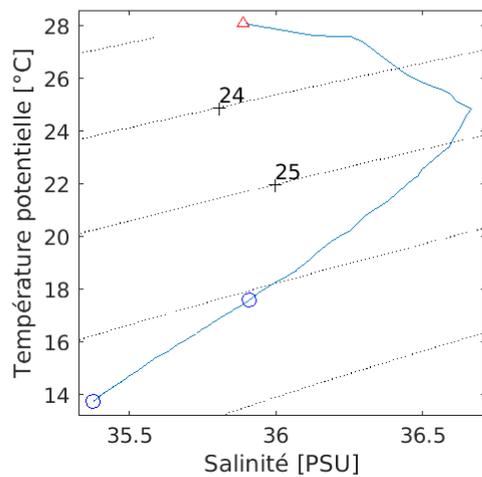
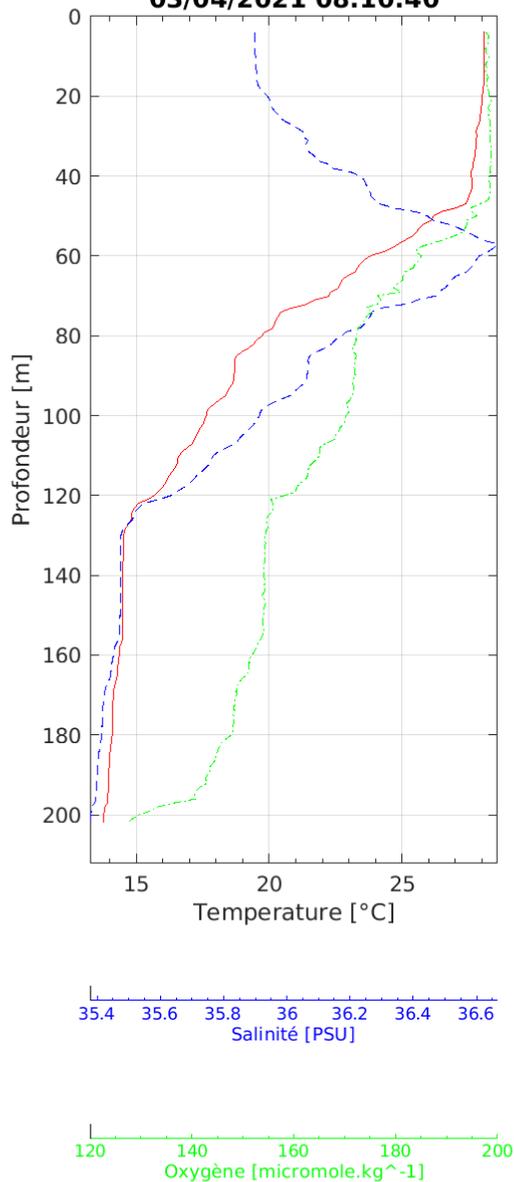


Profil 066 -- 22°59'7"W / 0°0'26"S

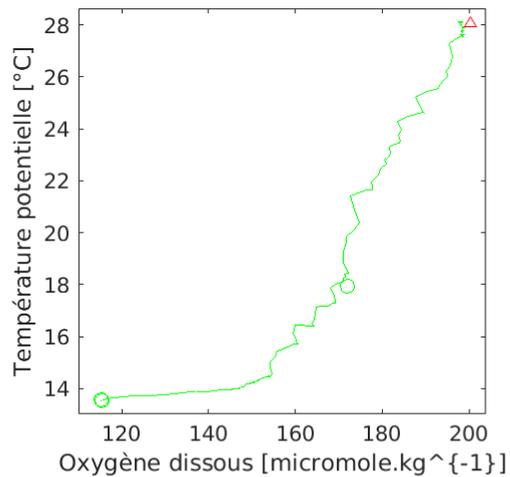
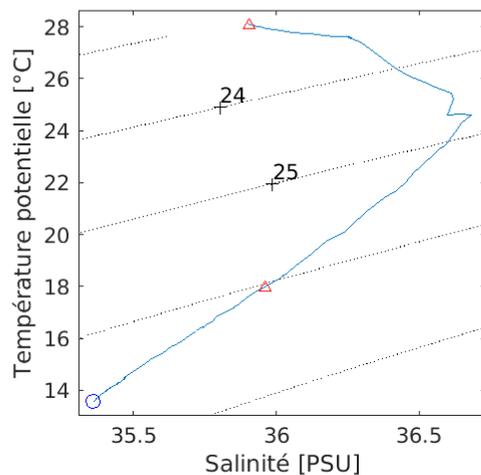
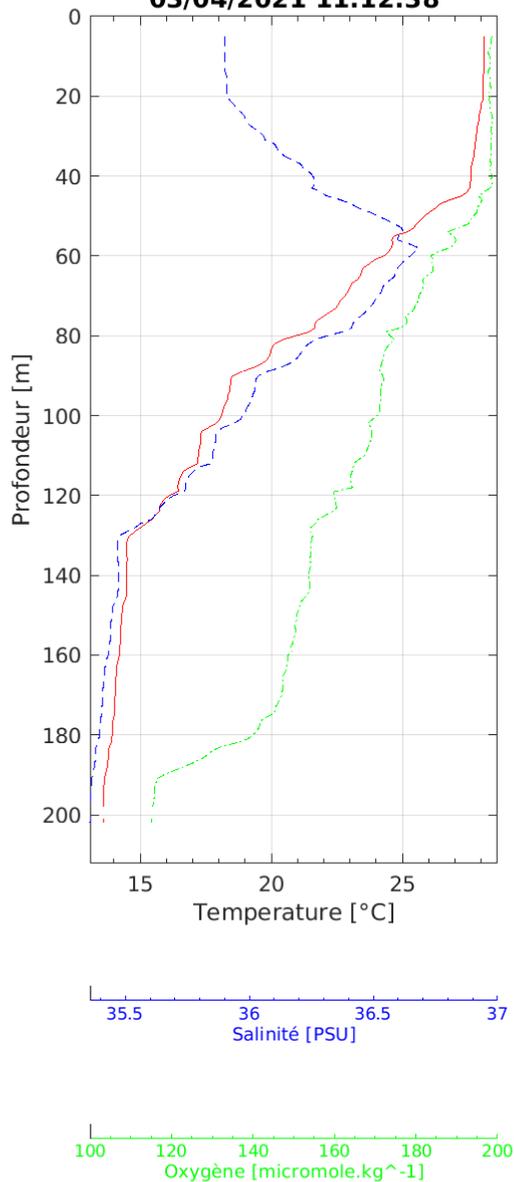
03/04/2021 05:05:50



Profil 067 -- 22°59'13"W / 0°0'30"S
03/04/2021 08:10:40

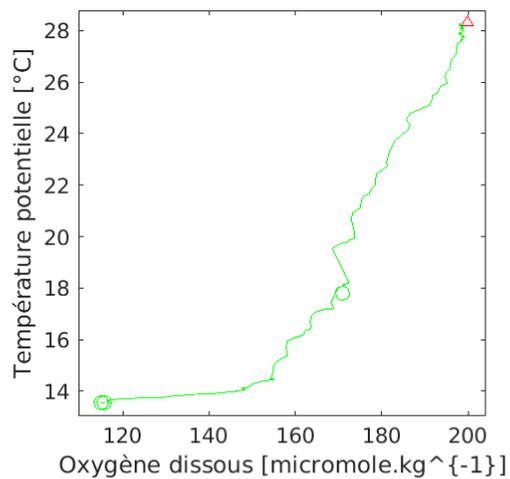
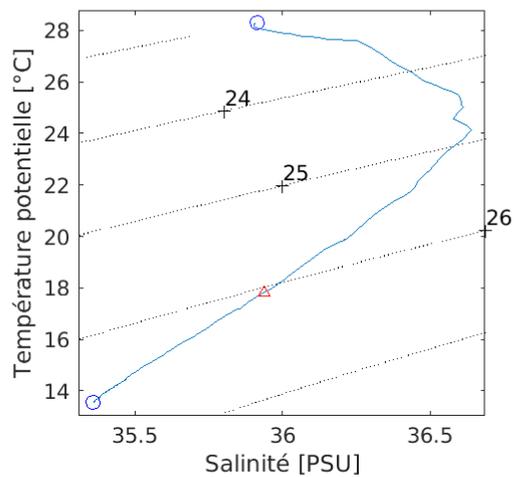
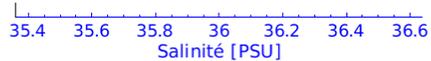
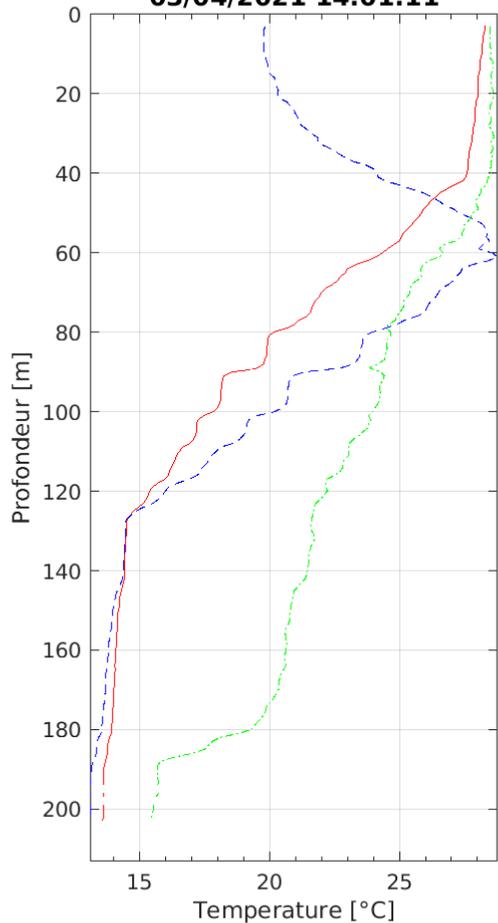


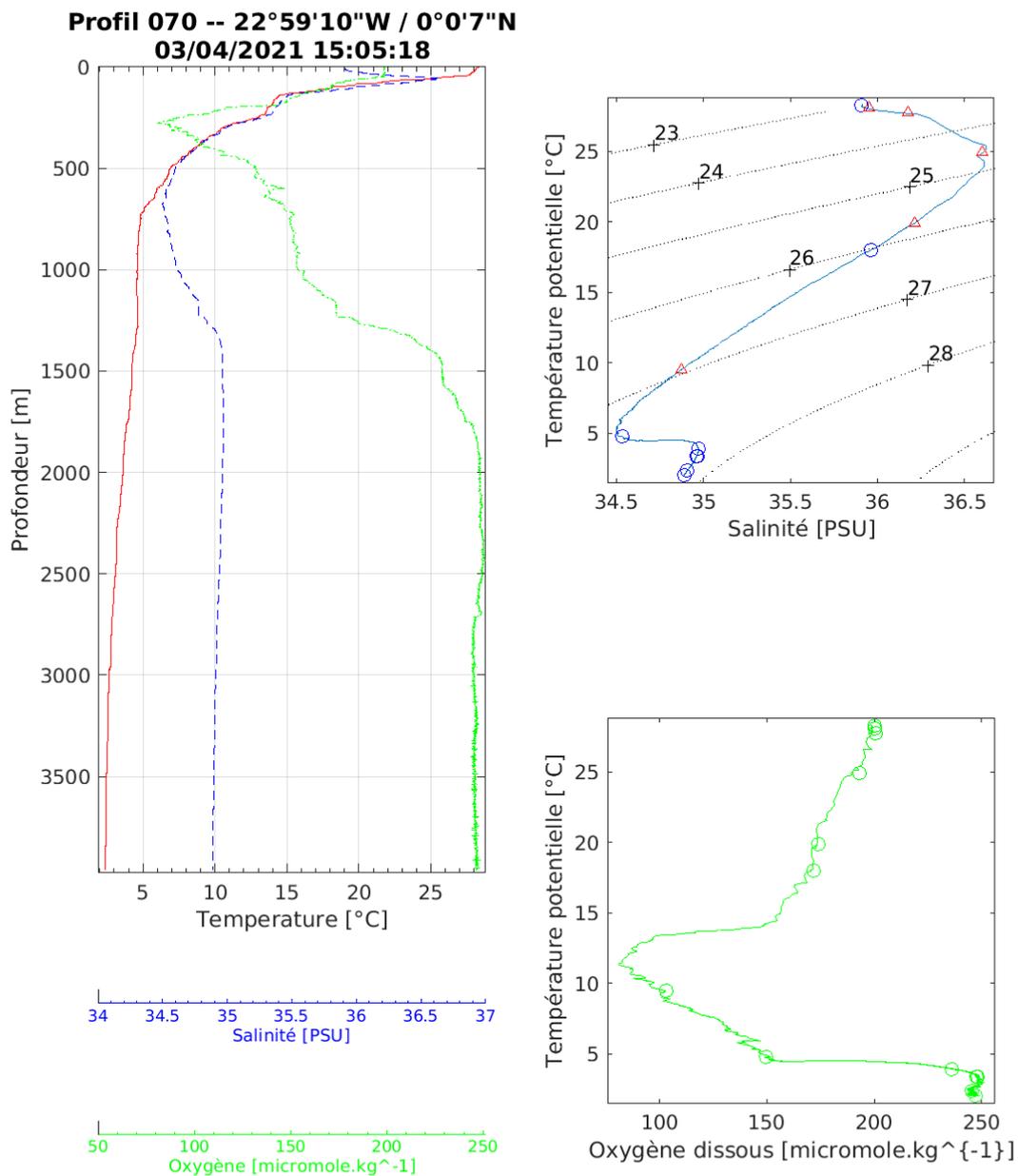
Profil 068 -- 22°59'36"W / 0°0'21"N
03/04/2021 11:12:38

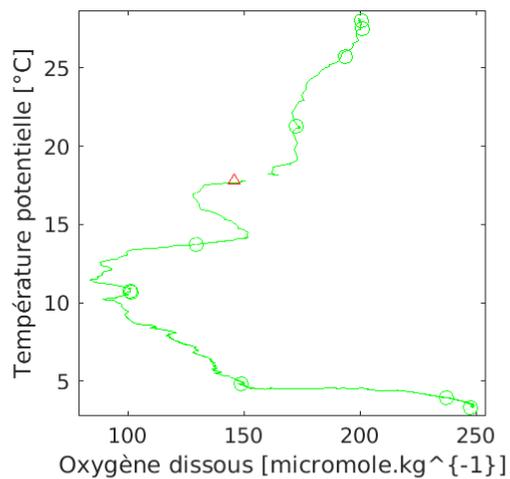
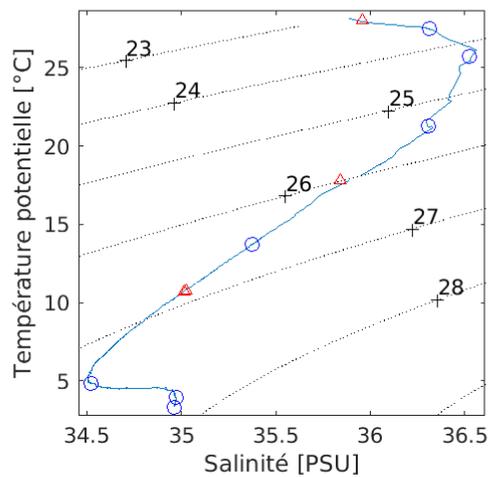
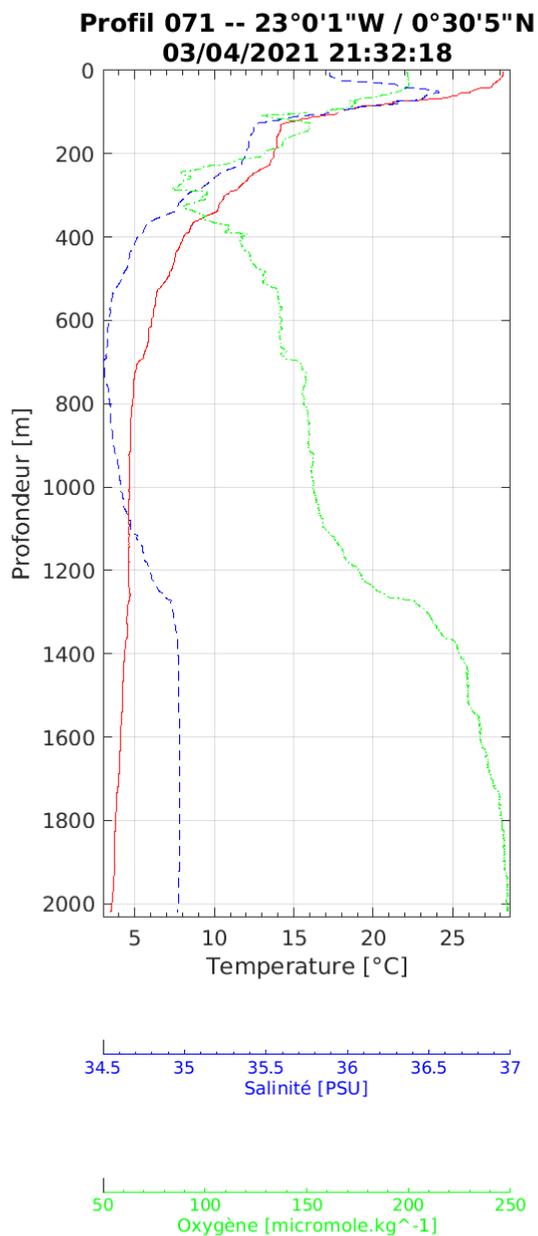


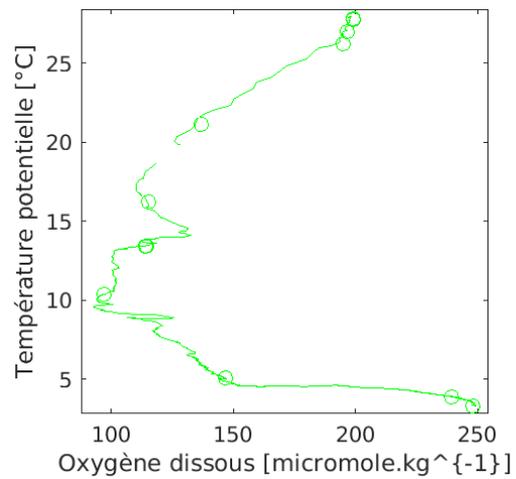
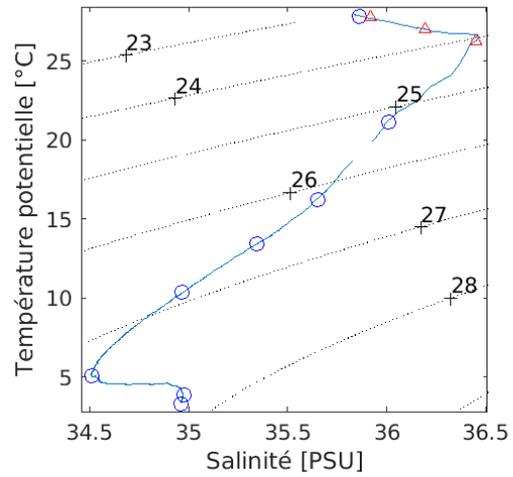
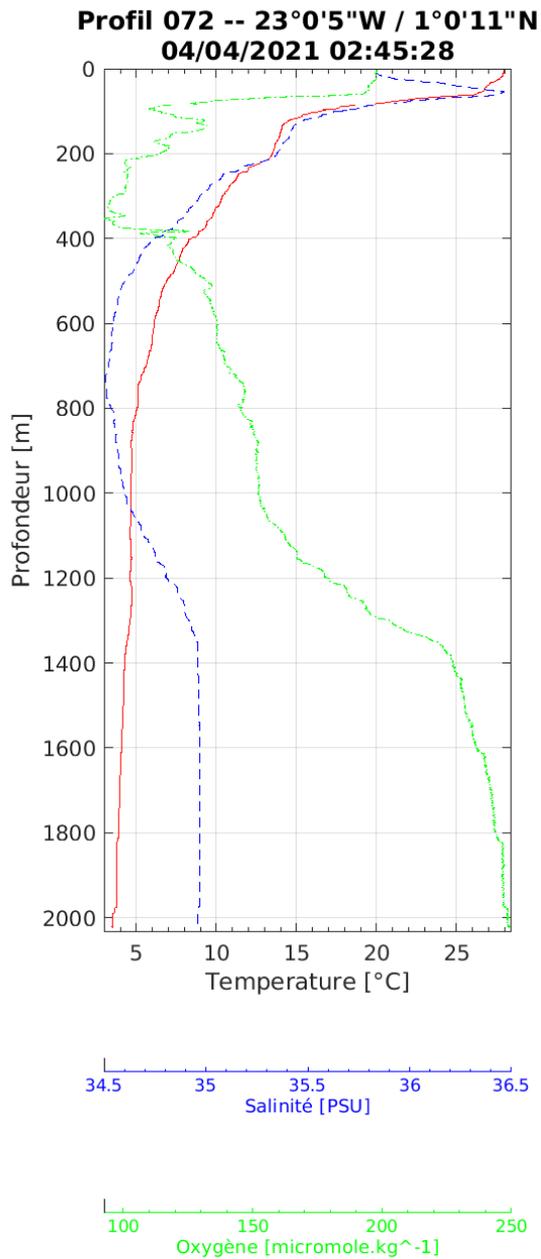
Profil 069 -- 22°59'12"W / 0°0'4"N

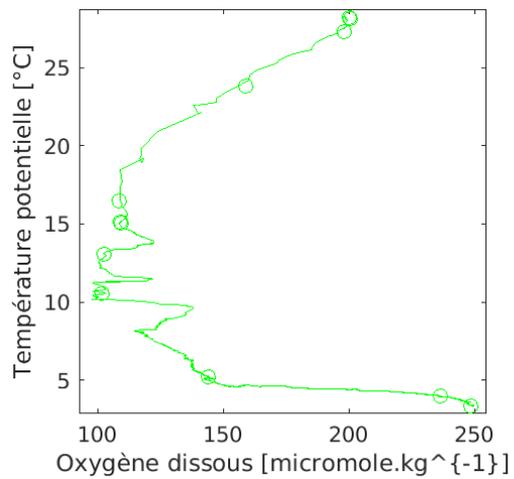
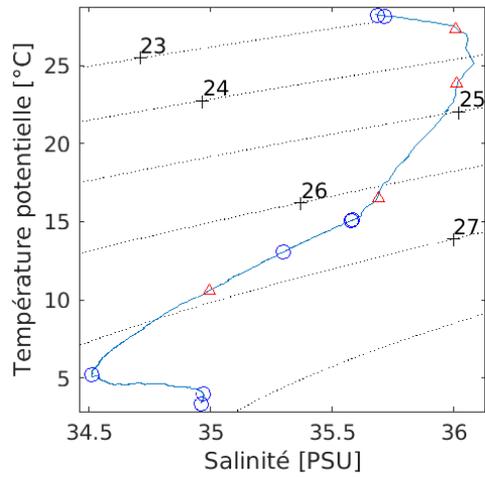
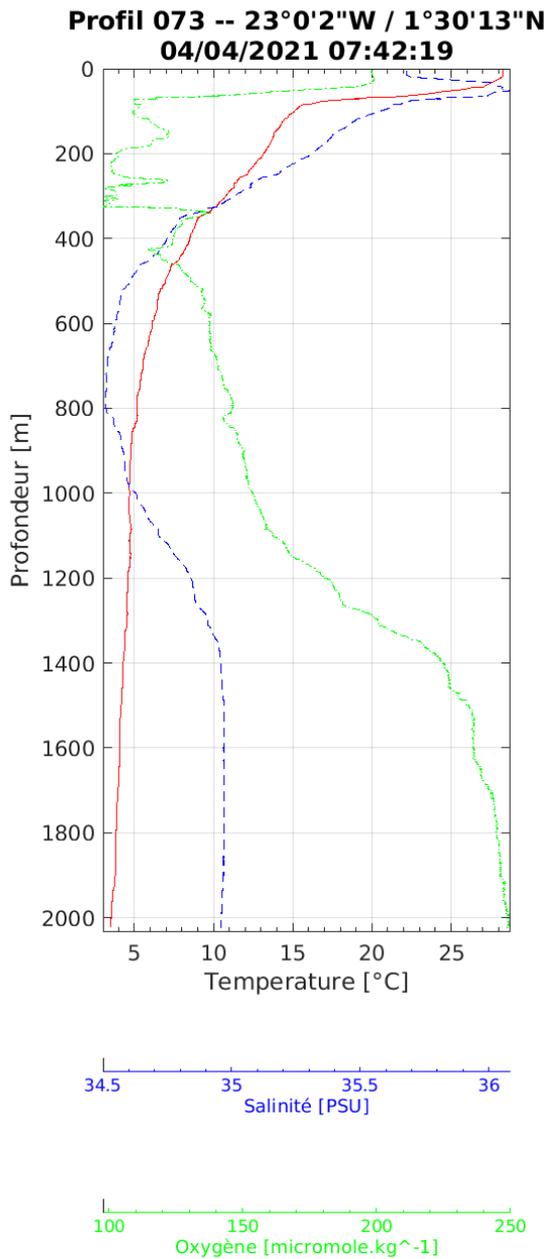
03/04/2021 14:01:11

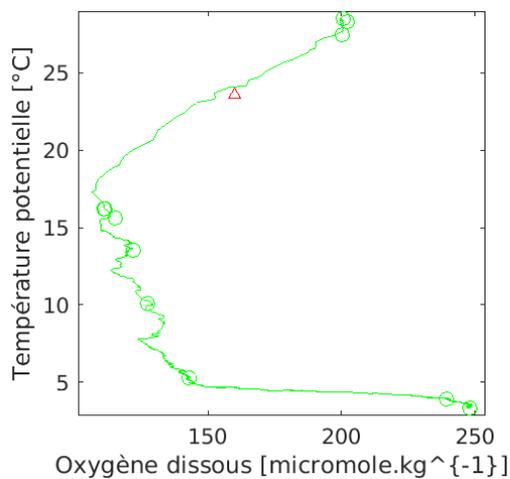
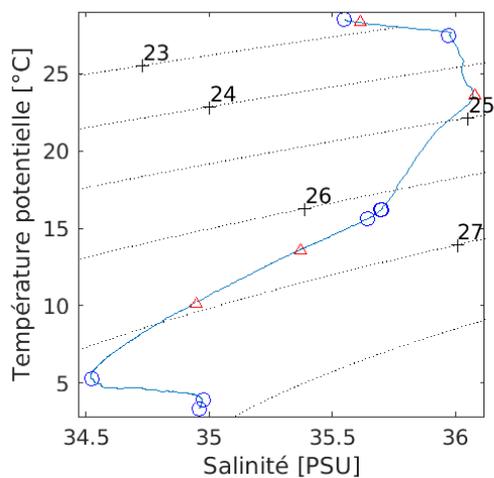
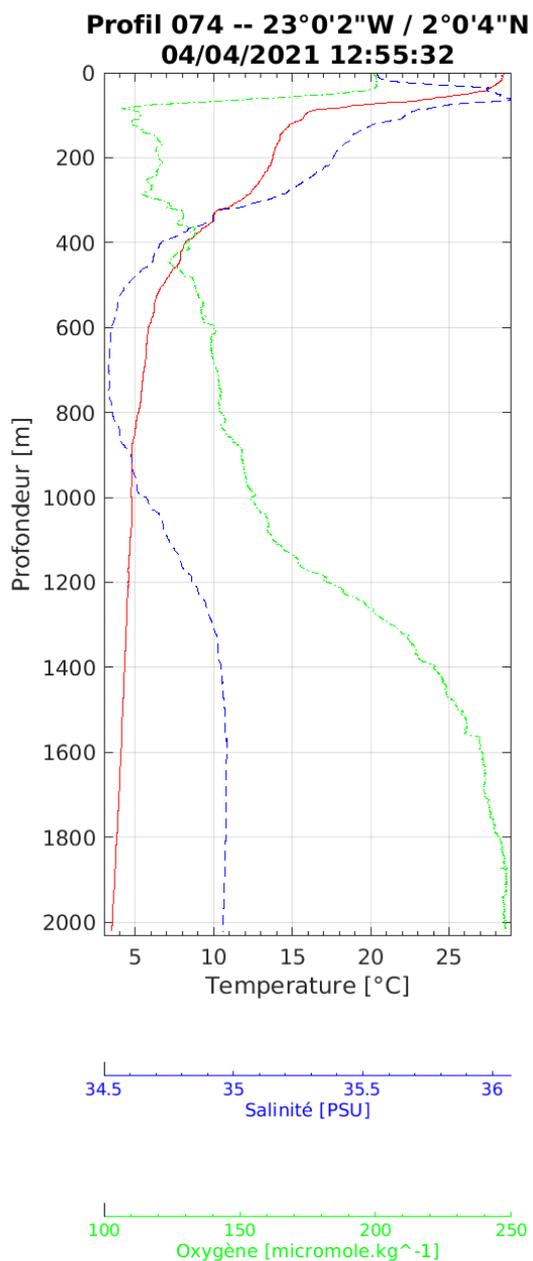


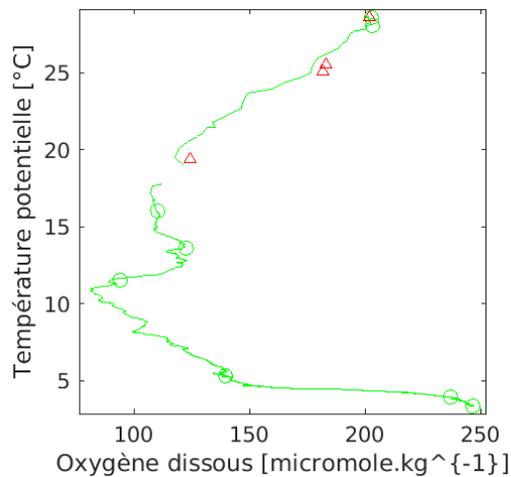
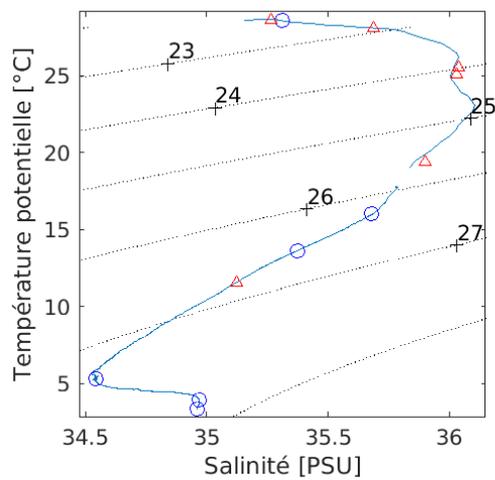
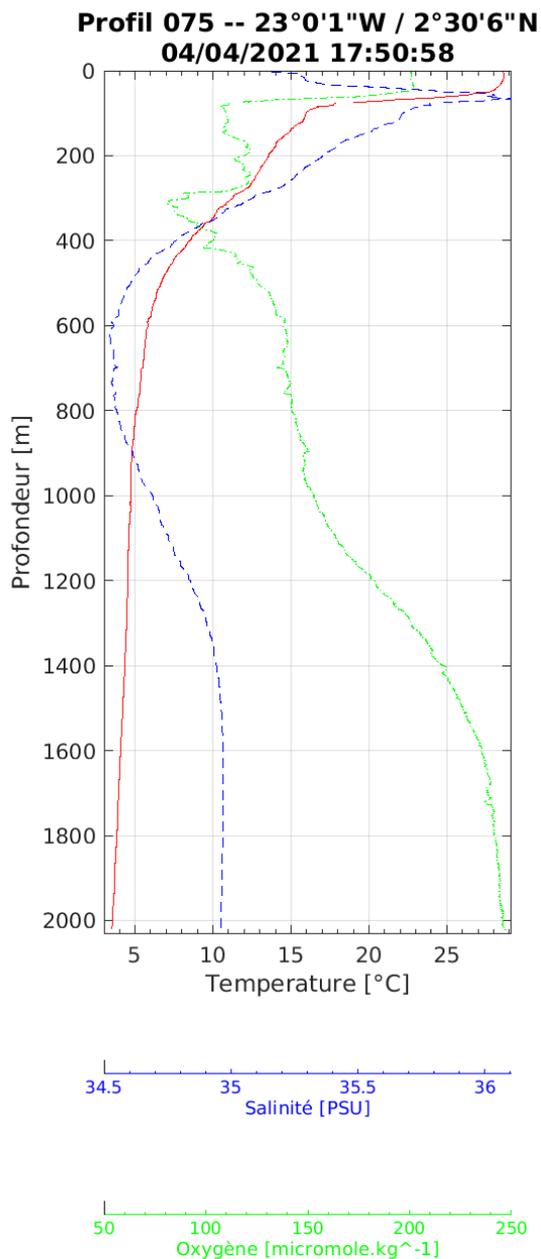


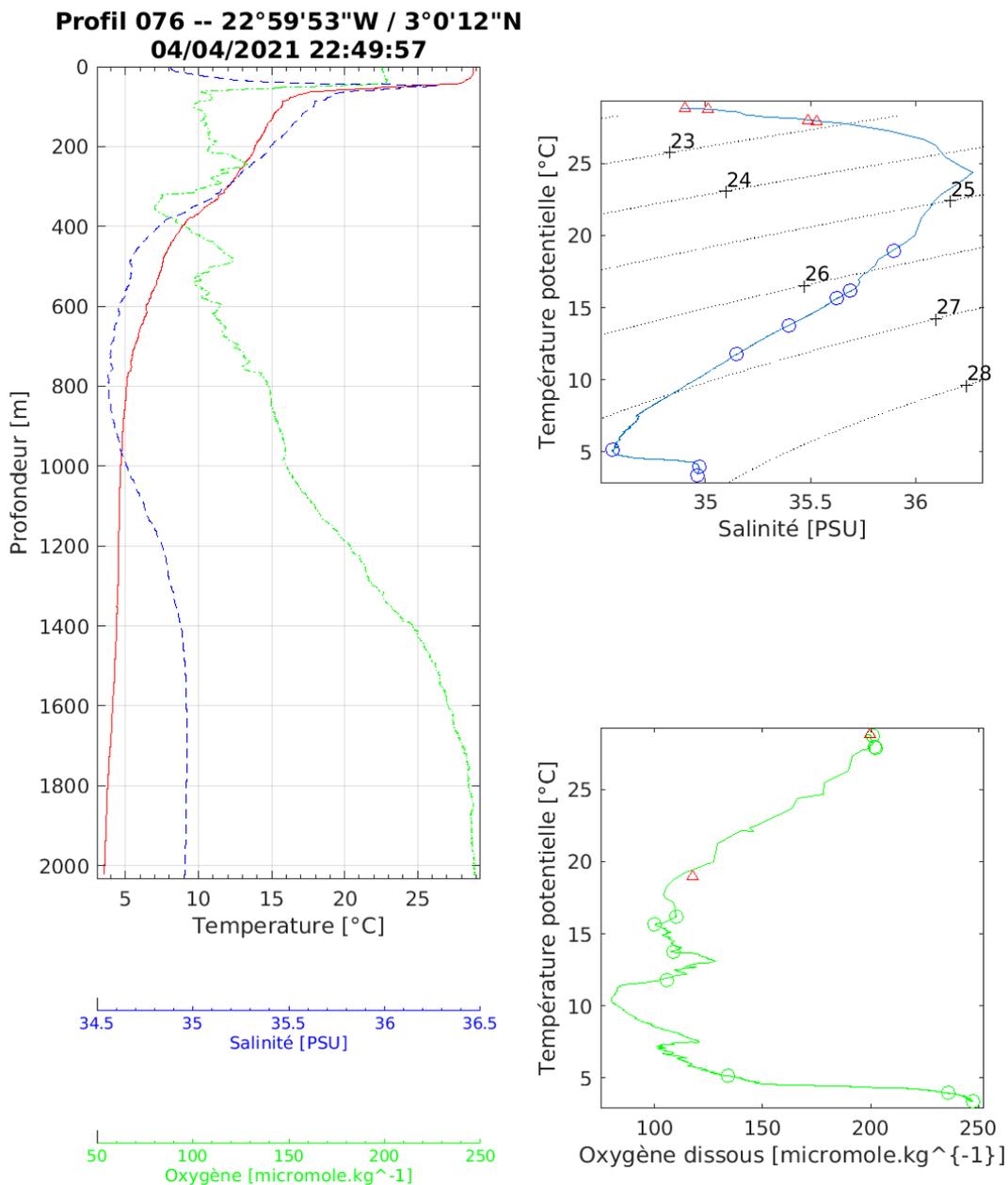






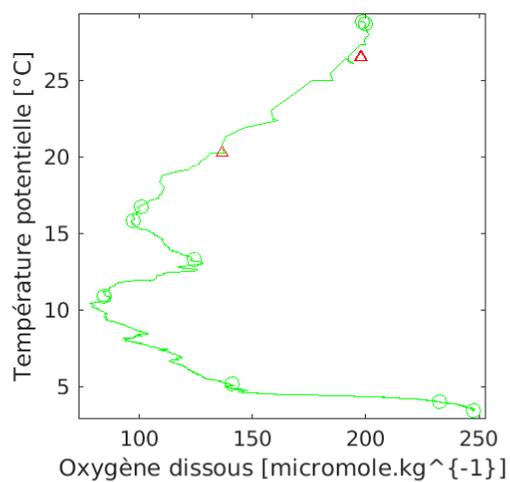
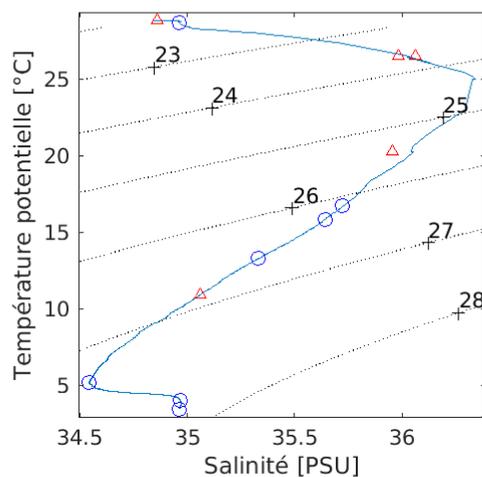
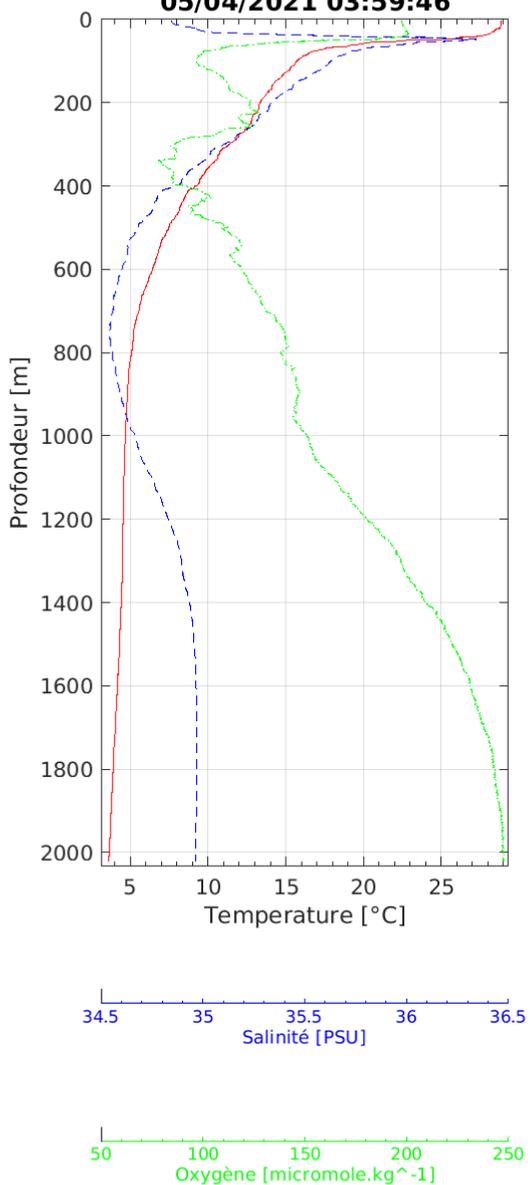


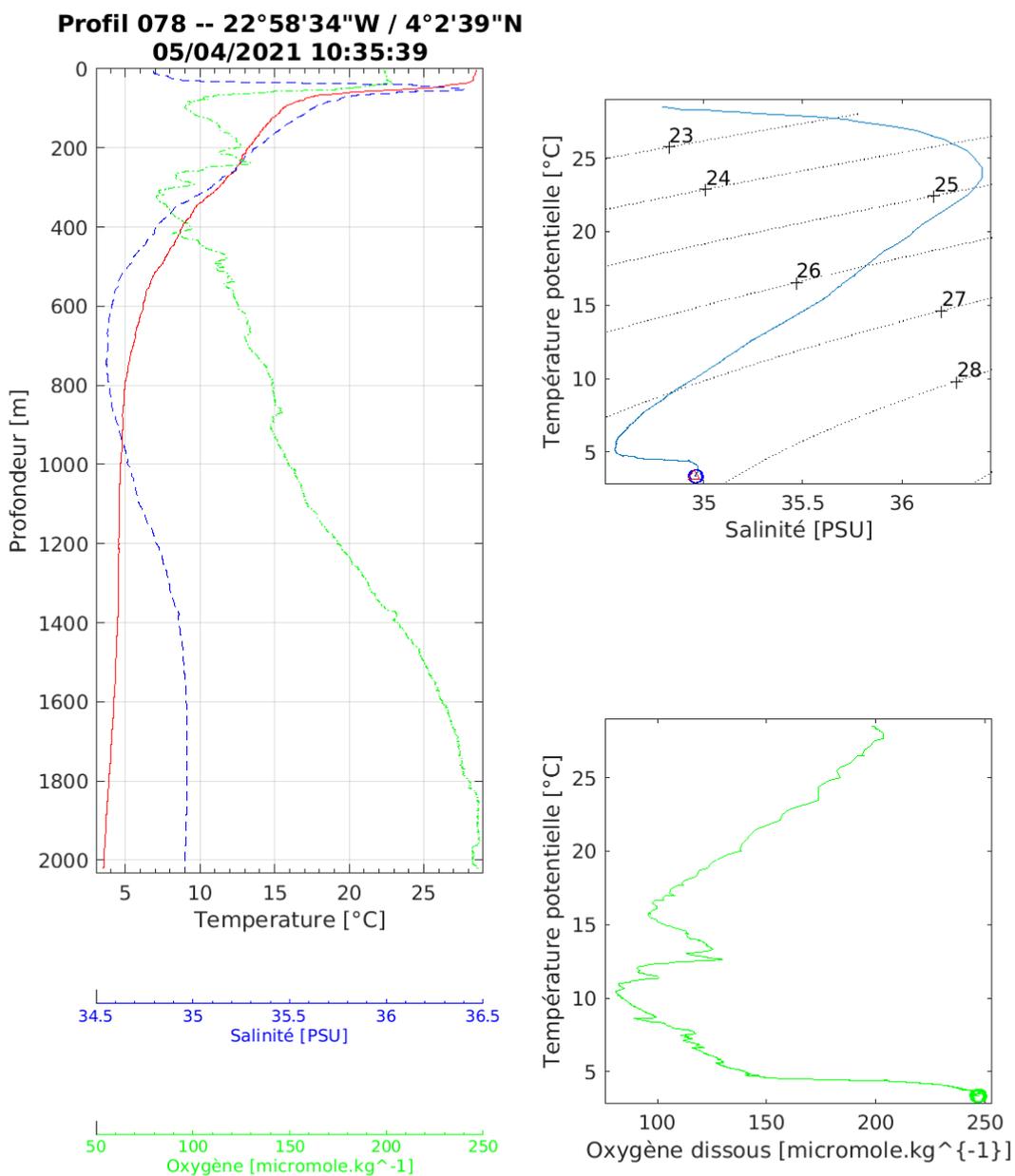




Profil 077 -- 22°59'55"W / 3°30'8"N

05/04/2021 03:59:46





Laboratoire : US191 RAPPORT DE CALIBRATION
 Implantation : Brest Version 01
 Page 121/122

13. Suivi des versions de ce document

Rédacteur		Approbateur	
Nom :	Pierre Rousselot	Nom :	
Fonction :	Ingénieur d'étude en acquisition et traitement de données	Fonction :	

Date	Version	Commentaires et modifications
08/10/2021	01	Création

Relecteur	Date