

## DONNEES CTD, profils de la Campagne BOUM L. Prieur\*, C. Marec\*\* & T. Moutin\*\*\*

\* Laboratoire d'Océanologie de Villefranche, UMR7621-CNRS, BP 8, F-06238 Villefranche-sur-Mer

tel: (33) 93 76 37 14 / fax: (33) 93 76 37 29 / email: [prieur@obs-vlfr.fr](mailto:prieur@obs-vlfr.fr)

\*\* INSU, Service des Moyens à la Mer, Bât. IFRTP, Rue Dumont d'Urville, BP 74, F-29280 Plouzané

tel: (33) 98 05 65 34 / fax: (33) 98 05 65 30 / email : [claudie.marec@ifrmer.fr](mailto:claudie.marec@ifrmer.fr)

\*\*\* Laboratoire d'Océanographie Physique et Biogéochimique, Centre d'Océanologie de Marseille, UMR6535 CNRS, Campus de Luminy, F 13288 Marseille Cedex 09

### Introduction

Les mesures à la CTD Rosette ont été assurées par Claudie Marec (Service des Moyens à la mer de l'INSU), Louis Prieur (LOV, Villefranche-sur-Mer), Pascale Bouruet Aubertot (LOCEAN), assistés de Marc Picheral (LOV). Les dosages chimiques par la méthode de Winkler pour la calibration du capteur d'oxygène ont été réalisés par Dominique Lefèvre (Centre Océanologique de Marseille). Les mesures de pigments photosynthétiques, nécessaires à la calibration du capteur de fluorescence de la CTD ont été effectuées par Joséphine Ras (LOV), celles des nitrates, pour étalonnage du capteur ISUS par Mireille Pujou Pay (Observatoire de Banyuls).

Le traitement des données Post Campagne a été réalisé par C. Marec, à l'aide du logiciel Seasave Win32 V 5.37m. La sonde utilisée était une sonde Sea-Bird, modèle SBE 911 plus, équipée des capteurs suivants avec leur date d'étalonnage utilisée dans le traitement *post-campagne* pour les capteurs physiques et oxygène et *pré campagne* pour les capteurs biogéochimiques ; ces références sont issues des en tête des fichiers CNV (voir ci dessous) :

```
# sensor 0 = Frequency 0 temperature, primary, 2882, 17sep2008
#sensor 1 = Frequency 1 conductivity, primary, 2363, 17sep2008, cpcor = -9.5700e-08
# sensor 2 = Frequency 2 pressure, 50047, 25/10/2000
# sensor 3 = Frequency 3 temperature, secondary, 1327, 17sep08
# sensor 4 = Frequency 4 conductivity, secondary, 1075, 17sep08, cpcor = -9.5700e-08
# sensor 5 = Extrnl Volt 0 Oxygen, SBE, primary, 0511, 13sep2008
# sensor 6 = Extrnl Volt 1 userpoly 0, 030, 19may2008
# sensor 7 = Extrnl Volt 2 fluorometer, chelsea, 088-235, 14sept2007
# sensor 8 = Extrnl Volt 3 transmissometer, primary, 372DR, 05may08
# sensor 9 = Extrnl Volt 4 irradiance (PAR), primary, 4339, 20feb04
# sensor 10 = Extrnl Volt 6 userpoly 1, 5
# sensor 11 = Extrnl Volt 9 surface irradiance (SPAR), degrees = 0.0
```

A la sonde était associé un carrousel Sea-Bird SBE 32, équipé de 24 bouteilles Niskin de 12 litres.

Afin de rendre compte de la multiplicité des capteurs additionnels utilisés, principalement en 'external Voltage', est reproduite ci-dessous la liste des variables, affichées par colonne successive croissant de gauche à droite (name0 à name 21) dans les fichiers ascii CNV et BTL ainsi que les fichiers ASCII :

```
# name 0 = prDM: Pressure, Digiquartz [db]
# name 1 = t090C: Temperature [ITS-90, deg C]
# name 2 = c0mS/cm: Conductivity [mS/cm]
```

```

# name 3 = t190C: Temperature, 2 [ITS-90, deg C]
# name 4 = c1mS/cm: Conductivity, 2 [mS/cm]
# name 5 = sbeox0V: Oxygen Voltage, SBE 43
# name 6 = modError: Modulo Error Count
# name 7 = fIC: Fluorescence, Chelsea Aqua 3 Chl Con [ug/l]
# name 8 = xmiss: Beam Transmission, Chelsea/Seatech/Wetlab CStar [%]
# name 9 = par: PAR/Irradiance, Biospherical/Licor
# name 10 = spar: SPAR/Surface Irradiance uEinstein.m-2.s-1
# name 11 = cpar: CPAR/Corrected Irradiance [%]
# name 12 = upoly0: Upoly 0, ISUS relative unit
# name 13 = upoly1: Upoly 1, PVM5 nombre de particules comptées
# name 14 = sbeox0Mm/Kg: Oxygen, SBE 43 [umol/Kg], WS = 2
# name 15 = sal00: Salinity [PSU]
# name 16 = sal11: Salinity, 2 [PSU]
# name 17 = potemp090C: Potential Temperature [ITS-90, deg C]
# name 18 = potemp190C: Potential Temperature, 2 [ITS-90, deg C]
# name 19 = sigma-é00: Density [sigma-theta, Kg/m^3]
# name 20 = sigma-é11: Density, 2 [sigma-theta, Kg/m^3]
# name 21 = flag: flag

```

On note les particularités suivantes ; 2 lots de capteur T et C notés t0, c0 et t1, c1 qui conduisent à deux lots de résultats dérivés : potemp090, sal00 et sigma-é00 et les mêmes résultats pour le second lot noté 11.

Enfin une procédure complète de traitement conseillée par Seabird a été réalisée. Elle est détaillée pour les experts dans la suite des en têtes des fichiers CNV. Ces informations sont ajoutées à chaque étape du traitement et dans leur ordre. Le traitement est fait automatiquement par l'intermédiaire d'un fichier de commande batch (C. Marec, D. Tailliez) qui réalise les étapes suivantes en appelant les programmes de la suite *SeaData Processing*

0- *Datcnv*- transcrit les données binaires de chaque fichier Brut SBE (extensions '.dat' ou '.hex') en fichier ascii comportant une en tête et des colonnes correspondant aux 'variables primaires'. Dans le cas présent ces variables primaires sont celles de la liste ci-dessus name0 à name 13. Le programme utilise le fichier de configuration choisi (.con) pour le traitement afin d'effectuer la conversion par chaque variable du signal brut en variable primaire (lisible par l'utilisateur). Le produit de *Datcnv* est un fichier (non transmis) muni de l'extension (.cnv) comportant toutes les séquences d'acquisition, soit au rythme de 24 Hz, 24 lignes par seconde, qui est la fréquence d'acquisition choisie par l'opérateur CTD ; cette fréquence est systématiquement consignée à la ligne '# intervall' dans les en tête SBE issues de *datcnv*, mais est ensuite modifiée après le passage du programme *Binavg*. *Datcnv* fournit également sur demande le fichier rosette de la station avec extension '.ros'. (voir ci-dessous au paragraphe BTL).

1- *Wildedit*- : ce programme est utilisé en premier (3 passages avec différents filtres successifs) afin de déboguer les lignes erronées en raison de problème de transmission par câble pour les stations Boum070 à BOUM120 (environ), le temps d'identifier la cause de la panne provoquée par un contacteur tournant défectueux par moment. Les paramètres successifs de *Wildedit* ont été ajustés à bord au cours de la campagne ; Un contrôle indépendant a montré que cela ne modifiait pas les bonnes lignes de manière sensible.

2- *AlignCTD* - : paramètres standards utilisés afin de tenir compte des décalages temporels du passage de l'eau sur les capteurs concernés, décalages par rapport à la pression et la température

3- *CellTM*- Cell Thermal Mass-, corrige le signal de conductivité des effets de température induits par la masse du capteur . Ces effets ne sont notables que lors de la traversée de forts gradients qui étaient observé en température près de la surface (>1°C/m, parfois)

4-*Filter* - afin de retirer les hautes fréquences des capteurs T et C, la cible étant une résolution de 1 m in fine. Ce passage de filter est nécessaire pour éviter un bruit relativement important sur les résultats de salinité et d'oxygène, compte tenu des relations non linéaires utilisées pour obtenir ces deux variables dérivées.

5- *Loopedit* – est destiné à ne pas tenir compte des données acquises lors des remontées éventuelles de la sonde dues à la houle (rares à BOUM) ou lorsque la vitesse de descente était inférieure à 10 cm/s.

6- *Derive* – jusque là, seules les variables primaires de chaque capteur étaient considérées. '*Derive*' permet d'associer les variables dérivées utilisant des combinaisons de signaux primaires utiles à l'utilisateur océanographe (S, O<sub>2</sub>, ρ etc...) ; *Derive* utilise les relations répertoriées dans le fichier de configuration pour chaque capteur.. dans l'en tête de chaque fichier le fichier de configuration utilisé est indiqué (p.ex : *boumpost.con* pour les fichiers validés post campagne)

7- *Binavg* – fait les moyennes par bin de profondeur de 1dbars depuis la première profondeur de mesure (généralement 2 – 3 m) sauf par mauvais temps. Pour la profondeur affichée 10 dbars, les valeurs utilisées pour le calcul de la moyenne sont les valeurs trouvées dans le fichier '*.cnv*' issu de *Derive* à des profondeurs comprise entre 9.50 et 10.499999 ;

## Les types de fichiers transmis

3 types de fichiers sont **archivés et transmis** en produit final de traitement les fichiers ; ils sont nommés par leur extension SBE : CNV, ASCII et BTL

Lors de l'acquisition les fichiers raw n'étaient pas arrêtés au bas du profil. Le fichier CNV de chaque station *boumXXX.cnv* résultant du traitement et comportant donc la descente et la montée est conservé. Un fichier rosette est construit aussi en parallèle pour avoir l'information concernant la fermeture de chaque bouteille ; cette information acquise durant 5 secondes entourant la fermeture est résumé dans un fichier *boumXXX.ros* (non transmis).

Le logiciel *Seabird SeaData Processing* met à disposition de l'utilisateur des programmes additionnels permettant 1/ de séparer la descente et la montée (*Split*) du profil et de condenser l'information bouteille (*Bottlesummary*, fichier *boumXXX.btl*) aussi bien que 2/ de sortir directement (*Asciiout*) des fichiers textes sans en tête (.asc), laquelle est sorties à part (.hdr)

Les fichiers *mis à disposition* sont les suivant répartis en 3 répertoires : mettre ici le chemin d'accès sur le site boum cyber [http://www.obs-vlfr.fr/proof/ftpv/boum/basic\\_files/ctd/post\\_cruise\\_CTD\\_valid\\_2008\\_november/](http://www.obs-vlfr.fr/proof/ftpv/boum/basic_files/ctd/post_cruise_CTD_valid_2008_november/)

**Répertoire CNV** : contient tous les fichiers descente nommés ; *dboumXXX.cnv*. XXX tient pour le numéro de station de 000 à 194 ; noter qu'il existe un fichier 194bis en raison d'un ajout de station de dernière minute. Nous appelons 'station' un profil ; la numérotation est

donc à courir dans l'ordre temporel. Chaque plongée de CTD incrémente d'une unité le numéro de station quelle que soit la profondeur maximale. Cette règle souffre néanmoins d'exception à savoir les profils 159, 160, qui ont incrémente la numérotation mais qui n'ont volontairement pas été enregistrés ; ces profils étaient destinés seulement à remplir les 24 bouteilles de la rosette à une profondeur de 8 m, et ce juste après un profil normal. Noter cependant que les profils 45 et 46 et 86, 87 relevant des mêmes opérations ont été enregistrés et apparaissent dans l'archive. Tous ces fichiers sont auto documentés par leur en tête en ordre de colonne (variable 'name'), unités voir ci dessus. De plus on trouve rappelé le n° de CTD et les étapes de traitement. La position est indiquée également ainsi que l'heure TU exacte de début de profil. ; on y trouve également les valeurs maximales et minimales prises par chaque variable.

La première colonne se réfère à la pression (dbars) et non la profondeur en m peu utile en océanographie sauf pour des applications très particulières; la profondeur maximale est variable, cependant les stations dites 'core parameters' (voir fichier log de campagne) ont été jusqu'à des profondeurs proches du fond lorsque la profondeur de celui-ci était inférieure à 3000 m.(limitation de pression du capteur PVM); les autres limitations de profondeur sont le capteur PAR (1000 m), ISUS (1000 m). Ces derniers capteurs étaient démontés en général pour les stations 'cp'. Par ailleurs la première profondeur n'était pas 0 dbars, mais celle du haut de la CTD juste sous la surface sauf exception. La pression affichée était alors de l'ordre de 2dbars ; les indications sur le pont étaient de l'ordre de 0.5dbars. Par condition de mer n'autorisant pas ce raffinement pour des raisons de sécurité de matériel, les profils commençaient plus bas (maximum 8 dbars). Ajoutons que, suite à la procédure utilisée pour le déclenchement d'un profil (descente à 10 m pour déclenchement de la pompe SBE et initialisation du PVM, puis descente à 20 m pour déclenchement du PVM, puis montée sous la surface), le profil enregistré ne commençait qu'à la fin de cette procédure. C'est la raison pour laquelle, sauf exception les premières profondeurs ne sont pas entachées d'erreur normalement trouvées (notamment sur S ou O2) si l'on n'utilise pas cette procédure de déclenchement de profil.

Enfin précisons que les fichiers complets boumXXX.cnv, descente montée, les fichiers uboumXXX.CNV, des fichiers CNV avec la dérive du navire enregistrée à chaque ligne, les fichiers raw sont bien évidemment archivés et restent disponibles après avis motivé auprès de L.Prieur et T. Moutin. Les fichiers boumXXX.ros ont été utilisés pour former (programme Matlab L.Prieur) le **fichier rosette global** *BOUM\_Cruise\_Rosette\_File\_FULL\_INFO\_2008\_10\_21.xls* contenant toutes les stations et bouteilles à la que leu leu en ligne et disponible fin 2008 sur le site Boum. Cyber Ce fichier correspond donc aux données avec étalonnage pré campagne. Compte tenu des faibles dérives des capteurs physiques, il n'a pas été jugé utile, mais jugé 'confusif' d'en fabriquer un autre.

**Répertoire BTL** : contient tous les fichiers rosette boumWWW.btl, au format ascii Seabird , avec en tête autodocumentée ; **ces fichiers ont été construits avec les étalonnages post campagne** pour les variables physiques et **diffèrent (très peu) des fichiers BTL trouvés sur le site BOUM CYBER sous l'onglet ../ctd/NOT\_valid/BTL..**

**Répertoire ASCII** : contient tous les fichiers *dboumXXX.asc*, et *dboumXXX.hdr* copies conforme des fichiers CNV mais avec data et en tête séparés pour rendre plus aisée la portabilité des données dans des logiciels variés. La contrepartie est que le nom des variables n'apparaît plus dans les fichiers *.asc* mais il suffit de se reporter au fichier *.hdr* pour les connaître.

**NOTE IMPORTANTE.** Dans les fichiers précédents seules les variables physiques T,C, P, S,  $\rho$  sont définitivement étalonnées (voir plus bas) ; les autres variables demandant un étalonnage à partir de dosages sur bouteilles (O<sub>2</sub>, Fluorescence, ISUS) n'ont pas été converties. Néanmoins les procédures pour obtenir les valeurs étalonnées sont indiquées ci après.

## **Étalonnages**

Pour les différents étalonnages, on s'est conformé aux recommandations WOCE et JGOFS et plus particulièrement aux deux documents:

- WOCE Operations Manual, part 3.1.3: WHP Operations and Methods. (WOCE Report No 68/91, July 1991)

- Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) Core Measurements. (IOC Manuals and Guides No 29, UNESCO 1994)

## **Température**

Entre deux étalonnages en laboratoire (avant et après la campagne), les capteurs de température ont subi une petite dérive entre les valeurs pré campagne et post campagne ; cette dérive étant de l'ordre du 1/1000<sup>ème</sup> de degré aucune interpolation linéaire fonction du temps de mesure n'a été effectuée, les coefficients post campagne ont été appliqués.

Conformément aux recommandations en usage, la température est fournie dans la nouvelle échelle internationale de température définie en 1990 (ITS-90), liée à celle précédemment définie en 1968 (IPTS-68) par la relation linéaire (uniquement valable sur la gamme océanographique) suivante:

$$t_{68} = 1.00024 \times t_{90}$$

On gardera en mémoire que c'est la température définie suivant l'échelle IPTS-68 qui est utilisée dans les calculs des paramètres dérivés tels que la salinité et la densité.

## **Conductivité**

Comme pour la température les deux capteurs de conductivité ont été envoyés en post calibration chez Seabird. Les dérives ont été légèrement plus fortes que pour les capteurs de température mais sont restés très faibles entre mars 2008 (pré campagne) et septembre 2008 (post campagne). Les changements de salinité peuvent atteindre .002 psu entre le traitement (à bord, calibration pré campagne) et celui post campagne. On doit noter que les deux capteurs montés en parallèles montrent des différences similaires. Enfin l'expérience montre que .002 est un précision standard qu'il n'est pas raisonnable d'espérer diminuer même en effectuant de nombreux dosages de salinité.

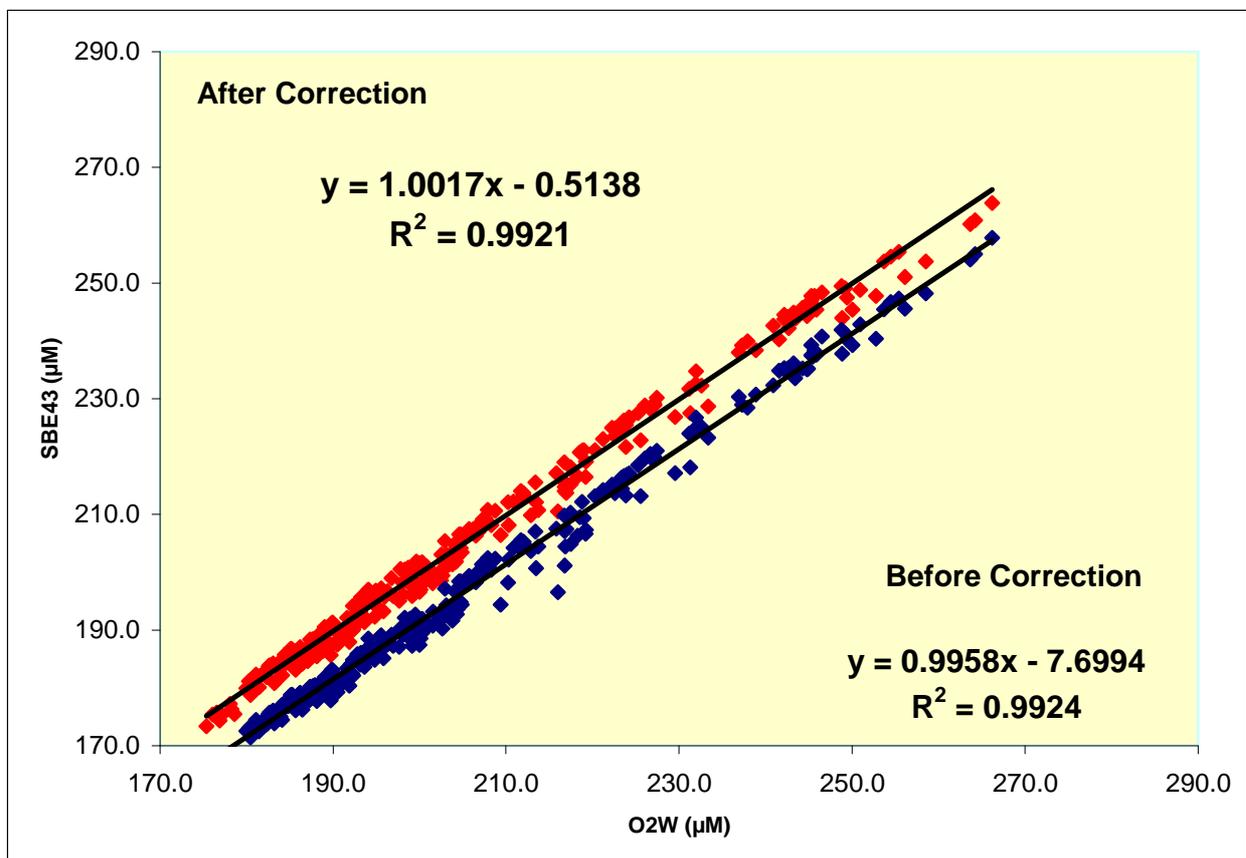
## **Pression**

Le capteur de pression utilisé (Digiquartz) est en principe exempt d'hystérésis. On n'observe pas de décalage d'origine au cours du temps de la campagne, que l'on peut assez facilement mesurer à bord, lorsque le capteur est hors de l'eau.. Les résultats de ces observations faites à bord conduits à une précision de l'ordre de 0.5 dbars.

## Oxygène

Pour la mesure de l'oxygène dissous, seuls les dosages chimiques par la méthode de Winkler sur les échantillons prélevés sont retenus comme valeurs de référence pour étalonnage. Il existe cependant une relation linéaire pour calibrer le capteur d'oxygène SBE43 de façon que les courbes enregistrées passent au mieux par les valeurs d'oxygène mesurées à bord. On ne parlera donc pas d'étalonnage au sens strict du terme (dont le soin est laissé à l'opérateur qui a effectué les dosages) mais d'un ajustement des mesures.

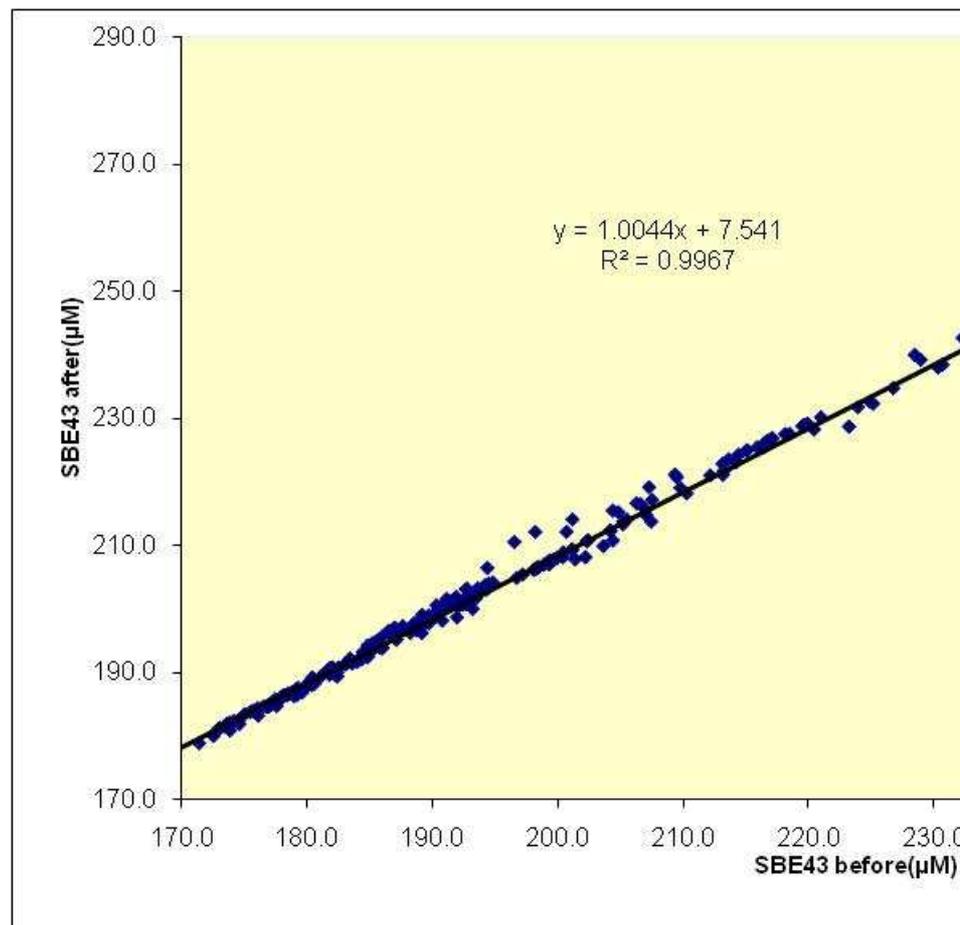
Dominique Lefèvre a effectué une comparaison entre les valeurs CTD rosette issues des étalonnages capteurs pré campagne et les dosages par la méthode de Winkler



Ce graphique indique que les indications de la sonde en ordonnées sont linéairement corrélées aux dosages. Les résultats sont indiqués par la formule en termes de régression de y sur x avec termes constant. Deux régressions sont disponibles, en bleu la régression a trait aux valeurs de CTD issues du fichier rosette constitué à partir de données .btl avec étalonnage pré campagne (valeurs brutes de la campagne donc), la seconde dite « after correction » correspond aux résultats après application de coefficients ajustés pour convertir les données primaires (voltage) de la sonde, avec T et S et P aux valeurs d'oxygène mesurées « Winkler ».

On constate que les corrélations sont très proches de  $R^2=1$  ; la correction n'effectuant pratiquement qu'un décalage des valeurs sonde que d'environ 8 micro-molaires vers le haut. Néanmoins il s'agit toujours de résultats utilisant les étalonnages capteurs (T, C, O<sub>2</sub>) pré campagne, la régression rouge n'utilisant qu'un raffinement récent des coefficients à appliquer sur le signal brut de la sonde SBE43.

Pour convertir donc les données sondes (Y,  $\mu\text{M}$ ) en valeurs d'oxygène 'étalonnées' (X,  $\mu\text{M}$ ), une relation inverse a été appliquée à la relation en bleue aux données O<sub>2</sub> sonde ( $\mu\text{M}$ ) des fichiers CTD sous répertoire NOT\_valid. *Cette étude n'a pas été refaite avec les fichiers post calibrés.* <sup>2</sup>. Dans le cas où un utilisateur souhaiterait disposer de valeurs 'étalonnées', une **approche rapide** consisterait donc à considérer 1/ la relation bleue résultant de la régression de Y sur X ; si  $y = a \cdot x + b$ ,  $a = 0.9958$  ;  $b = -7.6994$ ,  $R^2 = 0.9924$  ; 2/ de supposer que  $R^2 = 1$  (droite à 45 ° pour des axes x et y de même dimension) et 3/ de diviser l'équation par a :  $y/a = x + b/a$  ou  $x$  (O<sub>2</sub> estimé) =  $1/a \cdot y$  (valeurs non calibrées sonde) -  $b/a$ ; Cette procédure n'est pas correcte d'un point de vue statistique, mais a l'avantage de la simplicité eu égard à la valeur trouvée de  $R^2$ , l'erreur associée est de l'ordre de grandeurs des résidus, soit +/- 2.5  $\mu\text{M}$ . Cette transformation est résumée par la relation entre les données sonde « before correction » et « after correction », soit  $\text{O2SBE43corr} = 1.0044 \cdot \text{O2SBE43} + 7.541$  en  $\mu\text{mol dm}^{-3}$  (figure ci-dessous).



**Transmissomètre**

Le pourcentage de transmission de la lumière est en valeur brute pour l'instant. Une étude sera menée ultérieurement pour convertir en valeurs estimées de coefficient d'atténuation de la lumière (cp, en  $m^{-1}$ ) pour les particules; la procédure est néanmoins connue : trouver le décalage global de chaque profil en utilisant une zone de profondeur où cp est négligeable devant celle de l'eau de mer pure, s'y référer en supposant que l'origine des décalages est due à des salissures sur les fenêtres etc.. Néanmoins la procédure demande un examen systématique de chaque profil pour rejeter les profils douteux.

### **Fluorimètre**

Le fluorimètre Sea-Tech a été utilisé pour visualiser la concentration en phytoplancton à partir de la mesure de la fluorescence stimulée de la chlorophylle *a*. En première approximation, l'énergie mesurée est proportionnelle à la quantité de chlorophylle *a* par une relation linéaire du type:

$$chl a \text{ (mg.m}^{-3}\text{)} = A \times V_{\text{mesuré}} + B$$

Mais si cette relation est possible en laboratoire, et sous certaines conditions, il n'en va pas de même in situ car la fluorescence varie à la fois avec les espèces rencontrées, leur état physiologique et les conditions d'éclairement locales. Il est donc impossible de fournir un étalonnage en valeur absolue, c'est-à-dire de fournir des valeurs en unités de masse. Les données de fluorescence sont donc données en unités relatives. Cependant on pourra appliquer un étalonnage moyen sur toute la campagne, de façon que ces valeurs soient compatibles (du même ordre de grandeur) avec les mesures de chlorophylle effectuées par HPLC.

C'est ce qui a été proposé par J. Dolan (données disponibles dans la partie commentaires et résultats du DG3 sur le site web BOUM). La relation proposée est la suivante :

$$Chloa = 3.006302 * \text{Fluo Unit} - 0.00722932$$

### **Eclairement solaire**

**Etalonné.** Noter qu'il s'agit d'un capteur PAR donnant l'éclairement en quantité de photon par  $m^2$  et par seconde ( $\mu\text{Ein.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) pour la bande spectrale 400-700 nm.

### **Capteur de Nitrates ISUS**

Données non calibrées actuellement ; les signaux issus du capteur souffrent de défaut apparemment délicats à éliminer (dérives, bruits, influence des forts gradients de température) qui toutefois ne peuvent être attribués à un défaut de qualité intrinsèque à ce type de capteur, car les concentrations de nitrates sont faibles en méditerranée. Il est clair qu'un traitement approprié ne pourra pas conduire à des miracles, mais il est également clair que les profondeurs du sommet de la nitracline pourront être déterminées, ainsi que la forme du gradient. Une étude est en cours (L.Prieur) . Néanmoins aucun délai de rendu n'est fourni.

### **Capteur PVM**

Pour ce capteur, le lecteur intéressé devra consulter les documents fournis par Marc Picheral, G. Gorsky sur le site dédié : <http://www.obs-vlfr.fr/LOV/ZooPart/UVP/>

La version du PVM utilisée est le PVM5 (UVP), qui peut être couplée directement avec la CTD. Ce capteur fournit d'autres informations que le nombre de grosses particules ( $>50 \mu\text{m}$ ) par litre, seulement retenu dans la lecture des données via le logiciel Sea-Bird . En utilisant les données enregistrées à l'intérieur du corps du capteur, il donne accès au spectre de taille et même à l'identification des organismes de grande taille passant dans le champ de mesure.