

Qualification des données acquises par la station de mesure MOLIT en baie de Vilaine entre mars et octobre 2013



piscine de la bouée Molit où est installée la sonde multiparamètre – juin 2013

Qualification des données acquises par la
station de mesure MOLIT en baie de Vilaine
entre février et octobre 2013

sommaire

1. Introduction	4
2. Contrôle <i>in-situ</i> de la sonde multiparamètre	5
2.1. Mode opératoire	5
2.2. Matériel	6
2.2.1. Matériel utilisé	6
2.2.2. Raccordement du matériel	6
2.3. Résultats des contrôles <i>in-situ</i> par paramètre	6
2.3.1. Température	7
2.3.2. Salinité	8
2.3.3. Oxygène dissous	10
2.3.4. Turbidité	12
3. Historique des opérations de maintenance	14
4. Conclusion	22

Annexes

Annexes 1 et 2 : Résultats bruts des contrôles de la sonde multiparamètre MP6
Annexe 3 : Constat de vérification de la sonde multiparamètre MP6 après la 2^{ème} campagne de mesure (3 juin au 8 août)

1. Introduction

La station de mesure Molit entre dans la gamme des produits MAREL. Cette gamme est constituée d'outils développés pour l'observation en continu de paramètres hydrologiques.

La bouée Molit a été déployée en baie de Vilaine du 22 février 2013 au 25 octobre 2013 (figure 1). Cette station est équipée d'une sonde multiparamètre MP6 qui mesure les paramètres : température, salinité, oxygène dissous, turbidité et fluorescence. Les mesures sont réalisées à 2 niveaux (surface et fond) avec une fréquence d'une mesure horaire.

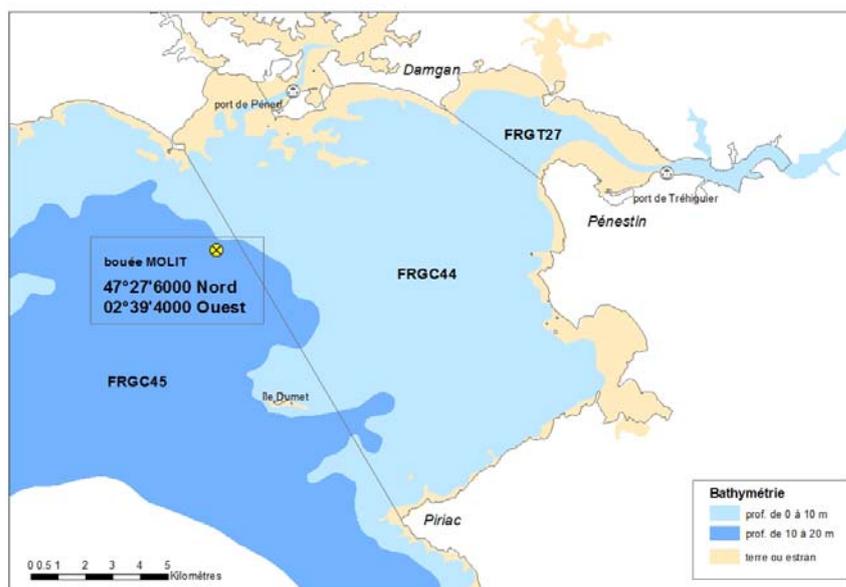


Figure 1 : Localisation de la station de mesure MOLIT

Les données acquises par la bouée MOLIT sont transmises par liaison GSM numérique à la station de gestion Marel Vilaine où elles sont validées.

Les données peuvent être consultées sur le site web : <http://www.ifremer.fr/co-en/>

Un outil de contrôle qualité (OCQ) a été développé pour valider les données. Elles peuvent être qualifiées selon 3 états : bon, douteux ou faux. Ils existent différents stades de validation :

- stade T0.5 : pré-qualification automatique sur la base de seuils fixés avec 3 états : bon, douteux et faux.
- Stade T1 : contrôle visuel et modification manuelle de l'état de qualité
- Stade T2 : données corrigées (après étalonnage).

Ce document synthétise les informations permettant de qualifier les données au stade T1 et T2 :

- contrôles *in-situ* de la sonde multiparamètre réalisés par le laboratoire LER/MPL,
- historique des opérations de maintenance pendant la période de déploiement,
- constat de vérification des sondes multiparamètres après campagne. En 2013, nous avons récupéré un seul constat de vérification après campagne (celui concernant la période du 3 juin au 8 août).

2. Contrôle *in-situ* de la sonde multiparamètre

Des contrôles *in-situ* de la sonde multiparamètre ont été réalisés par le laboratoire LER/MPL pendant les campagnes 2013 de prélèvements REPHY pour les 4 paramètres suivants :

- température,
- salinité,
- oxygène dissous,
- turbidité.

Les contrôles ont été opérés une fois tous les 15 jours dans la mesure du possible pendant la période de déploiement de la bouée MOLIT.

Ces contrôles ne peuvent pas être qualifiés d'opérations métrologiques car ils ne sont pas réalisés dans des conditions contrôlées (homogénéité du milieu de comparaison, synchronisation des mesures...). **Ils peuvent néanmoins servir à détecter d'éventuelles dérives de capteur et fournir des éléments supplémentaires pour la qualification des données au stade T1.**

2.1. Mode opératoire



Le laboratoire a effectué des mesures de température, salinité, oxygène et turbidité à proximité de MOLIT avec le matériel utilisé pour les campagnes de mesures REPHY (figure 2).

Ces prélèvements ont été réalisés aux 2 niveaux de mesure de MOLIT (fond et sub-surface).

Figure 2 : mesures à proximité de la bouée Molit

Les données mesurées par la bouée MOLIT ont ensuite été téléchargées sur le serveur MAREL (<http://marelvilaine.ifremer.fr/>). Les mesures les plus proches de l'heure UT de la mesure du laboratoire ont été choisies pour avoir la meilleure comparaison possible, sans éviter quelques écarts (cf annexes 1 et 2).

2.2. Matériel

2.2.1. Matériel utilisé

Le matériel utilisé pour la comparaison des données est le suivant pour chaque paramètre :

- Température

Mesure *in-situ* avec une sonde multiparamètre MP4 NKE équipée d'une thermistance.

- Salinité

Mesure *in-situ* avec une sonde multiparamètre MP4 NKE équipée d'un capteur de conductivité.

- Oxygène dissous

Mesure *in-situ* avec une sonde multiparamètre MP4 NKE équipée d'une sonde AANDERAA 4335 (capteur optique).

- Turbidité

Prélèvement au moyen d'une bouteille à prélèvement Hydrobios et mesure au laboratoire avec un turbidimètre IR HACH 2100 N IS.

2.2.2. Raccordement du matériel

Les capteurs de la sonde multiparamètre MP4 sont étalonnés une fois par an au moyen de matériels de référence. Ces matériels de référence sont raccordés par :

- un laboratoire accrédité COFRAC (LNE) pour la température,
- le laboratoire de métrologie du département RDT/LDCM du centre Ifremer de Brest pour la conductivité,
- le laboratoire LER/MPL pour l'oxygène dissous (Méthode Winkler).

Un contrôle métrologique est également réalisé une fois tous les deux mois pour détecter d'éventuelle dérive.

Un contrôle du turbidimètre est réalisé avant chaque mesure avec des solutions de formazine étalons.

2.3. Résultats des contrôles *in-situ* par paramètre

Pour la décision de conformité de la mesure, nous avons utilisé les EMT (Erreurs Maximales Tolérées) du laboratoire à savoir :

- $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ pour la température
- ± 0.5 pour la salinité
- ± 0.5 mg/L pour l'oxygène dissous
- ± 10 % de la mesure pour la turbidité.

2.3.1. Température

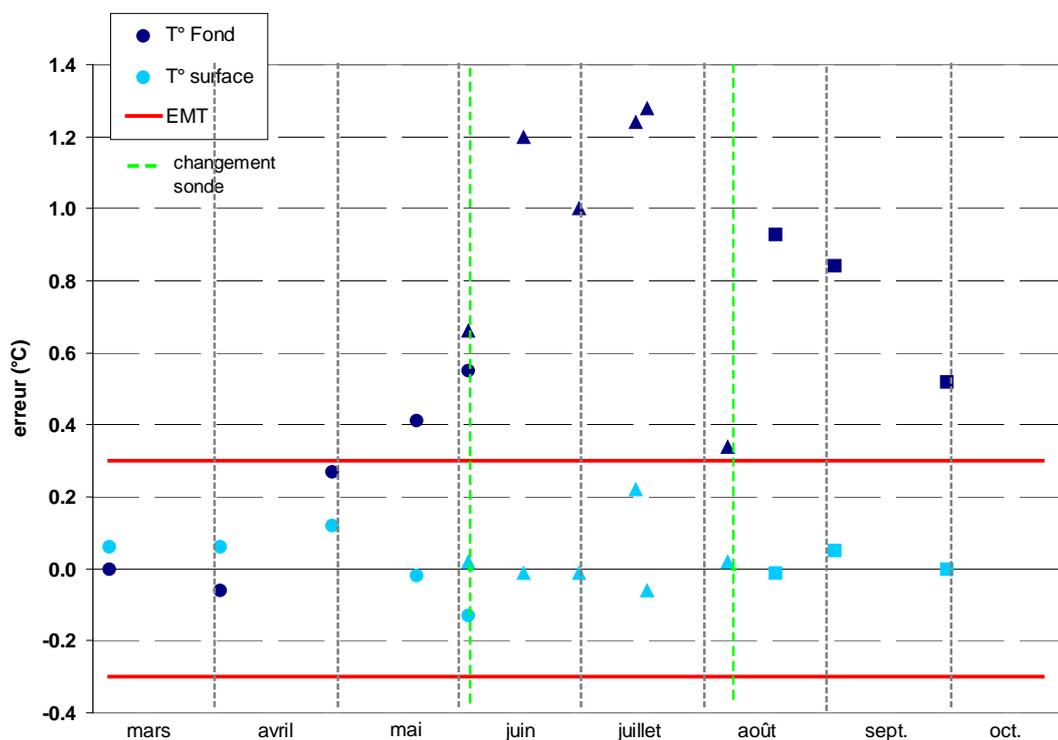


Figure 3 : Evolution de l'erreur en température de la sonde multiparamètre de mars à octobre 2013.

En surface, tous les contrôles métrologiques sont conformes aux EMT (figure 3).

Sur la base de ce contrôle, on peut qualifier l'ensemble des données température acquises en SURFACE en BON.

Au fond, de nombreux contrôles sont non conformes pour la température (figure 3). L'erreur n'est pas liée au capteur mais au fait que l'eau du fond est mesurée en surface : elle pompée et amenée en surface par un tuyau qui traverse toute la colonne d'eau. En situation de stratification thermique, il y a un réchauffement de l'eau du fond par échange thermique avec l'eau de surface plus chaude : on a alors une surestimation de la température du fond.

Pour pallier à ce problème, une sonde de température autonome a été installée au fond pendant la durée de mise à l'eau de la bouée MOLIT. Ces données ont été intégrées et ont remplacé les données renvoyées sur le site Marel par la sonde multiparamètre.

L'ensemble des données température acquises au fond par la sonde multiparamètre est donc également qualifié en BON.

2.3.2. Salinité

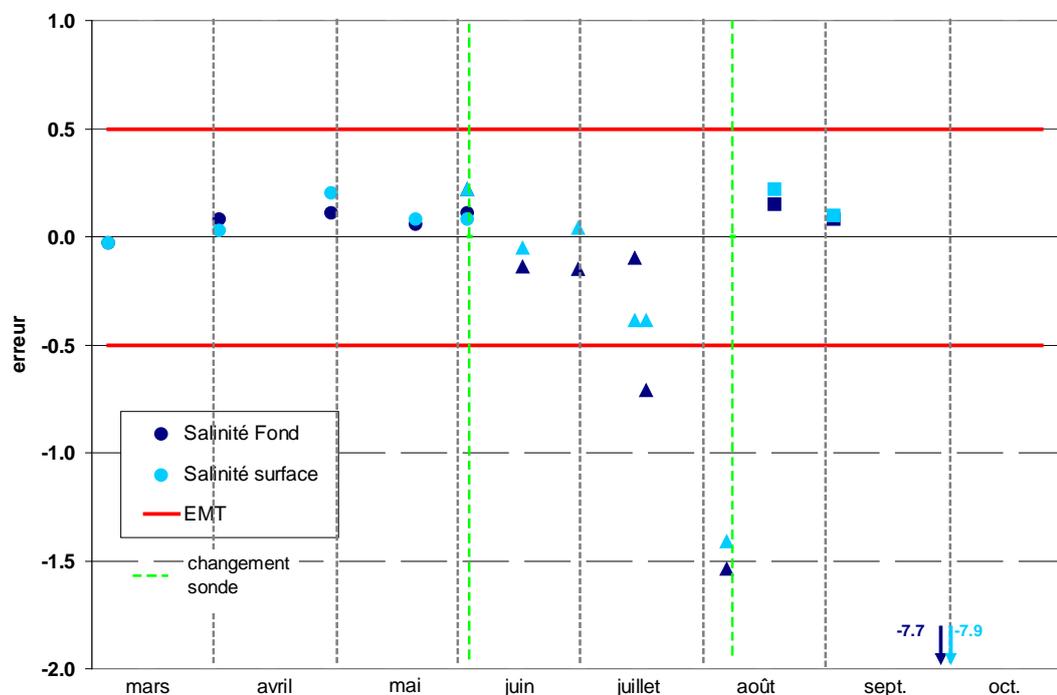


Figure 4 : Evolution de l'erreur en salinité de la sonde multiparamètre de mars à octobre 2013.

Jusqu'au 15 juillet, les contrôles métrologiques en salinité sont conformes au fond et en surface (figure 4).

On peut donc qualifier en BON les données acquises du 22 février au 15 juillet.

Cependant, le contrôle du 15 juillet montre un début de dérive de la mesure de salinité qui se confirme le 17 juillet avec un résultat non conforme pour la mesure de fond. Le 7 août, la dérive se poursuit avec une erreur d'environ 1.5 unité de salinité. L'équipe RDT-LDCM a été prévenue de cette dérive et la sonde a été remplacée le 8 août.

La vérification de la sonde multiparamètre effectuée après campagne (cf annexe 3) confirme ce problème de mesure. Le résultat de l'étalonnage est non conforme en conductivité (erreur maximum = 0.586 mS/cm)

**Du 16 juillet au 7 août :
Mesures réalisées au fond et en surface à qualifier en FAUX pour le paramètre salinité**

Les contrôles sont à nouveau conformes jusqu'au 3 septembre (figure 4).

On peut donc qualifier en BON les données acquises du 8 août au 3 septembre.

Par contre, la vérification réalisée le 1^{er} octobre montre une erreur en salinité très importante pour les 2 niveaux (plus de 7 unités de salinité !). Entre le 3 septembre et le 1^{er} octobre, aucun contrôle *in-situ* n'a été réalisé. Mais les mesures de salinité enregistrées pendant cette période (cf figure 5) montre une dérive très nette le 22 septembre. Cette chute de salinité pour les 2 niveaux ne peut pas être liée à des apports d'eau douce.

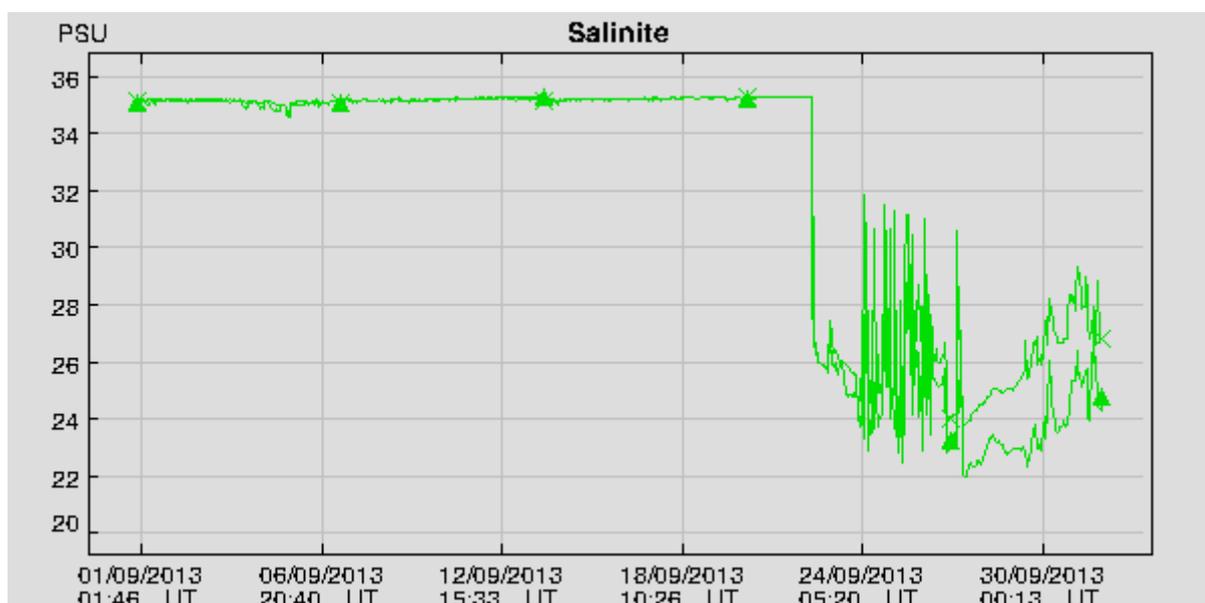


Figure 5: Salinité enregistrée par la station de mesure Molit en surface (▲) et au fond (✕)

**Du 22 septembre au 25 octobre :
Mesures réalisées au fond et en surface à qualifier en FAUX pour le
paramètre salinité**

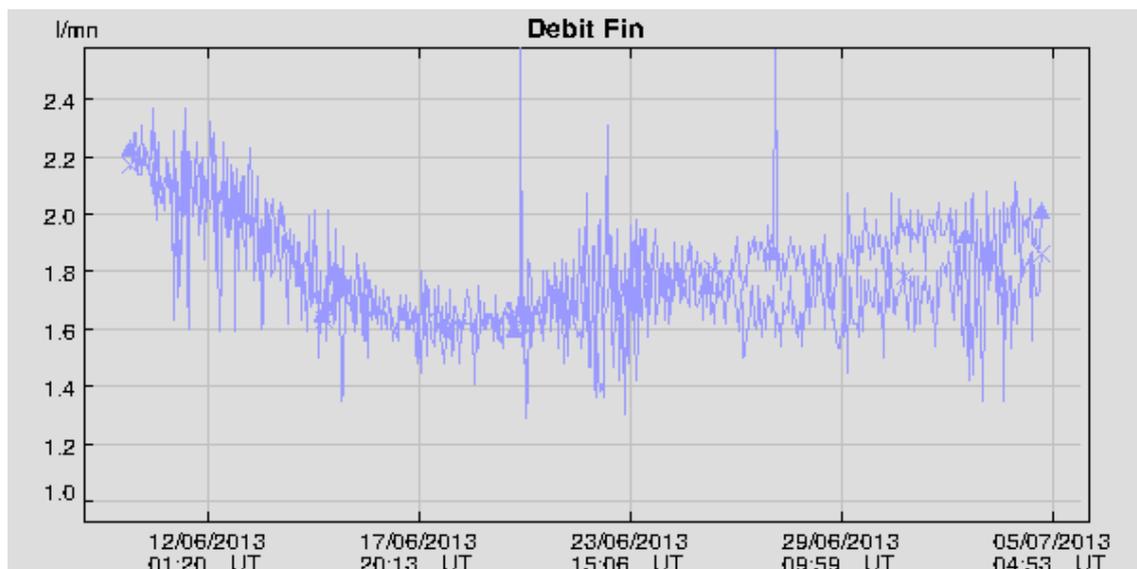


Figure 7 : Evolution des débits de pompage début cycle 1 ➤ et début cycle 3 ✕

Les contrôles *in-situ* sont conformes jusqu'au 15 juillet.

On peut donc qualifier en BON les données acquises du 26 juin au 15 juillet.

Le 18 juillet, le contrôle de surface montre une dérive importante de la mesure en oxygène dissous avec une erreur supérieure à l'EMT qui se confirme le 7 août (figure 7).

L'erreur de mesure étant assez proche de l'EMT, on peut qualifier en DOUTEUX les données acquises en surface du 18 juillet au 7 août.

On note également une dérive de la mesure de fond le 7 août mais l'erreur de mesure reste conforme à l'EMT.

Les données acquises au fond du 18 juillet au 8 août sont qualifiées en BON.

Les contrôles *in-situ* sont ensuite conformes aux EMT jusqu'à la fin de la période de déploiement. Cependant, les mesures de salinité étant faussées à partir du 22 septembre avec une erreur de mesure très élevée, les données d'oxygène dissous corrigées de la salinité sont qualifiées en douteuses du 22 septembre au 25 octobre.

Les données acquises au fond et en surface sont qualifiées en BON du 8 août au 21 septembre.

Les données acquises au fond et en surface entre le 22 septembre et le 25 octobre sont qualifiées en DOUTEUX.

2.3.4. Turbidité

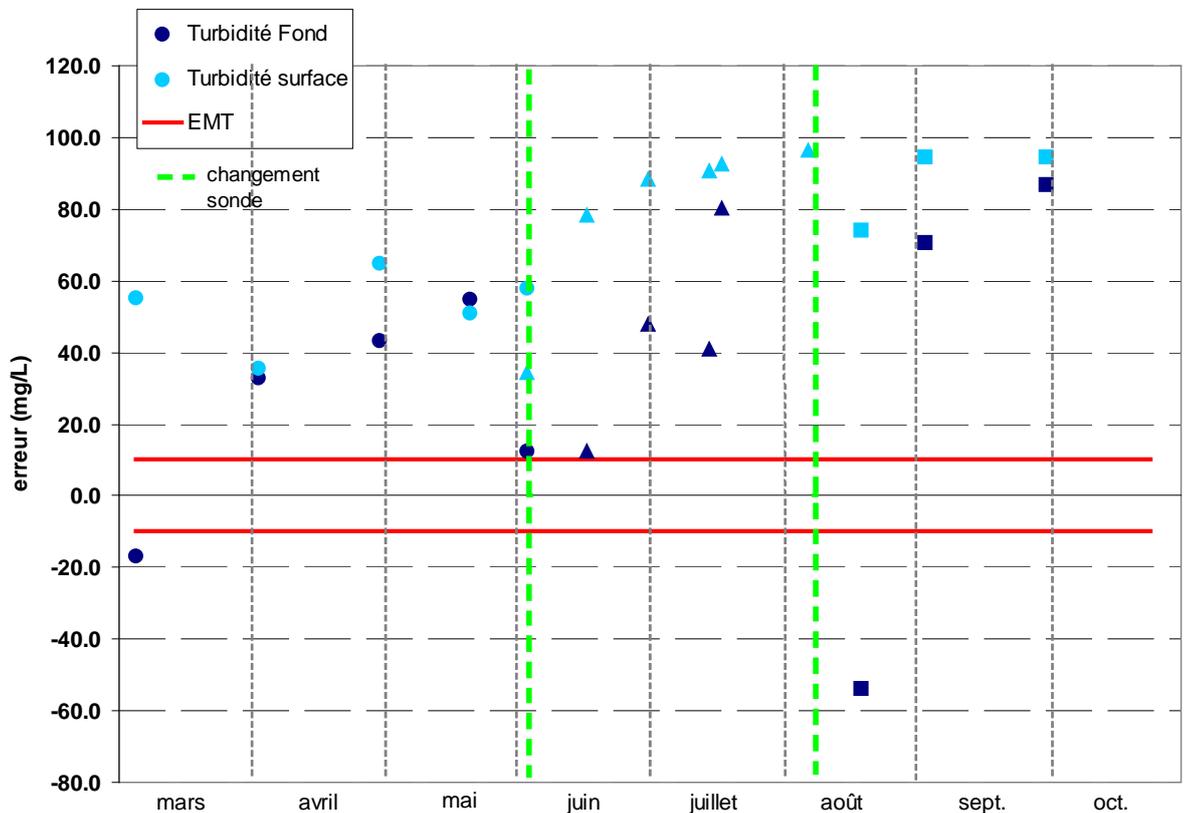


Figure 8 : Evolution de l'erreur en turbidité de la sonde multiparamètre de mars à octobre 2013.

L'écart entre la mesure de turbidité réalisée au laboratoire et la mesure enregistrée par la station MOLIT a été supérieur à l'EMT de 10% sur l'ensemble de la période de déploiement. La turbidité mesurée par la bouée MOLIT est en moyenne deux fois plus élevée que la turbidité mesurée au laboratoire (figure 8).

Ces différences importantes entre les mesures au laboratoire et les mesures de la bouée MOLIT avaient déjà été mises en évidence lors des campagnes de mesures précédentes.

Cependant, le contrôle de la turbidité *in-situ* est complexe pour le niveau fond : nous ne pouvons pas vérifier que la mesure du LER/MPL se situe exactement au même niveau que la crépine de prélèvement de la bouée MOLIT. Le fond étant constitué de vases fines, des variations de turbidité très importantes dans la colonne d'eau peuvent être observées au voisinage du fond (ceci a été confirmé par des plongeurs). L'intensité de ces remises en suspension sont fonctions des conditions météorologiques et de marée. Cette variabilité de la turbidité au voisinage du fond peut expliquer les écarts de mesure observés. On n'utilisera donc pas ces contrôles pour la qualification des données de fond.

Pour les mesures de surface, il n'existe pas la même variabilité de turbidité. De plus, sur l'ensemble de la période de déploiement, les valeurs de turbidité minimum enregistrées par la bouée MOLIT sont de l'ordre de 4 FNU (cf figure 9) alors qu'en surface, 70% des valeurs de référence mesurées au laboratoire sont inférieures à 2 FNU. Il semble y avoir un problème d'ajustage dans les faibles valeurs. En observant les données de l'année 2012, on constate que ces valeurs inférieures à 4 FNU étaient mesurées (cf figure 10).

On propose donc de qualifier en DOUTEUX les données de turbidité acquises en surface pour toute la période de déploiement.

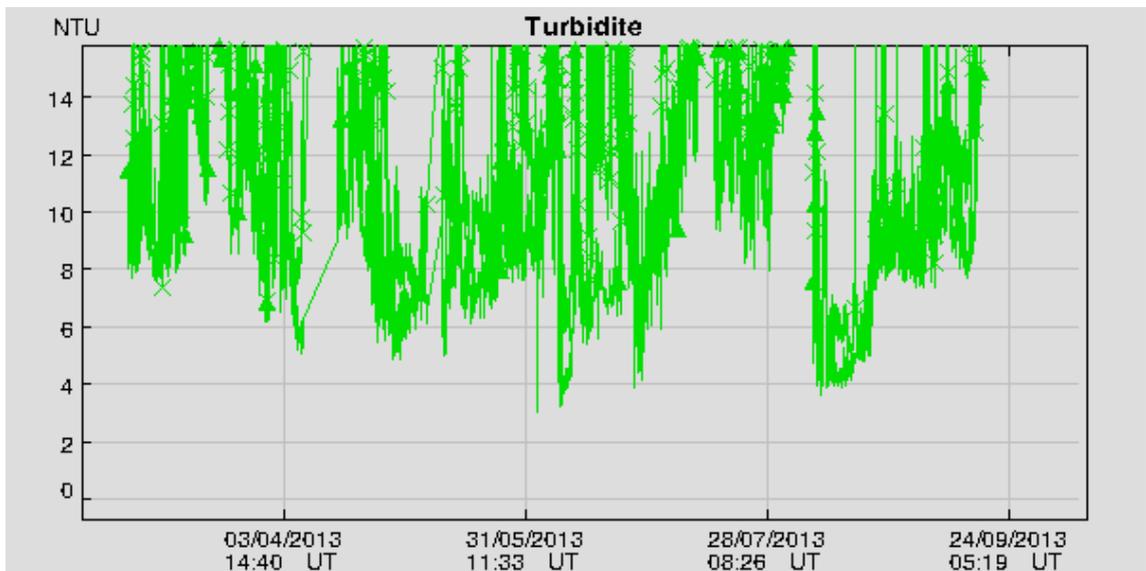


Figure 9 : mesures de turbidité enregistrées par la station de mesure Molit en surface (▲) et au fond (✕) en 2013.

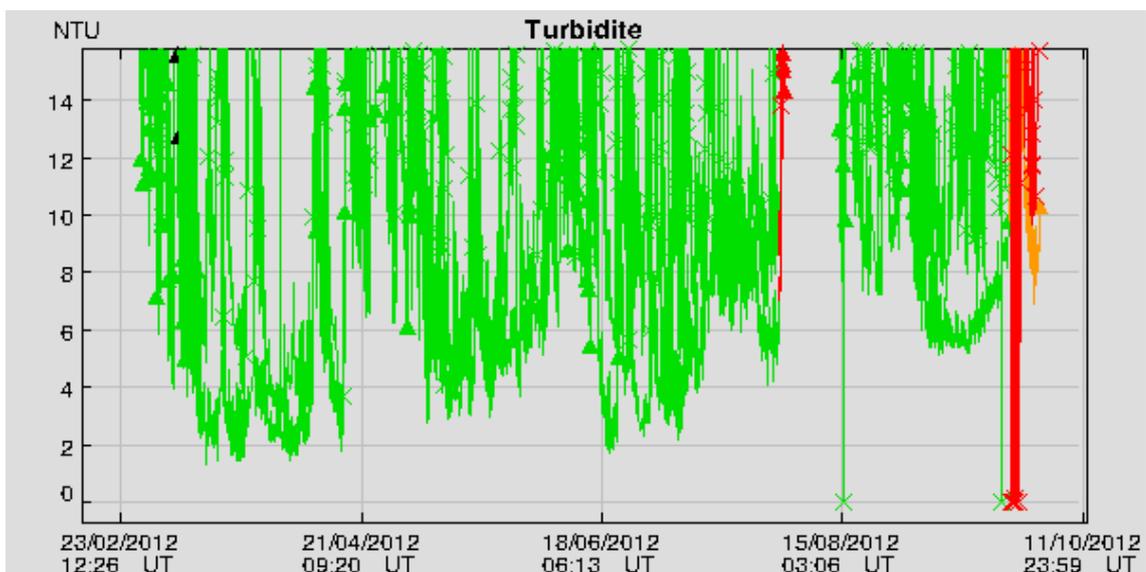


Figure 10 : mesures de turbidité enregistrées par la station de mesure Molit en surface (▲) et au fond (✕) en 2012.

3. Historique des opérations de maintenance

L'historique des opérations de maintenance réalisées sur la période de déploiement peut également apporter des éléments pour qualifier les données.

➤ *22 février*

Installation de la bouée MOLIT équipée d'une sonde multiparamètre NKE MP6 mesurant les paramètres température, salinité, turbidité, oxygène dissous et fluorescence.

Fréquence de mesure = 1 mesure toutes les heures

➤ *8 avril*

La station MOLIT s'est mise en ARRET le 8 avril sans explication. L'équipe RDT/LDCM a relancé la station le 16 avril.

➤ *3 juin*

Intervention de l'équipe RDT/LDCM Brest pour changer la sonde MP6. Le changement de sonde a lieu à 11h00.

On note après ce changement de sonde un problème avec la mesure de fluorescence. Les valeurs de fluorescence enregistrées par la nouvelle sonde sont très faibles par rapport à celles mesurées par l'ancienne sonde.

Des prélèvements pour mesure de chlorophylle *a* ont été réalisés au fond et en surface avant le changement de sonde. Les résultats d'analyse ont montré de fortes teneurs en chlorophylle *a* qui corroborent les fortes valeurs de fluorescence enregistrées par l'ancienne sonde.

Cette nouvelle sonde MP6 était en maintenance chez NKE avant son installation sur la bouée MOLIT. L'ajustage du capteur de fluorescence a du être modifié par NKE.

L'équipe RDT/SMI Brest décide de laisser la sonde en place malgré ce problème avec la mesure de fluorescence.

Les résultats de la vérification du paramètre fluorescence (cf annexe 3) réalisée après la campagne de mesure par le laboratoire RDT, confirment le mauvais ajustage de cette sonde n°27006-20018.

La vérification du paramètre fluorescence consiste à mesurer la réponse du capteur de fluorescence qui est immergé dans plusieurs solutions étalons de fluorescéine.

Il existe une relation linéaire entre la concentration de la solution de fluorescéine et la réponse du capteur de fluorescence et l'analyse des étalonnages des sondes multiparamètres utilisées sur MOLIT depuis 2011 nous montre que la droite d'étalonnage doit être :

$$\mu\text{g/L de fluorescéine} = 3.5 \times \text{FFU capteur}$$

La pente de la droite d'étalonnage de la sonde n°27006-20018 a une valeur d'environ 19.2 au lieu de 3.5 (cf figure 11).

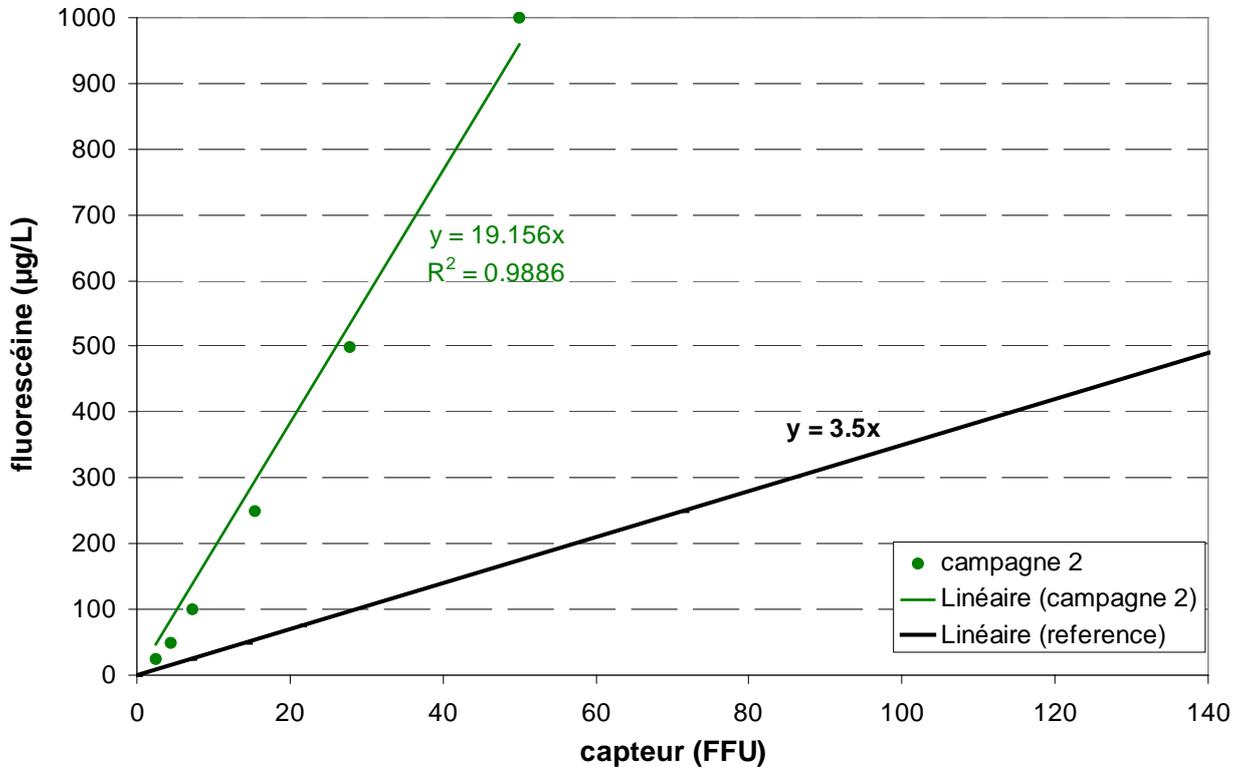


Figure 11 : linéarité du capteur de fluorescence de la sonde utilisée sur la bouée MOLIT du 3 juin au 8 août 2013.

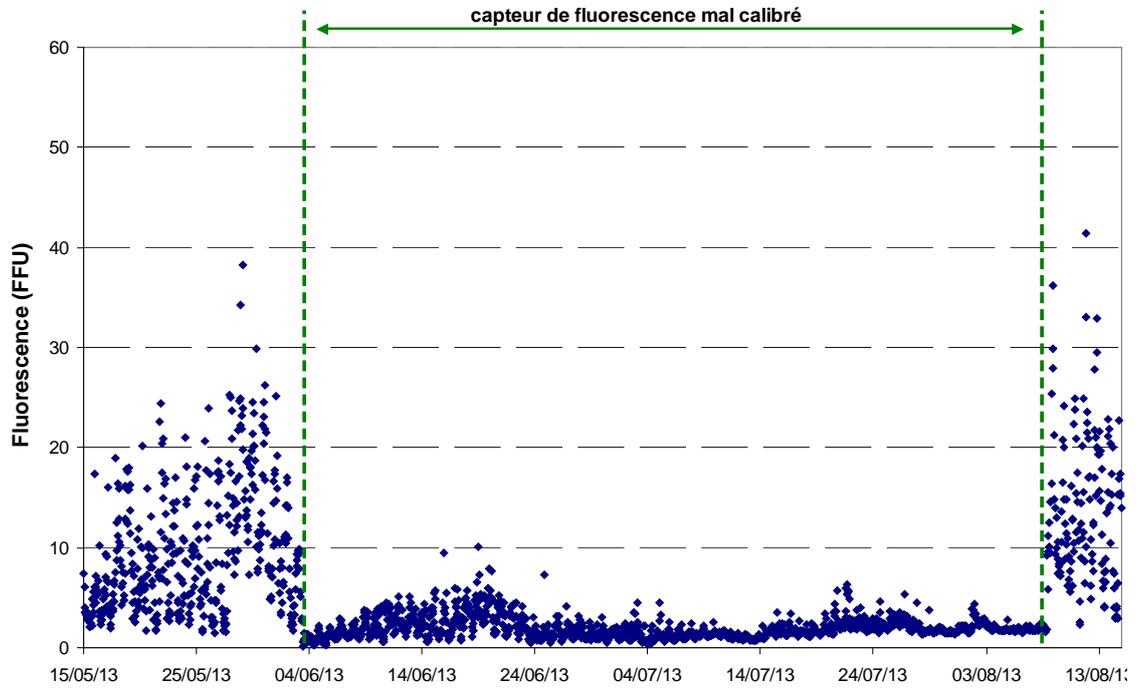
Pendant la période du 3 juin (10h09 ut pour la surface et 10h39 ut pour le fond) au 8 août (7h54 ut pour la surface et 8h24 ut pour le fond), les données de fluorescence doivent donc être corrigées en appliquant un facteur de correction de 5.5 :

$$\text{Fluorescence} = \text{Fluorescence enregistrée} \times 5.5$$

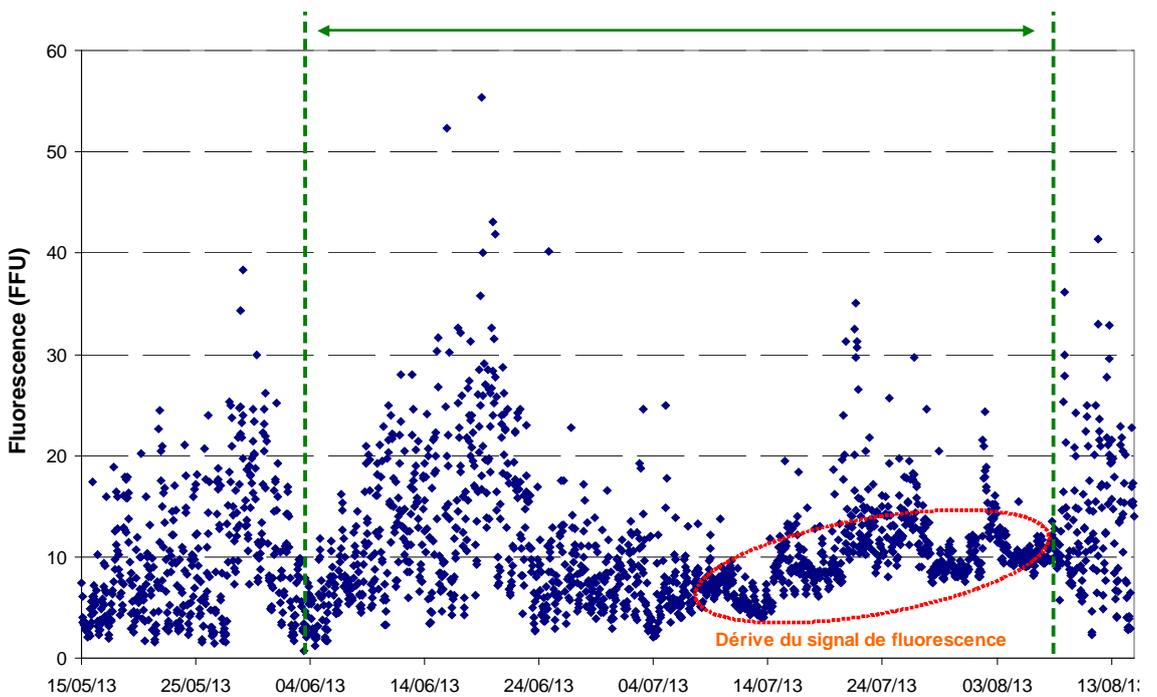
Observation de l'effet de la correction sur la mesure (figures 12 A, B, C et D)

EN SURFACE

A : Avant correction

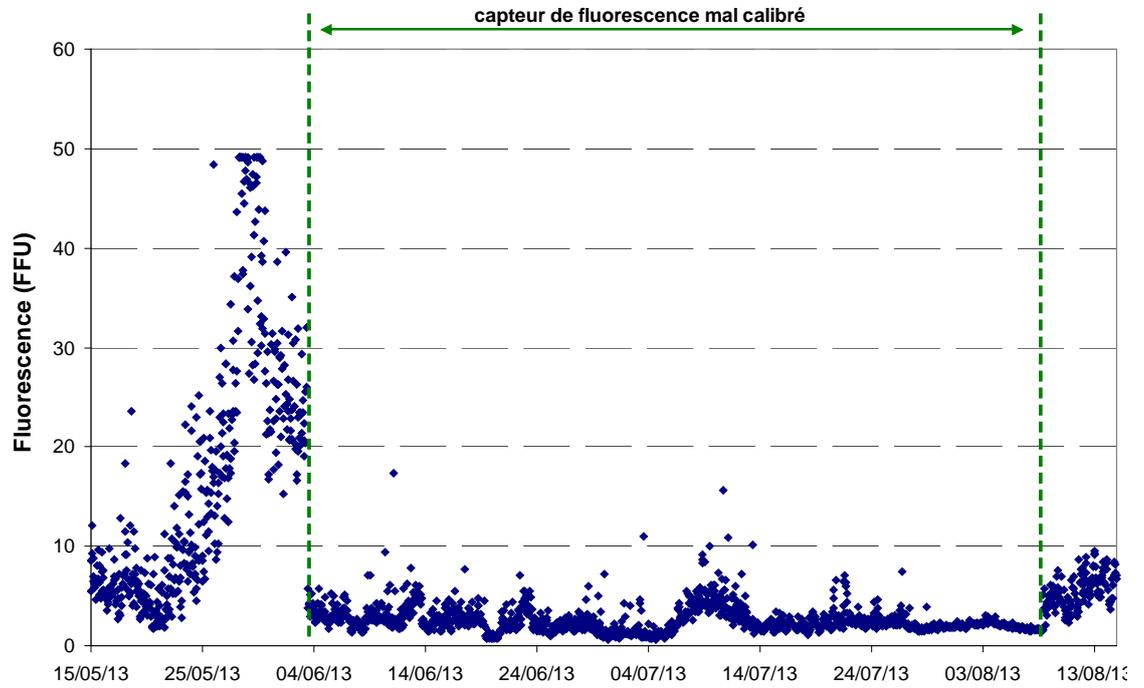


B : Après correction

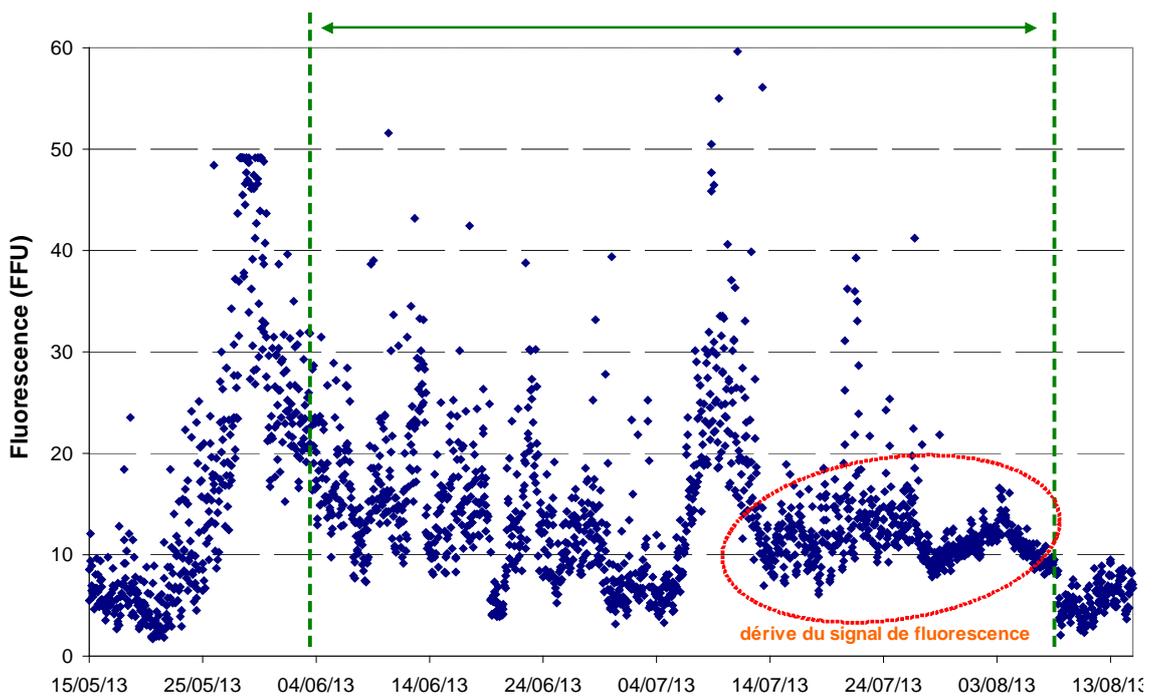


AU FOND

C : Avant correction



D : Après correction



Après correction des données, on retrouve des niveaux de fluorescence équivalents à ceux enregistrés avant le changement de sonde (figures 12).

Sur les graphiques des données corrigées, on observe une dérive de la mesure de fluorescence à partir du 10 juillet et cette dérive est confirmée par les valeurs de fluorescence obtenues après le changement sonde le 8 août.

Une fois corrigées, les données de fluorescence acquises entre le 10 juillet et le 7 août sont qualifiées en DOUTEUX.

➤ 26 juin

Suite à des problèmes de débit de pompage (cf figure 13), l'équipe RDT/LDCM Brest est intervenue pour changer la perche (structure d'accueil de la sonde multiparamètre comprenant le dispositif de pompage).

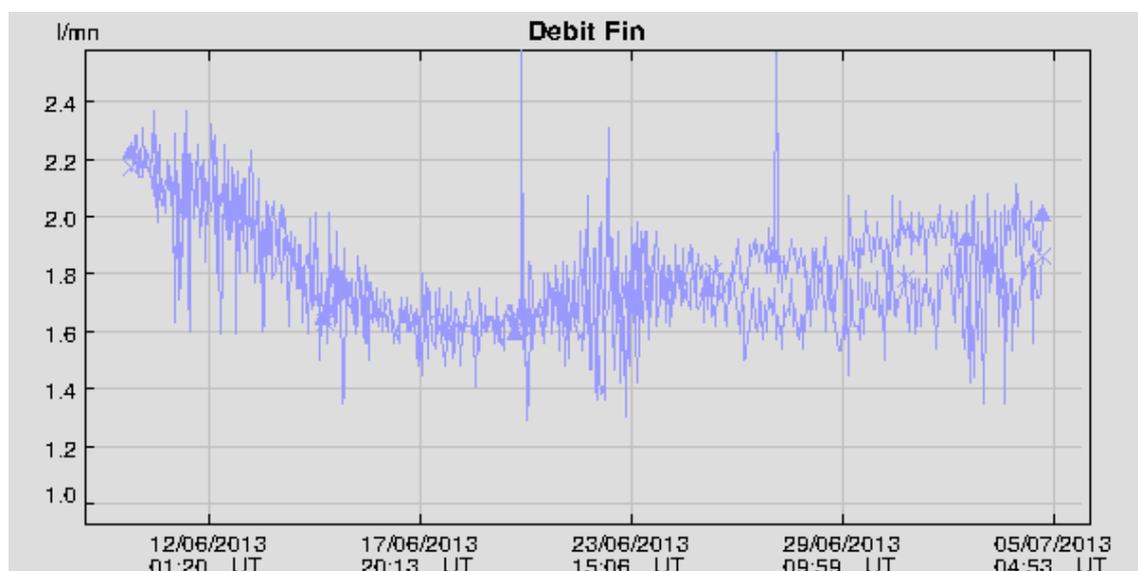


Figure 13 : Evolution des débits de pompage début cycle 1 ▲ et début cycle 3 ✖

➤ 10 juillet

Comme pour la mesure de fluorescence, on observe une dérive de la mesure de turbidité à partir du 10 juillet (cf figure 14). Cette dérive augmente à partir du 1^{er} août.

Les capteurs de turbidité et fluorescence sont des capteurs optiques ; les problèmes de dérive sont certainement liés au développement de biofouling à la surface des capteurs.

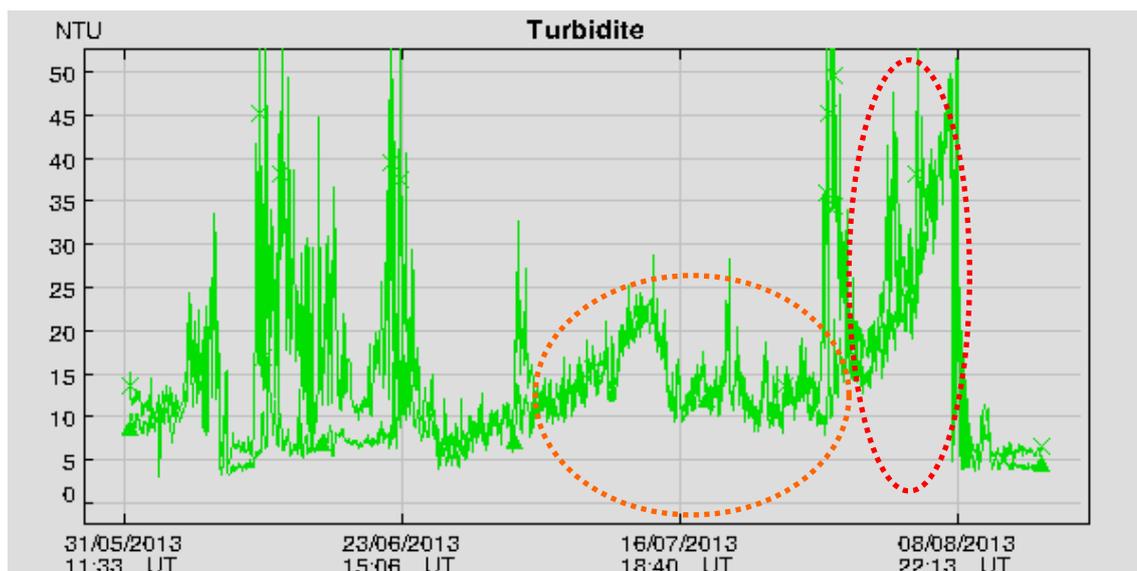


Figure 14 : mesures de turbidité enregistrées par la station de mesure Molit en surface (★) et au fond (★) du 31 mai au 15 août 2013.

Les données de turbidité acquises au fond et en surface du 10 juillet au 31 juillet sont qualifiées en DOUTEUX.

Les données de turbidité acquises au fond et en surface du 1er août au 8 août sont qualifiées en FAUX.

Le constat de vérification de la sonde multiparamètre effectué après campagne (cf annexe 3) confirme ce problème de mesure. L'étalonnage montre une erreur de 25% supérieure à l'EMT de 10%.

➤ 8 août

Intervention du laboratoire RDT/LDCM Brest suite aux dérives de plusieurs capteurs. La sonde multiparamètre est changée.

➤ 1^{er} octobre

Le LER/MPL signale à l'équipe RDT/LDCM une dérive très importante de la mesure de salinité et une légère dérive du signal de turbidité lors du contrôle *in-situ*. Le laboratoire n'a pas d'autre sonde étalonnée pour envisager un éventuel remplacement.

➤ **9 octobre**

Intervention du LER/MPL pour vérifier l'état de la sonde. La piscine est très fortement colonisée par des moules (figures 15 A et B). On note également la présence de biofouling sur les capteurs qui indique que le système de chloration du circuit de mesure MOLIT est inopérant.

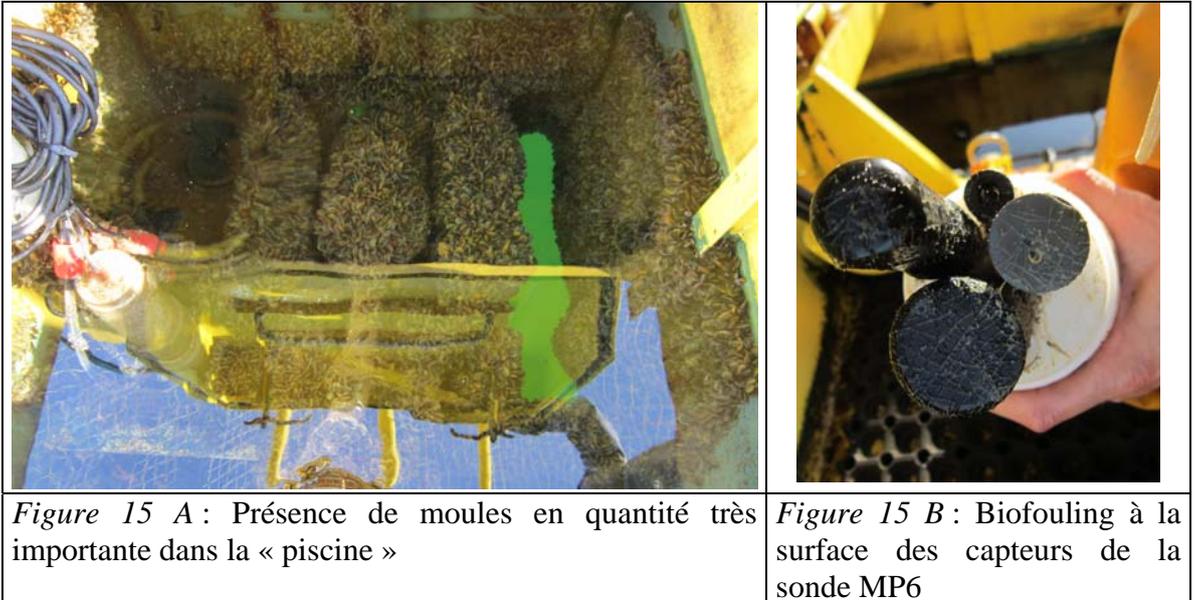


Figure 15 A : Présence de moules en quantité très importante dans la « piscine »

Figure 15 B : Biofouling à la surface des capteurs de la sonde MP6

Les mauvaises conditions météorologiques n'ont pas permis d'envisager une réparation. La station a donc été mise en « ARRET » le 25 octobre.

➤ **30 octobre**

Relevage de la bouée MOLIT pour carénage et hivernage au port de La Turballe.

La crépine de prélèvement de fond se trouve dans la vase. Ceci explique les problèmes de débits de pompage observés à partir du 15 octobre (figure 16).

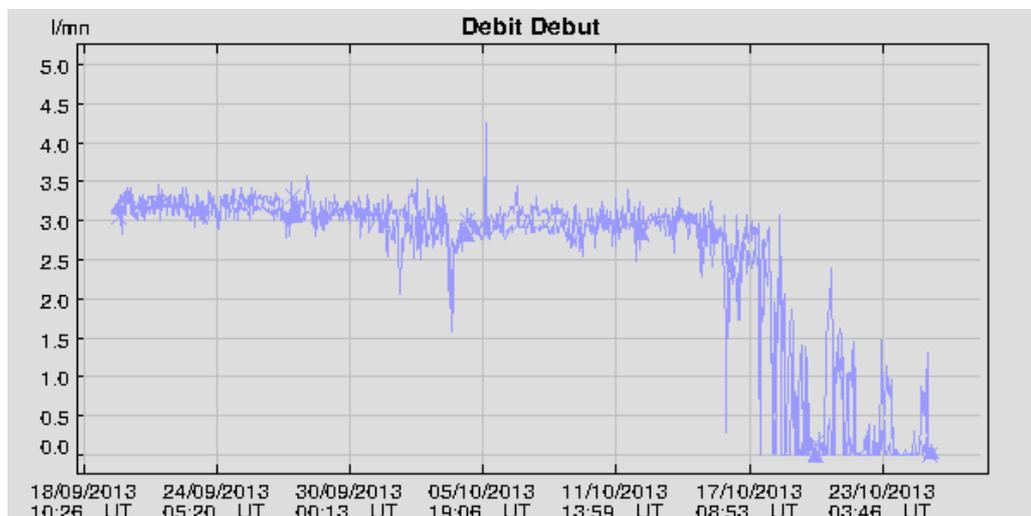


Figure 16 : Evolution des débits de pompage début cycle 1 ▲ et début cycle 3 ✖

Les données acquises pour tous les paramètres entre le 15 octobre et le 25 octobre sont qualifiées en FAUX pour les 2 niveaux.

De plus, étant donné l'état des capteurs optiques observé le 9 octobre, on peut émettre un doute sur les données acquises en turbidité et fluorescence.

En observant les données enregistrées en turbidité du 1^{er} septembre au 15 octobre, on note une dérive de la mesure à partir du 18 septembre (figure 17).

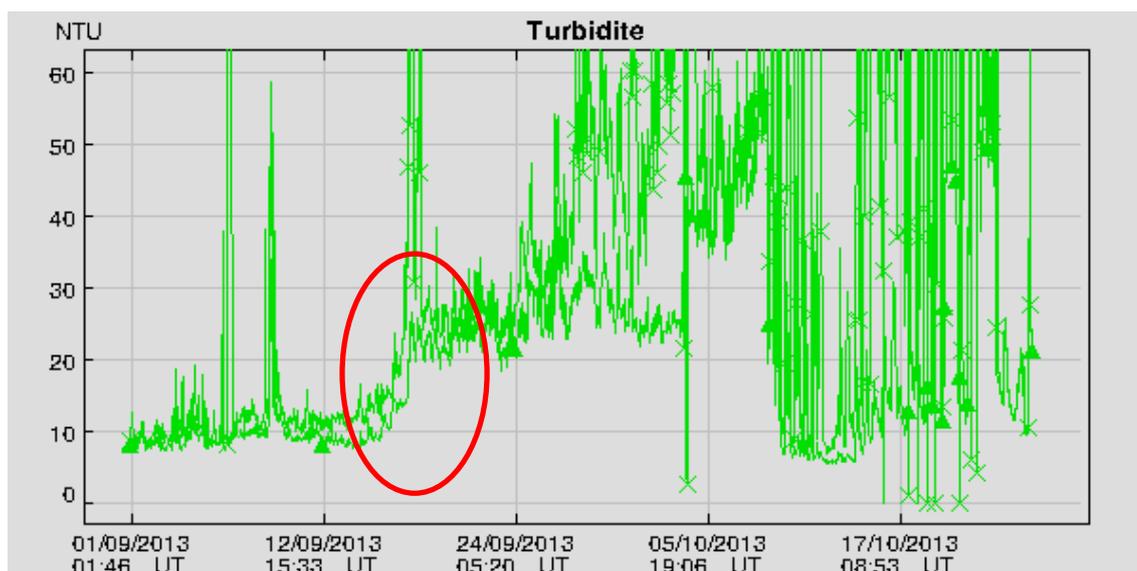


Figure 17 : mesures de turbidité enregistrées par la station de mesure Molit en surface (▲) et au fond (✕) du 1^{er} septembre au 15 octobre.

Les données de turbidité acquises entre le 18 septembre et le 15 octobre sont qualifiées en FAUX pour les 2 niveaux.

Les données de fluorescence mesurées entre le 9 octobre et le 15 octobre sont qualifiées en DOUTEUX pour les 2 niveaux.

4. Conclusion

Le calendrier ci-après présente une proposition de validation des données température, salinité, oxygène dissous, turbidité et fluorescence à partir des éléments décrits aux paragraphes précédents.

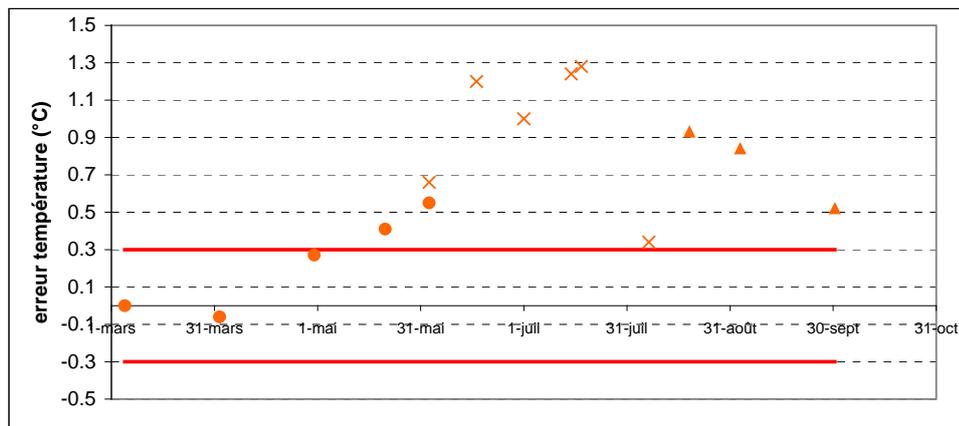
Légende du calendrier :

	BON
	DOUTEUX
	FAUX
	ABSENCE mesures

Annexe 1 : Résultats bruts des contrôles des mesures de fond

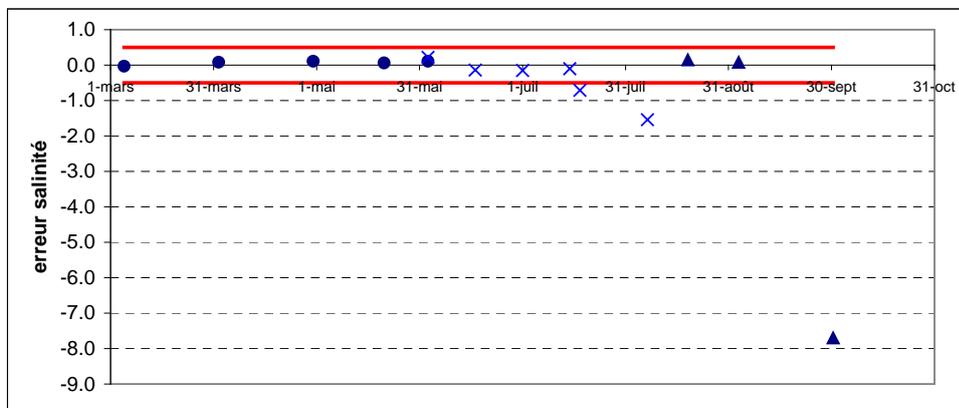
Température (°C)

Date	Heure ut	MOLIT	Heure ut	Référence	Erreur	EMT haute	EMT basse
05/03/2013	7h19	8.3	7h40	8.3	0.0	0.3	-0.3
02/04/2013	8h28	8.5	8h35	8.6	-0.1	0.3	-0.3
30/04/2013	7h49	10.4	7h52	10.1	0.3	0.3	-0.3
21/05/2013	10h07	11.3	10h16	10.9	0.4	0.3	-0.3
03/06/2013	8h40	12.3	8h50	11.7	0.5	0.3	-0.3
03/06/2013	10h39	12.4	10h15	11.7	0.7	0.3	-0.3
17/06/2013	8h32	14.5	8h32	13.3	1.2	0.3	-0.3
01/07/2013	8h48	14.5	8h48	13.5	1.0	0.3	-0.3
15/07/2013	9h35	16.2	9h55	15.0	1.2	0.3	-0.3
18/07/2013	08h56	16.0	08h53	14.7	1.3	0.3	-0.3
07/08/2013	5h18	19.3	4h52	18.9	0.3	0.3	-0.3
19/08/2013	13h59	18.1	14h22	17.2	0.9	0.3	-0.3
03/09/2013	11h21	17.0	11h21	16.1	0.8	0.3	-0.3
01/10/2013	11h06	16.7	11h12	16.2	0.5	0.3	-0.3



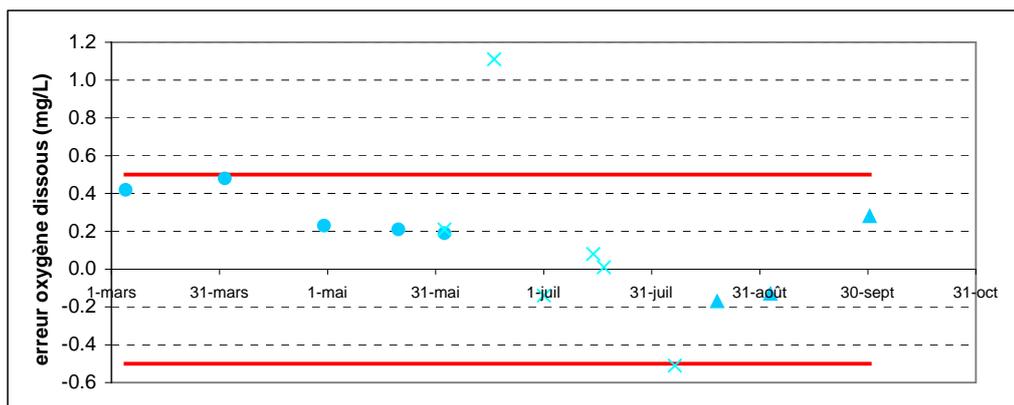
Salinité

Date	Heure ut	MOLIT	Heure ut	Référence	Erreur	EMT haute	EMT basse
05/03/2013	7h19	32.6	7h40	32.6	0.0	0.5	-0.5
02/04/2013	8h28	31.2	8h35	31.1	0.1	0.5	-0.5
30/04/2013	7h49	33.7	7h52	33.6	0.1	0.5	-0.5
21/05/2013	10h07	35.0	10h16	34.9	0.1	0.5	-0.5
03/06/2013	8h40	34.9	8h50	34.8	0.1	0.5	-0.5
03/06/2013	10h39	35.0	10h15	34.8	0.2	0.5	-0.5
17/06/2013	8h32	33.7	8h32	33.9	-0.1	0.5	-0.5
01/07/2013	8h48	34.2	8h48	34.4	-0.1	0.5	-0.5
15/07/2013	9h35	34.3	9h55	34.4	-0.1	0.5	-0.5
18/07/2013	08h56	33.8	08h53	34.5	-0.7	0.5	-0.5
07/08/2013	5h18	32.7	4h52	34.2	-1.5	0.5	-0.5
19/08/2013	13h59	34.8	14h22	34.7	0.1	0.5	-0.5
03/09/2013	11h21	35.2	11h21	35.1	0.1	0.5	-0.5
01/10/2013	11h06	27.3	11h12	35.0	-7.7	0.5	-0.5



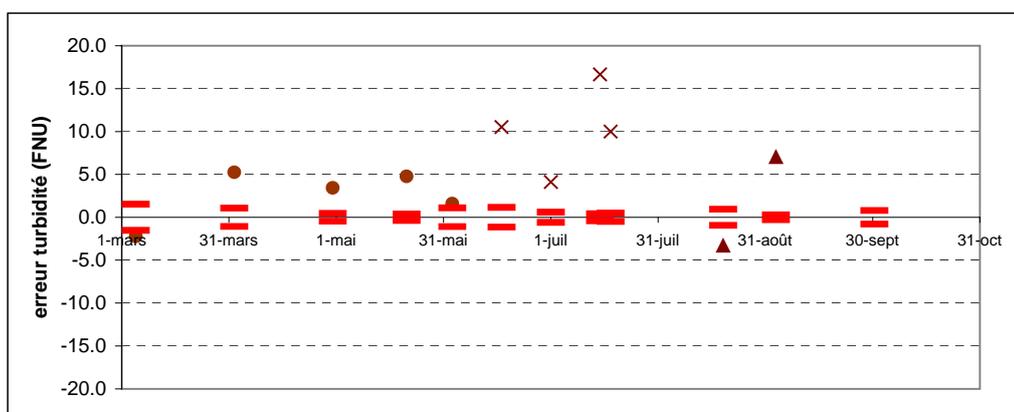
Oxygène dissous (mg/L)

Date	Heure ut	MOLIT	Heure ut	Référence	Erreur	EMT haute	EMT basse
05/03/2013	7h19	9.5	7h40	9.1	0.4	0.5	-0.5
02/04/2013	8h28	9.5	8h35	9.0	0.5	0.5	-0.5
30/04/2013	7h49	7.7	7h52	7.5	0.2	0.5	-0.5
21/05/2013	10h07	7.1	10h16	6.9	0.2	0.5	-0.5
03/06/2013	8h40	7.0	8h50	6.8	0.2	0.5	-0.5
03/06/2013	10h39	7.1	10h15	6.8	0.2	0.5	-0.5
17/06/2013	8h32	5.8	8h32	4.7	1.1	0.5	-0.5
01/07/2013	8h48	4.8	8h48	4.9	-0.1	0.5	-0.5
15/07/2013	9h35	4.3	9h55	4.3	0.1	0.5	-0.5
18/07/2013	08h56	3.5	08h53	3.5	0.0	0.5	-0.5
07/08/2013	5h18	4.3	4h52	4.8	-0.5	0.5	-0.5
19/08/2013	13h59	4.3	14h22	4.4	-0.2	0.5	-0.5
03/09/2013	11h21	3.5	11h21	3.6	-0.1	0.5	-0.5
01/10/2013	11h06	3.4	11h12	3.2	0.3	0.5	-0.5



Turbidité (FNU)

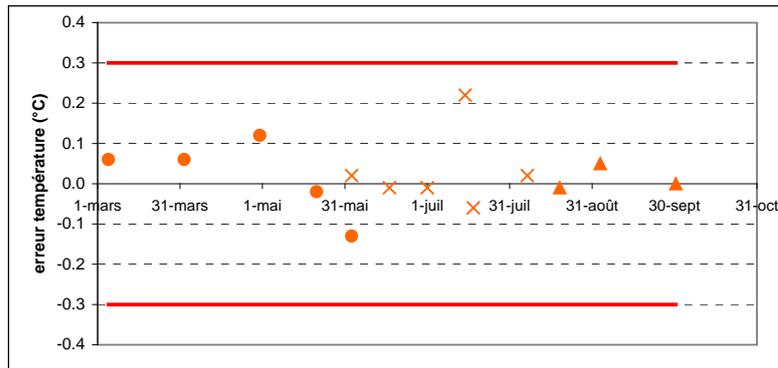
Date	Heure ut	MOLIT	Heure ut	Référence	Erreur	EMT haute	EMT basse
05/03/2013	7h19	13.1	7h40	15.3	-2.2	1.5	-1.5
02/04/2013	8h28	16.0	8h35	10.7	5.3	1.1	-1.1
30/04/2013	7h49	7.9	7h52	4.5	3.4	0.5	-0.5
21/05/2013	10h07	8.7	10h16	3.9	4.8	0.4	-0.4
03/06/2013	8h40	12.6	8h50	11.0	1.6	1.1	-1.1
17/06/2013	8h32	22.0	8h32	11.5	10.5	1.2	-1.2
01/07/2013	8h48	10.0	8h48	5.9	4.1	0.6	-0.6
15/07/2013	9h35	20.8	9h55	4.1	16.7	0.4	-0.4
18/07/2013	08h56	14.8	08h50	4.8	10.0	0.5	-0.5
19/08/2013	13h59	6.1	14h22	9.4	-3.3	0.9	-0.9
03/09/2013	11h21	9.9	11h21	2.9	7.0	0.3	-0.3
01/10/2013	11h06	59.5	11h12	7.9	51.6	0.8	-0.8



Annexe 2 : Résultats bruts des contrôles des mesures de surface

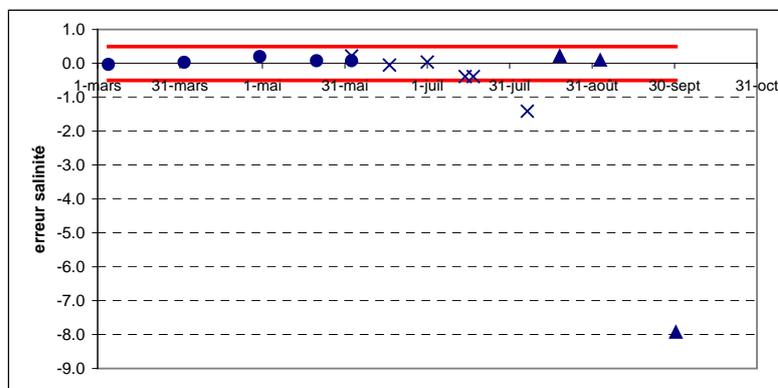
Température (°C)

Date	Heure ut	MOLIT	Heure ut	Référence	Erreur	EMT haute	EMT basse
05/03/2013	7h49	8.2	8h10	8.1	0.1	0.3	-0.3
02/04/2013	8h59	8.2	9h02	8.1	0.1	0.3	-0.3
30/04/2013	7h19	11.0	7h40	10.9	0.1	0.3	-0.3
21/05/2013	11h42	12.5	11h09	12.5	0.0	0.3	-0.3
03/06/2013	8h10	13.6	9h00	13.7	-0.1	0.3	-0.3
03/06/2013	10h09	13.9	10h08	13.8	0.0	0.3	-0.3
17/06/2013	8h02	16.4	8h05	16.4	0.0	0.3	-0.3
01/07/2013	8h18	16.7	8h18	16.7	0.0	0.3	-0.3
15/07/2013	11h05	19.5	10h53	19.3	0.2	0.3	-0.3
18/07/2013	08h25	18.8	08h25	18.9	-0.1	0.3	-0.3
07/08/2013	5h48	20.4	4h57	20.3	0.0	0.3	-0.3
19/08/2013	14h29	19.9	14h29	19.9	0.0	0.3	-0.3
03/09/2013	11h51	18.8	11h51	18.8	0.0	0.3	-0.3
01/10/2013	11h36	17.6	11h36	17.6	0.0	0.3	-0.3



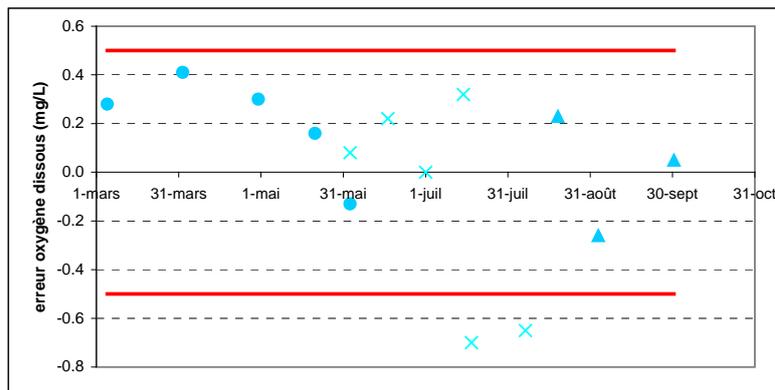
Salinité

Date	Heure ut	MOLIT	Heure ut	Référence	Erreur	EMT haute	EMT basse
05/03/2013	7h49	30.7	8h10	30.8	0.0	0.5	-0.5
02/04/2013	8h59	29.7	9h02	29.6	0.0	0.5	-0.5
30/04/2013	7h19	32.2	7h40	32.0	0.2	0.5	-0.5
21/05/2013	11h42	34.2	11h09	34.1	0.1	0.5	-0.5
03/06/2013	8h10	33.5	9h00	33.4	0.1	0.5	-0.5
03/06/2013	10h09	33.7	10h08	33.5	0.2	0.5	-0.5
17/06/2013	8h02	32.2	8h05	32.2	0.0	0.5	-0.5
01/07/2013	8h18	33.0	8h18	33.0	0.0	0.5	-0.5
15/07/2013	11h05	32.9	10h53	33.3	-0.4	0.5	-0.5
18/07/2013	08h25	33.0	08h25	33.4	-0.4	0.5	-0.5
07/08/2013	5h48	32.6	4h57	34.1	-1.4	0.5	-0.5
19/08/2013	14h29	34.6	14h29	34.3	0.2	0.5	-0.5
03/09/2013	11h51	35.2	11h51	35.1	0.1	0.5	-0.5
01/10/2013	11h36	23.9	11h36	31.8	-7.9	0.5	-0.5



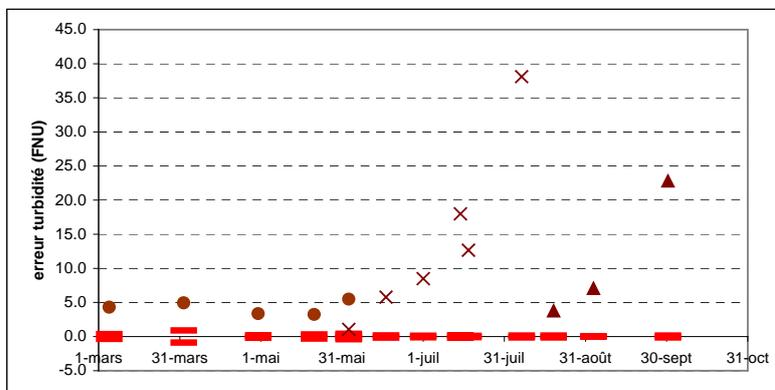
Oxygène dissous (mg/L)

Date	Heure ut	MOLIT	Heure ut	Référence	Erreur	EMT haute	EMT basse
05/03/2013	7h49	9.9	8h10	9.6	0.3	0.5	-0.5
02/04/2013	8h59	9.9	9h02	9.5	0.4	0.5	-0.5
30/04/2013	7h19	9.2	7h40	8.9	0.3	0.5	-0.5
21/05/2013	11h42	8.7	11h09	8.5	0.2	0.5	-0.5
03/06/2013	8h10	9.9	9h00	10.0	-0.1	0.5	-0.5
03/06/2013	10h09	10.2	10h08	10.1	0.1	0.5	-0.5
17/06/2013	8h02	9.3	8h05	9.1	0.2	0.5	-0.5
01/07/2013	8h18	9.3	8h18	9.3	0.0	0.5	-0.5
15/07/2013	11h05	10.4	10h53	10.0	0.3	0.5	-0.5
18/07/2013	08h25	9.6	08h25	10.3	-0.7	0.5	-0.5
07/08/2013	5h48	6.6	4h57	7.2	-0.7	0.5	-0.5
19/08/2013	14h29	8.0	14h29	7.8	0.2	0.5	-0.5
03/09/2013	11h51	7.4	11h51	7.6	-0.3	0.5	-0.5
01/10/2013	11h36	8.7	11h36	8.6	0.1	0.5	-0.5



Turbidité (FNU)

Date	Heure ut	MOLIT	Heure ut	Référence	Erreur	EMT haute	EMT basse
05/03/2013	7h49	7.8	8h10	3.5	4.3	0.4	-0.4
02/04/2013	8h59	13.8	9h02	8.9	4.9	0.9	-0.9
30/04/2013	7h19	5.2	7h40	1.8	3.4	0.2	-0.2
21/05/2013	11h42	6.3	11h09	3.1	3.2	0.3	-0.3
03/06/2013	8h10	9.5	9h00	4.0	5.5	0.4	-0.4
03/06/2013	10h09	3.1	10h08	2.0	1.1	0.2	-0.2
17/06/2013	8h02	7.4	8h05	1.6	5.8	0.2	-0.2
01/07/2013	8h18	9.6	8h18	1.1	8.5	0.1	-0.1
15/07/2013	11h05	19.8	10h53	1.8	18.0	0.2	-0.2
18/07/2013	8h25	13.7	8h20	1.0	12.7	0.1	-0.1
07/08/2013	5h48	39.5	4h57	1.4	38.1	0.1	-0.1
19/08/2013	14h29	5.1	14h29	1.3	3.8	0.1	-0.1
03/09/2013	11h51	7.5	11h51	0.4	7.1	0.0	0.0
01/10/2013	11h36	24.1	11h36	1.3	22.8	0.1	-0.1



Annexe 3

Constat de vérification de la sonde multiparamètre MP6 après la 2^{ème} campagne de mesure (3 juin au 8 août) – CRP n°M-DCM-13-109



Ifremer

Centre de Brest
Département Recherches et Développement Technologiques
Laboratoire Détection, Capteurs et Mesures

CS 10070 - 29280 PLOUZANE
Tél. : 02 98 22 40 40
Télécopie : 02 98 22 45 35

COMPTE RENDU DE PRESTATION

N° M-DCM-13-109

DELIVRE A : IFREMER
CS 10070 – 29280 PLOUZANE

INSTRUMENT ETALONNE

(Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° de série : 27006-20018 // //

N° d'identification : IFR 746 // //

Ce compte rendu comprend 10 pages.

Date d'émission : 28/01/2014

LE REDACTEUR

Mlle C. LE BIHAN



LA RESPONSABLE TECHNIQUE DU
LABORATOIRE

Mlle F. SALVETAT



LA REPRODUCTION DE CE DOCUMENT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL.

Diffusion confidentielle : RDT/DCM – L. Quemener ; C. Le Bihan ; N. Lamandé

Instrument étalonné (Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° Série : 27006-20018 // //

N° Id : IFR 746 // //

Matériel utilisé

Mesure de température de référence

- Bain d'eau thermostaté HART 7050 n°A23002 où l'eau circule en permanence afin de réduire les différences de température :
Volume de travail : 460 × 460 × 790 mm.
Gamme de régulation : - 1,5°C à + 40°C.
La salinité peut varier de l'eau douce à l'eau de mer naturelle.
- Thermomètre Fluke 1560 Black Stack n°: B01977 avec sa sonde Fluke Hart Scientific type 5626, Sn : 3271.

Mesure de salinité de référence

Salinomètre de laboratoire GUIDLINE AUTOSAL 8400B n°70583 (Température de régulation : 21°C).

Le salinomètre est étalonné avec :

- une ampoule d'eau de mer étalon Batch 154 – 30 octobre 2012 - $K_{15} = 0,99990$ - $S = 34,996$;
- une ampoule d'eau de mer étalon IAPSO 10L9 - 22 juillet 2004 - $S = 10,025$.

La salinité est calculée par le salinomètre d'après le rapport de conductivité (mesuré par le salinomètre) en utilisant les formules empiriques conseillées par l'UNESCO "The Practical Salinity Scale 1978".

L'incertitude élargie sur les mesures de salinité est estimée à : $U = \pm 1.10^{-2}$.

Mesure de conductivité de référence

Cette salinité, l'immersion du capteur et la température du bain mesurée par le thermomètre de travail, nous permettent de calculer la conductivité de référence en appliquant la formule itérative préconisée par l'UNESCO en 1980 avec $C_{35,15,0} = 42,914$ mS/cm.

L'incertitude élargie sur les mesures de conductivité est estimée à : $U = \pm 0,01$ mS/cm.

Mesure de turbidité de référence

Des dilutions sont réalisées à partir d'une solution étalon de formazine HACH de 4000 NTU.

Instrument étalonné (Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° Série : 27006-20018 // //

N° Id : IFR 746 // //

Mesure d'oxygène dissous de référence

- Flacons de prélèvements dont les volumes ont été établis en avril 2013.
- Titreur automatique METROHM Titrino Plus 848 rempli d'une solution de thiosulfate de sodium normalité 0,02.
- Réactifs nécessaires à la méthode Winkler, méthode décrite dans le livre « Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses » d'Alain Aminot et Roger Kérouel.

Mesure de fluorescence de référence

Une solution mère de concentration égale à 10 mg/l est réalisée à partir de fluorescéine en poudre.

Des dilutions sont réalisées à partir de cette solution mère.

Interfaçage du capteur étalonné

- PC + logiciel "winmemo".
- Fréquence d'acquisition : 1 mesure / 10 secondes.
- Temps d'acquisition : 20 minutes.

Instrument étalonné (Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° Série : 27006-20018 // //

N° Id : IFR 746 // //

Mode opératoire

Mesure de température - conductivité

Les capteurs de température et conductivité sont complètement immergés dans le bain de façon à ce que la cellule de conductivité soit dans le sens de circulation de l'eau.

Le thermomètre de travail est placé à proximité du capteur de température étalonné.

Un débullage de la cellule de conductivité est réalisé par agitation de la sonde.

A chaque palier de température, trois échantillons d'eau sont prélevés. Leur salinité est mesurée avec le salinomètre lorsque leur température est voisine de la température du laboratoire.

La configuration du capteur, l'extraction et le traitement des mesures sont effectués par l'IDHESA.

Ce compte rendu de prestation n'est valable que pour ce capteur de conductivité - température associé à cet appareil.

Pendant les mesures, la stabilité du bain est meilleure que $\pm 0,003^{\circ}\text{C}$ et sa dérive reste inférieure à $0,002^{\circ}\text{C}$.

La température du laboratoire pendant les essais est de $20,0^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$.

Mesure de turbidité

Le capteur est immergé dans chacune des solutions étalons.

La configuration du capteur, l'extraction et le traitement des mesures sont effectués par l'IDHESA.

Ce compte rendu de prestation n'est valable que pour ce capteur de turbidité associé à cet appareil.

La température du laboratoire pendant les essais est de $20,0^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$.

Mesure d'oxygène dissous

Un bain est rempli en eau douce mise sous agitation à température ambiante. Le capteur est immergé dans le bain.

Instrument étalonné (Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° Série : 27006-20018 // //

N° Id : IFR 746 // //

Le thermomètre de travail est placé à proximité du capteur d'oxygène dissous étalonné.

Trois échantillons ont été prélevés puis analysés selon la méthode Winkler décrite dans le livre « Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses » d'Alain Aminot et Roger Kérouel.

Un dosage du thiosulfate de sodium a été réalisé avant le dosage des échantillons.

La configuration du capteur, l'extraction et le traitement des mesures sont effectués par l'IDHESA.

Ce compte rendu de prestation n'est valable que pour ce capteur d'oxygène dissous associé à cet appareil.

La température du laboratoire pendant les essais est de $20,0^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$.

Mesure de fluorescence

Le capteur est immergé dans chacune des solutions étalons de fluorescéine.

La configuration du capteur, l'extraction et le traitement des mesures sont effectués par l'IDHESA.

Ce compte rendu de prestation n'est valable que pour ce capteur de fluorescence associé à cet appareil.

La température du laboratoire pendant les essais est de $20,0^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$.

Instrument étalonné (Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° Série : 27006-20018 // //

N° Id : IFR 746 // //

Résultats

Pour chaque point de mesure, le(s) tableau(x) suivant(s) donne(nt) sans ajustage :

- L'indication moyenne de référence.
- La moyenne et l'écart-type des indications du capteur.
- La correction correspondante.

Mesures effectuées du 18 septembre au 7 octobre 2013 par P . Riou de l'IDHESA.

CONFORMITE :

OXYGENE DISSOUS :

Oui

Conformité : +/- 0,20 mg/l

Résultat : 0,08 mg/l

CONDUCTIVITE :

Non

Conformité : +/- 0,300 mS/cm

Résultat : 0,586 mS/cm

TEMPERATURE :

Oui

Conformité : +/- 0,100 °C

Résultat : - 0,013 °C

TURBIDITE :

Non

Conformité : +/- 10 %

Résultat : 25 %

FLUORESCENCE :

Oui

Commentaires :

La déclaration de conformité ne tient pas compte des incertitudes de mesures mais seulement de l'erreur de justesse du capteur.

Etalonnage après campagne

Ensemble de mesure de CONDUCTIVITE - TEMPERATURE

Etalonnage après campagne :

Conductivité (1) - mS/cm	Référence Salinité (2) -		T°		Conductivité (4)		Capteur Salinité (5)		T°		Conductivité		Correction Salinité (2) - (5)		T° (3) - (6)		
	Moyenne (3) °C	Ecart type °C	Moyenne (4) mS/cm	Ecart type mS/cm	Moyenne (5)	Ecart type	Moyenne (6) °C	Ecart type °C	Moyenne (4) mS/cm	Ecart type mS/cm	Moyenne (5)	Ecart type	Moyenne (6) °C	Ecart type °C	Conductivité (1) - (4) mS/cm	Correction Salinité (2) - (5)	T° (3) - (6) °C
33,982	35,374	0,001	33,649	0,003	34,987	0,003	5,227	0,001	33,649	0,003	34,987	0,003	5,227	0,001	0,333	-	-0,003
30,169	26,805	0,002	29,890	0,002	26,524	0,003	10,311	0,003	29,890	0,002	26,524	0,003	10,311	0,003	0,279	0,281	-0,013
30,426	23,751	0,006	30,139	0,002	23,505	0,002	15,231	0,001	30,139	0,002	23,505	0,002	15,231	0,001	0,287	0,246	-0,003
48,480	35,374	0,001	47,894	0,002	34,898	0,002	20,104	0,001	47,894	0,002	34,898	0,002	20,104	0,001	0,586	0,476	-0,001

Résultat par rapport aux spécifications

Spécification MAREL : +/- 0,300 mS/cm
 +/- 0,100 °C

Correction max obtenue sur la mesure après la campagne : 0,586 mS/cm
 0,013 °C

Commentaires :

Instrument étalonné (Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° Série : 27006-20018 // //

N° Id : IFR 746 // //

Etalonnage après campagne

Ensemble de mesure d'OXYGENE DISSOUS

Etalonnage après campagne :

Référence (winkler)		Capteur			Correction
O ₂	T°	O ₂ dissous		T°	
(1)		Moyenne (2)	Ecart type		(1) - (2)
mg/l	°C	mg/l	mg/l	°C	mg/l
8,83	18,55	8,75	0,01	18,58	0,08
-	-	-	-	-	-

Résultat par rapport aux spécifications

Spécification MAREL : +/- 0,20 mg/l

Correction max obtenue sur la mesure
après la campagne : 0,08 mg/l

Commentaires :

--

Instrument étalonné (Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° Série : 27006-20018 // //

N° Id : IFR 746 // //

Etalonnage après campagne

Ensemble de mesure de TURBIDITE

Etalonnage après campagne :

Référence Turbidité (1) NTU	Capteur Turbidité (2)		Correction	
	Moyenne (2) NTU	Ecart type NTU	(1) - (2) NTU	(1) - (2) %
0,00	0,01	0,02	-0,01	0
10,00	7,54	0,04	2,46	25
40,00	30,39	0,10	9,61	24
80,00	60,41	0,20	19,59	24

Résultat par rapport aux spécifications

Spécification MAREL : +/- 10 % de la mesure

Correction max obtenue sur
la mesure après la
campagne : 25 % de la mesure

Commentaires :

--

Instrument étalonné (Sonde // Capteur // Indicateur)

Désignation : Sonde multi-paramètres (vérification septembre 2013) // //

Constructeur : NKE // //

Type : MP6 // //

N° Série : 27006-20018 // //

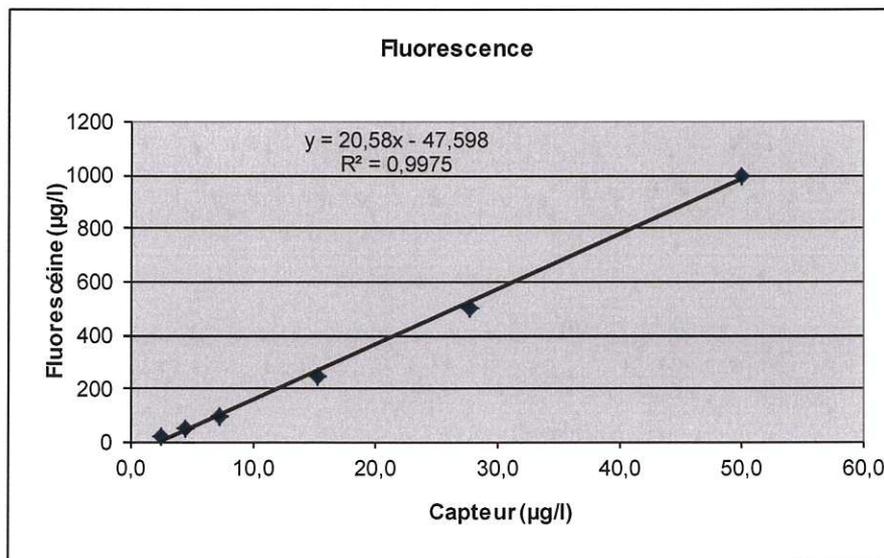
N° Id : IFR 746 // //

Vérification après campagne

Ensemble de mesure de FLUORESCENCE

Vérification de la linéarité du capteur après campagne :

Fluoresceine	Fluorimètre
µg/L	µg/L
1000	50,023
500	27,799
250	15,378
100	7,274
50	4,440
25	2,500
-	-



Commentaires :