

Comparaison des méthodes d'ajustage de l'O₂ dissous (CTD - SBE43)

10 Octobre 2016

Pierre ROUSSELOT



SOMMAIRE

Introduction

- Ajustage O_2
- Équation et corrections

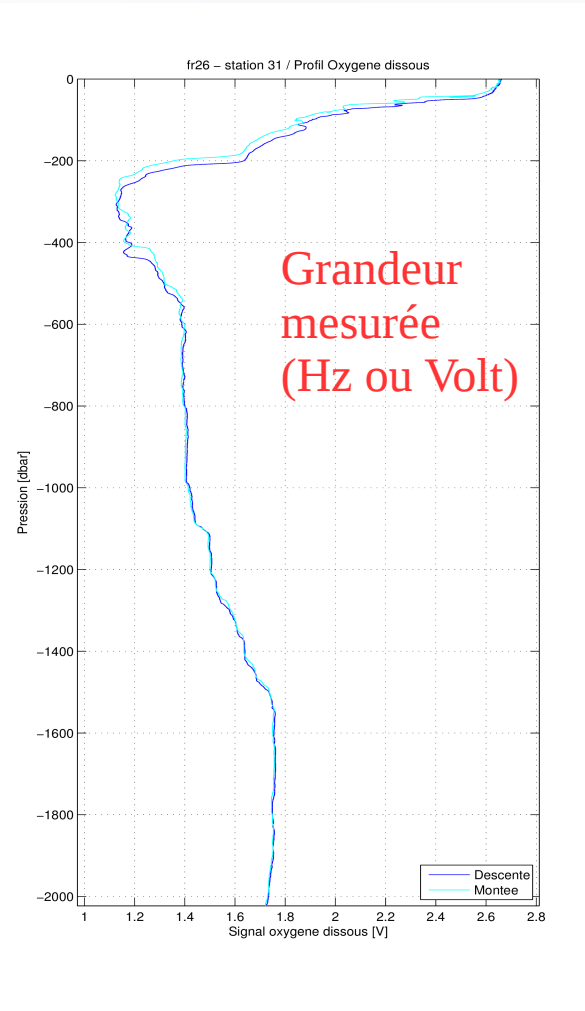
Méthodes d'ajustage

- Méthode LOPS
- Méthode LEGOS/PMEL
- Données utilisées pour comparaison

Résultats

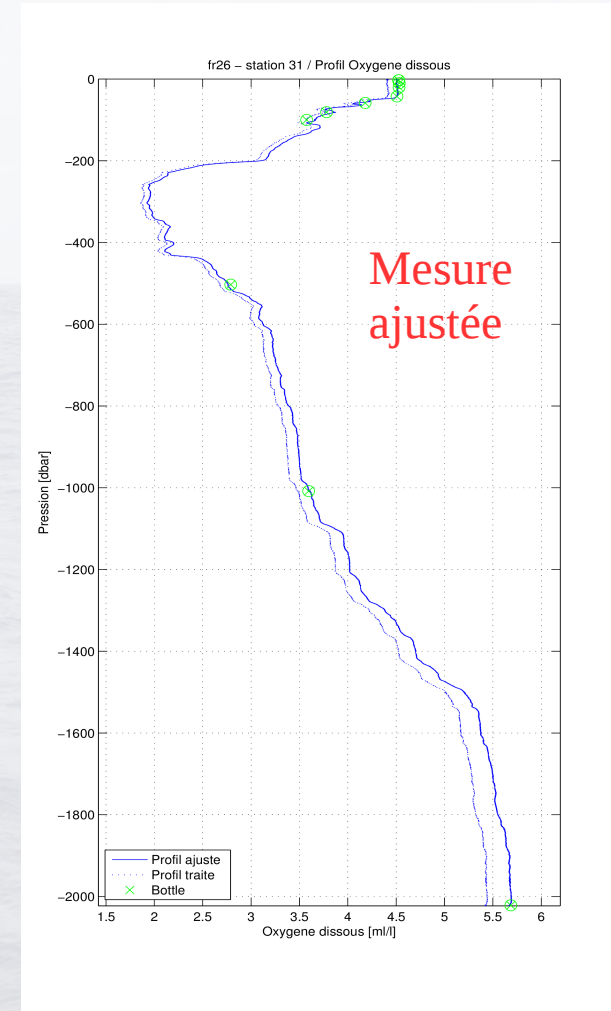
Conclusion et Perspectives

Ajustage O₂



Hystérésis
Erreurs statiques
Erreurs dynamiques

-
- Traitement → Corrections (application des coefficients de calibration 'constructeur')
 - Ajustage → Optimisation des coefficients de calibration



- Écarts O₂ chimie (Winkler) / O₂ profil descente (- perturbées)
- Minimisation des écarts par processus itératif

Équation et corrections

- Détermination de l'oxygène en ml/l :

$$Ox(ml/l) = (V + V_{offset} + D(T, P, t)) \times C(T, S, P)$$

Ox : concentration en oxygène

V : tension capteur mesurée

V_{offset} : offset électronique pour le 'zéro' capteur

$D(T, P, t)$: corrections dynamiques (temps de réponse du capteur)

$C(T, S, P)$: corrections statiques (effets de P et T sur perméabilité de la membrane)

$$\left| \begin{array}{l} D(T, P, t) = \tau(T, P) \times \frac{dV}{dt} \quad [\tau(T, P) = \tau_{20} \cdot e^{[D_1 P + D_2 (T - 20)]}] \\ C(S, T, P) = Soc \times O_{xsol}(T, S) \times (1.0 + A \times T + B \times T^2 + C \times T^3) \times e^{\frac{(E \times P)}{K}} \end{array} \right|$$

Méthode LOPS

- Données sonde descente obtenues à la **même pression**
- Moyennées sur un intervalle $f(houle)$
- Détermination de l'oxygène en ml/l :

$$Ox(ml/l) = Soc \times (V + V_{offset}) \times Oxsol(T, S) \times (1.0 + A \times T + B \times T^2 + C \times T^3) \times e^{\left(\frac{E \times P}{K}\right)}$$

(Murphy et al., 2008)

- $\tau(T, P)$ non utilisé (= génère du bruit)
- ϕ constant

→ Détermination de Soc et V_{offset}

$$\frac{Ox_{chimie}(ml/l)}{\phi} = V \times M + B \quad \text{Avec } Soc = M \text{ et } V_{offset} = B/Soc$$

- Intégré dans chaîne CADHYAC
- Correction de l'effet de pression → Application polynôme
- Application de poids $f(pression)$

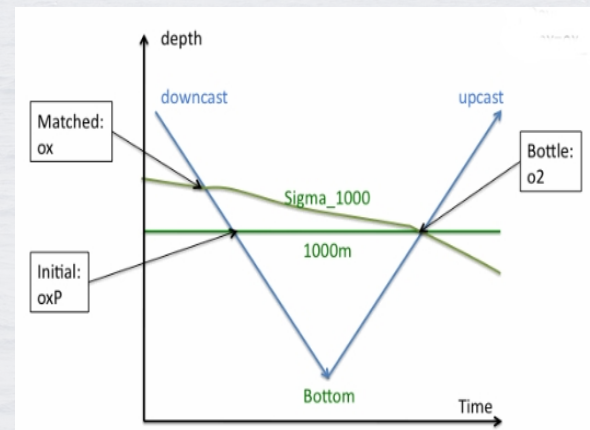
Méthode LEGOS/PMEL

- Données sonde descente obtenues à la **même densité**
- Données réduites
- Détermination de l'oxygène en ml/l :

$$Ox = (A \times istat) + Soc \times (V + V_{offset} + tau(T, P) \times \frac{dV}{dt}) \times Oxsol(T, S) \times e^{(T_{cor} \times T)} \times e^{\left(\frac{P_{cor} \times P}{K}\right)}$$

(Uchida, Johnson and McTaggart, 2010)

- Dépendance linéaire du n° de station
- Effets de température = loi exponentielle
- Optimisation paramètres dynamiques (τ_{20}) et coefficients P_{cor} , T_{cor}



Crédits : Ganachaud A.

- Plusieurs procédures de minimisation possible
(moindres carrés, moindres carrés pondérés, régression robuste, norme L4)
- Plusieurs optimisations séquentielles possible
(un seul groupe, $Soc = f(istat)$, Soc et V_{offset} variant pour chaque stations)

Campagne *PIRATA-FR26*



'Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic'

- 07/03/2016 – 13/04/2016 -

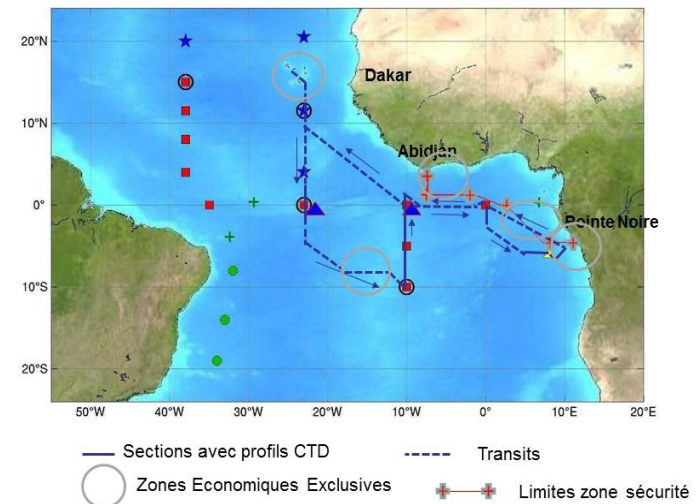
- 50 Profils CTD-O₂
- **Profils ≤ 2000 m**
- 11 Niskin
- 550 Prélèvements d'eau de mer (quarts CTD)
- 550 Analyses Winkler (même opérateur FB/AY)

-
- 2 Profils tests (2000m)
 - 48 doublets

→ Écart-type des écarts $\ll 2 \mu\text{mol.kg}^{-1}$

→ 532 mesures conservées

PIRATA FR26 : 7 mars – 13 avril 2016
Sections CTD à 23W (2N-2S), 10W (1,30N-10S), 0E (1N-3S) et 6S (6E-10,30E)

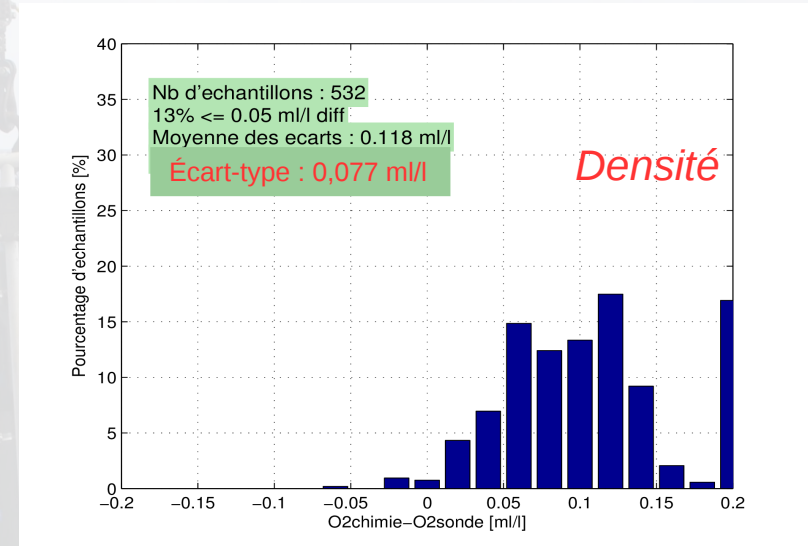
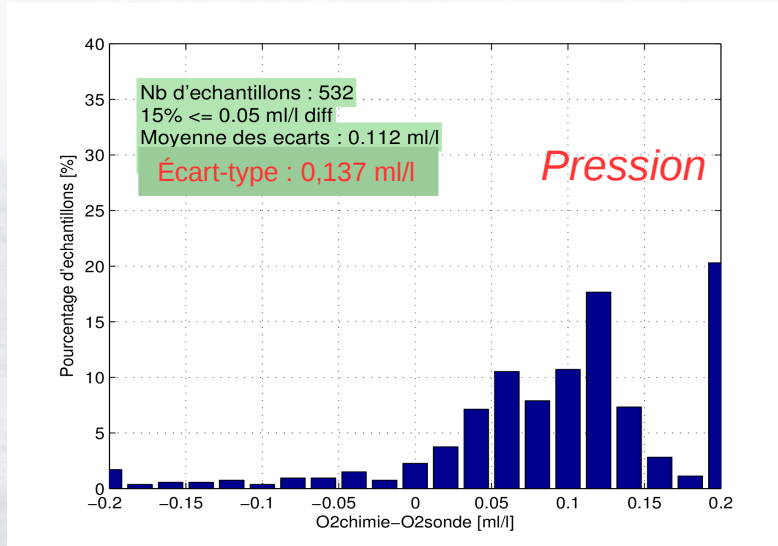


Crédits : Bourlès et al., 2016.

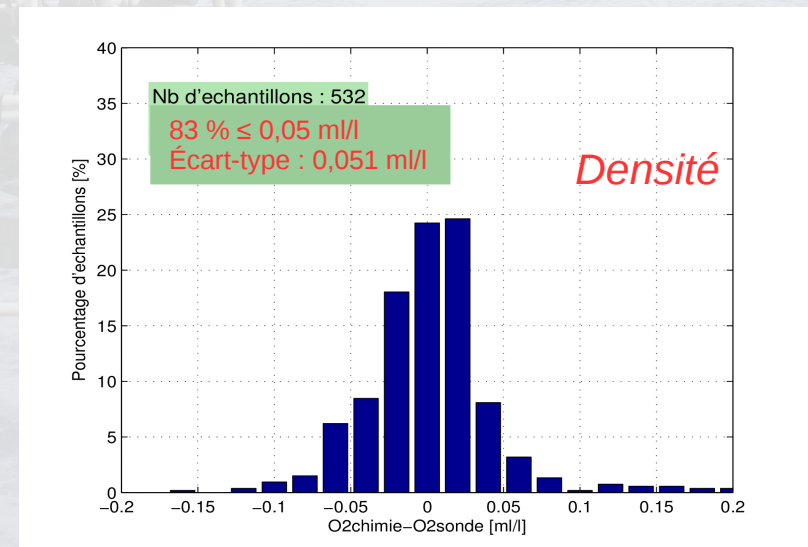
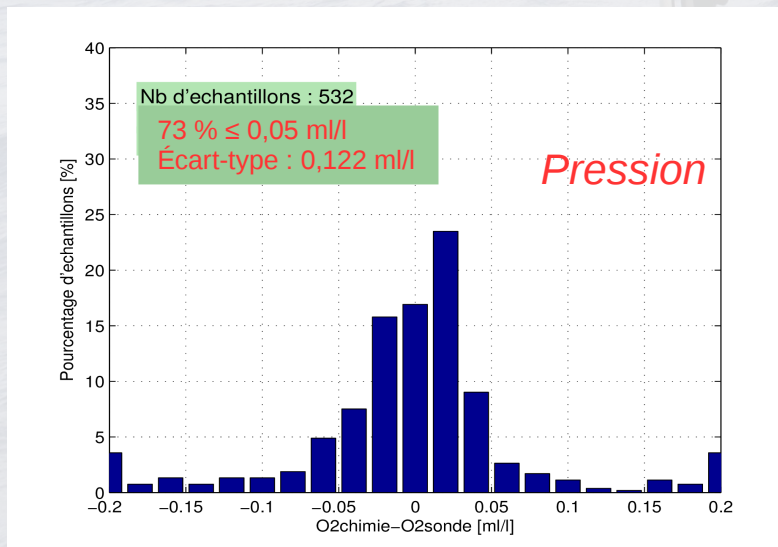
Résultats

- Recalage en **Pression** / **Densité** (équation =, utilisation CADHYAC)

Sans Ajustage
(coefficients
constructeur)



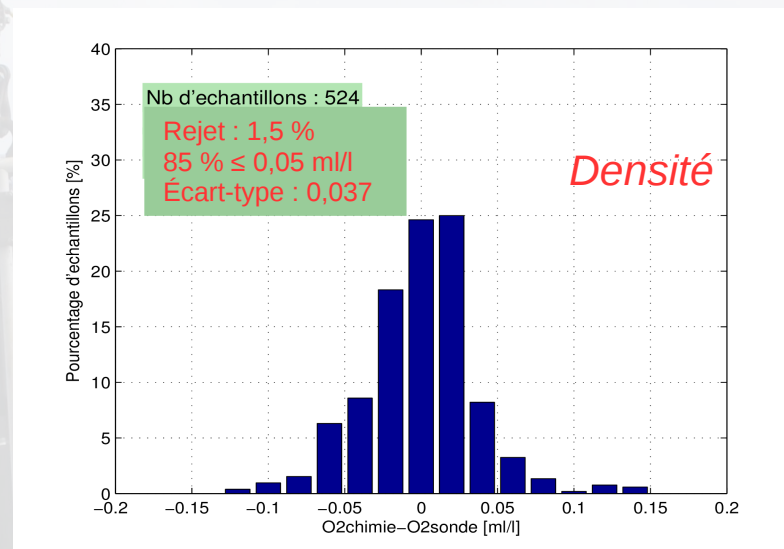
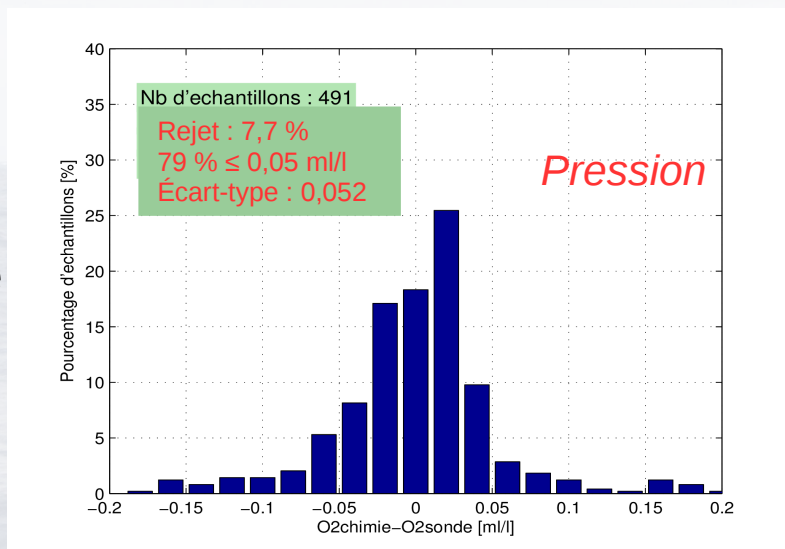
Avec Ajustage
(all data)



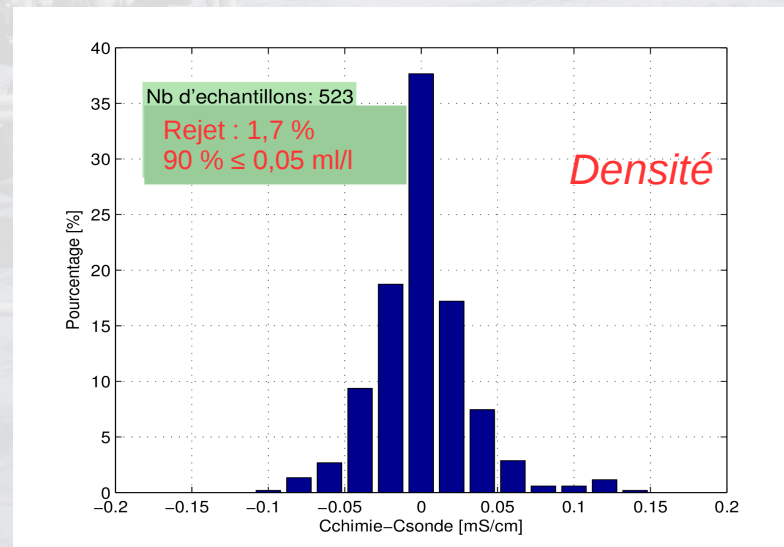
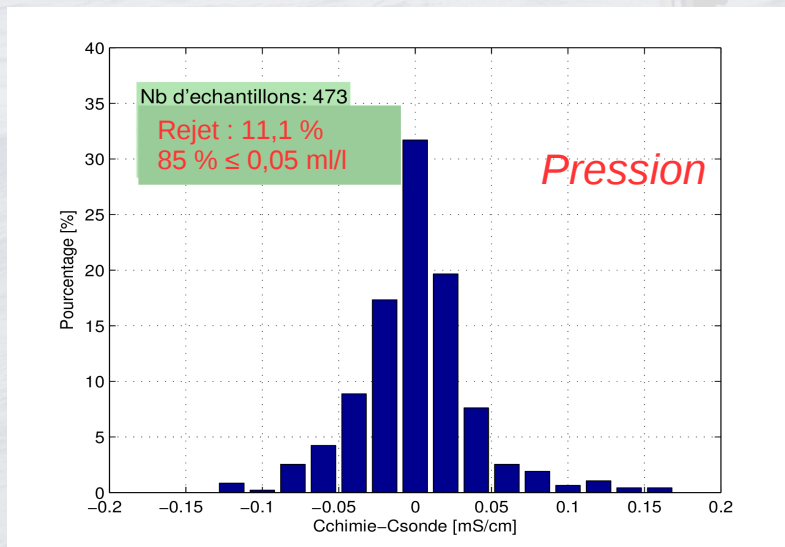
Résultats

- Recalage en **Pression** / **Densité** (équation =, utilisation CADHYAC)

Ajustage simple



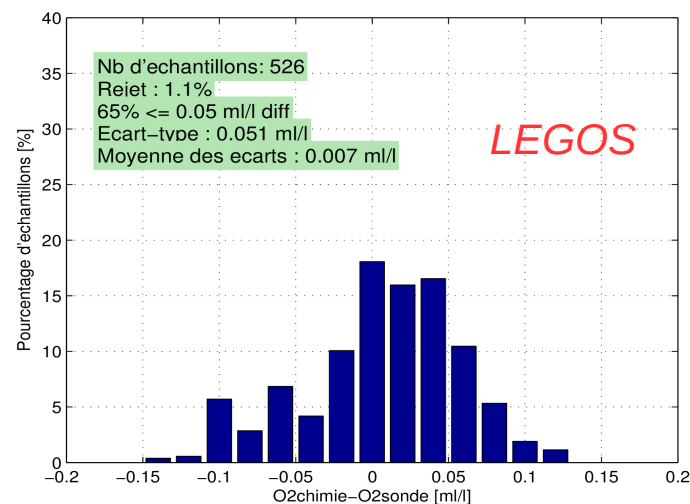
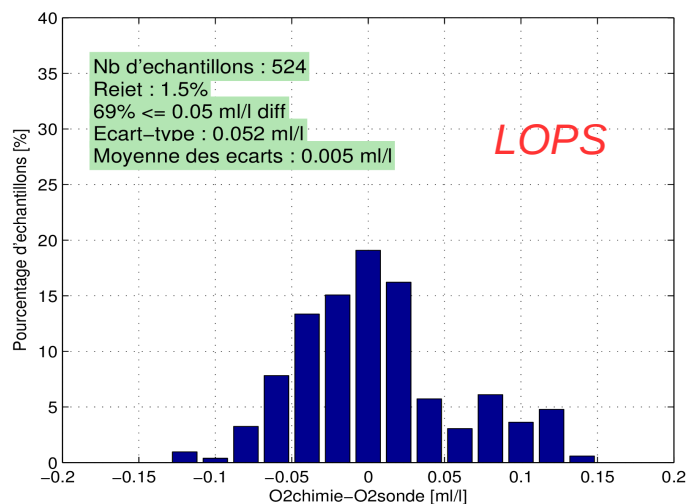
Stratégie de
regroupement
+
Application de
poids



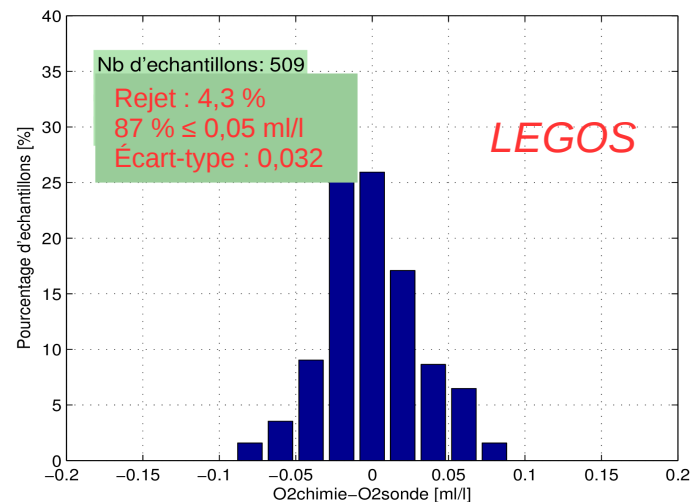
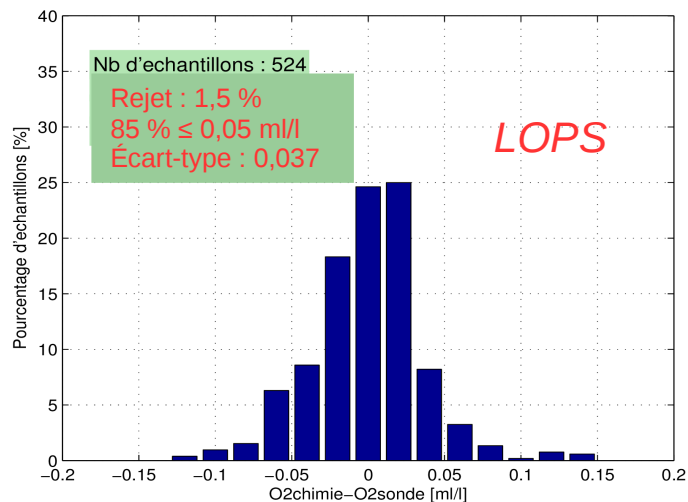
Résultats

- Scripts (algorithmes) **LOPS** / **LEGOS** (équation =, ajustage simple)

Sans
optimisation
effet de
pression

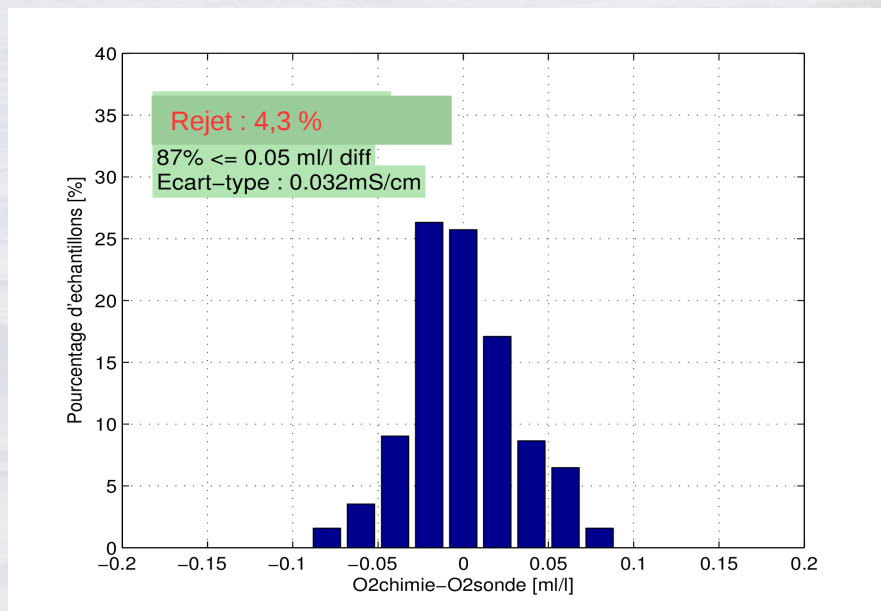


Prise en
compte effet
de pression
[polynôme et Pcorr]

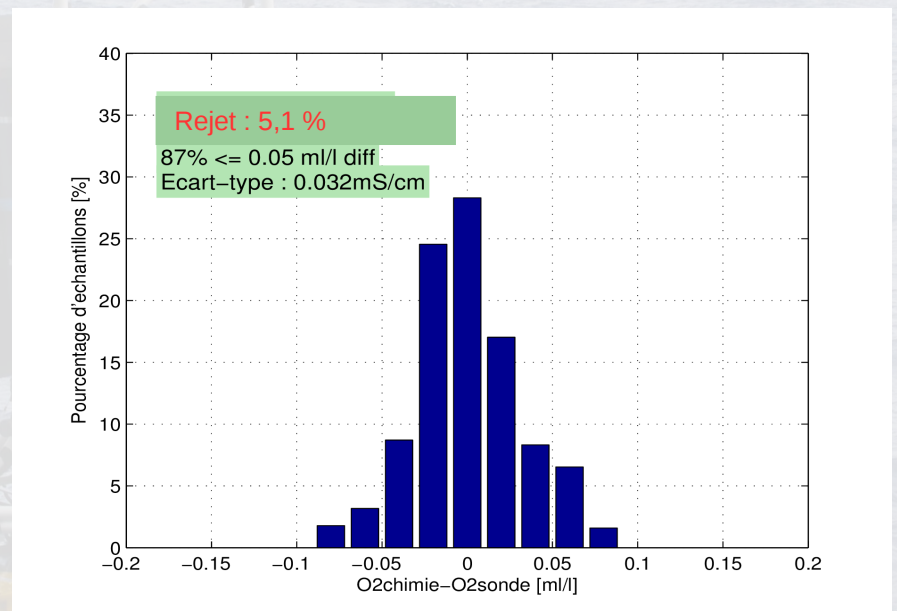


Résultats

- Avec / Sans Corrections dynamiques



Sans Tau



Avec Tau

$$D(T, P, t) = \tau(T, P) \times \frac{dV}{dt} \rightarrow \text{Zone de forts gradients} = \text{Overshooting !}$$

Résultats

- Différentes équations (LEGOS)

- Équation 1 : $f(Soc, Voffset, \tau_{20}, T_{corr}, P_{corr})$ [Uchida, Johnson and McTaggart, 2010]

$$Ox = Soc \times (V + V_{offset} + \tau_{20} \cdot e^{(D_1 P + D_2 T)} \times \frac{dV}{dt}) \times Oxsol(T, S) \times e^{(T_{corr} \times T)} \times e^{\left(\frac{P_{corr} \times P}{K}\right)}$$

- Équation 2 : $f(Soc, Voffset, E)$ [Murphy et al., 2008]

$$Ox = Soc \times (V + V_{offset}) \times Oxsol(T, S) \times (1.0 + A \times T + B \times T^2 + C \times T^3) \times e^{\left(\frac{E \times P}{K}\right)}$$

- Équation 3 : $f(Soc, Voffset, T_{corr}, P_{corr})$ [Owens and Millard, 1985]

$$Ox = Soc \times (V + V_{offset}) \times Oxsol(T, S) \times e^{(T_{corr} \times T)} \times e^{(P_{corr} \times P)}$$

Résultats

- Différentes équations

σ : Rejet : $\leq 0,05 \text{ ml/l}$:	Sans Tau		Tau fixe		Optimisation Tau	
		Optimisation Tcorr (ou A,B,C)		Optimisation Tcorr (ou A,B,C)		Optimisation Tcorr (ou A,B,C)
Equation 1	0,033 ml/l 3,9 % 86 %	0,031 ml/l 4,7 % 87 %	0,033 ml/l 4,5 % 85 %	0,03 ml/l 5,8 % 88 %	0,033 ml/l 4,3 % 86 %	0,031 ml/l 4,7 % 87 %
Equation 2	0,032 ml/l 4,3 % 87 %	0,031 ml/l 4,1 % 87 %	0,032 ml/l 5,1 % 87 %	0,031 ml/l 4,7 % 87 %	0,033 ml/l 3,8 % 86 %	0,031 ml/l 4,3 % 88 %
Equation 3	0,033 ml/l 3,9 % 85 %	0,031 ml/l 4,9 % 87 %	0,033 ml/l 4,7 % 85 %	0,03 ml/l 5,8 % 87 %	0,033 ml/l 4,3 % 86 %	0,031 ml/l 4,9 % 87 %

- Distributions mieux centrées avec optimisation de Tcorr + Tau fixe
- Nombreux échantillons disponibles = choix du meilleur σ
- Sinon Équation 2 meilleure de manière générale

Résultats

- Différentes **méthodes statistiques** LEGOS

$\sigma :$ Rejet : $\leq 0,05\text{ml/l} :$	L2	L2 weighted	L1	L4
All coef – All stat	0,03 ml/l 5,8 % 88 %	0,03 ml/l 6,4 % 88 %	0,03 ml/l 6 % 87 %	0,031 ml/l 6,2 % 89 %
Soc = f(istat)	0,029 ml/l 5,1 % 90 %	0,029 ml/l 5,5 % 90 %	0,029 ml/l 5,8 % 89 %	0,03 ml/l 5,1 % 91 %
All coef – All stat & Soc//Voffset= f(sta)	0,02 ml/l 5,8 % 96 %	0,021 ml/l 6,8 % 96 %	0,021 ml/l 6,6 % 96 %	0,021 ml/l 6,2 % 97 %

→ Normes L2 et L1 = meilleurs distributions

→ 3^e méthode d'optimisation = nettement meilleur !

Conclusion et Perspectives

- Meilleure distribution pour profil **peu profond** ($\leq 2000\text{m}$) avec :
 - Recalage en densité ($\neq$ en pression)
 - Utilisation du terme Tau fixe (attention à l'*overshooting* !)
 - Si nombreux échantillons :
 - Équation PMEL privilégiée (sinon équation LOPS)
 - Optimisation de Pcorr et Tcorr (sinon polynôme et Tcorr fixe)
-
- Réaliser même étude avec profils profonds (équation 1 ?, ...)
 - Intégrer les options dans CADHYAC
 - Recalage en densité
 - Correction dynamique
 - Optimisation Pcorr et Tcorr (voir méthode séquentielle 3)
 - Équation PMEL [Uchida et al, 2010]

Sources

- Baurand F. et Youenou A. (2016). *Rapport Chimie Campagne PIRATA Fr26 - Rapport de fin de mission*. IRD IMAGO.
- Bourlès B., Gouriou Y., Grelet J., et al. (2016). *Rapport de la mission PIRATA-FR26*. IRD IMAGO.
- Boyer T. et Levitus S. (1994). *Quality Control and Processing of Historical Oceanographic Temperature, Salinity, and Oxygen Data*. NOAA Technical Report NESDIS 81.
- Bradley E., Murphy D., Janzen C., et al. (2010). *Calibration, Response, and Hysteresis in Dee-Sea Dissolved Oxygen Measurements*. J. Atmos. Oceanic. Technol., 27(5):920-931.
- Brannelec P., Ferron B. et Lherminier P. (2011). *Campagne OVIDE 2008 Rapport de données CTD-02*. ADO/OPS/LPO.
- Brannelec P., Thierry V., Kermabon C. et al (2011). *Point d'avancement sur la refonte de la chaîne de calibration des données hydrologiques du LPO*. Rapport interne au LPO.
- Chuchla R. et Grelet J. (2007). *Calibration des mesures CTD-02 Campagne PIRATA FR20*. IRD/CRHOB .
- Culbertson C.H. (1991). *WHP Operations and Methods, Dissolved Oxygen*. WHP Office Report WHPO 91-1. WOCE Report No 68/91. Woods Hole, Mass., USA.
- Edwards B., Murphy D., Janzen C., et Larson N. (2009). *Calibration, Response, and Hysteresis in Deep-Sea Dissolved Oxygen Measurements*. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. Vol 27.
- Ganachaud A. (2007). *Calibration des données oxygène-CTD pendant la campagne Frontalis-3 aux mois d'avril-mai 2005*.
- Garcia H.E. et Gordon L.I. (1992). *Oxygen solubility in seawater : Better fitting equations*. Limnology & Oceanography, vol 37(6), p1307-1312.
- Gouriou Y., Bourlès B., Oudot C., et al. (1997). *Campagne ETAMBOT 1, Recueil de données, Vol.1/2 :Introduction, Mesures 'en route', Courantométrie ADCP, mesures CTD-O₂, Coupes de distributions verticales*. Doc. Scient. du Centre ORSTOM de Cayenne, N°O.P. 22.
- IOOS (2016). *Manual for Real-Time Quality Control of In-situ Temperature and Salinity Data*. NOAA, U.S. IOOS Program.
- Kermabon C., Arhan M. (2008). *Validation et Réduction des données de la sonde SBE9+ Retour d'expérience de la campagne Bonus-Goodhope 2008*. Rapport interne OPS/LPO.
- Kermabon C., Le Bot P., Thierry V., et al. (2015). *CADHYAC Chaîne d'Ajustage des Données d'Hydrologie Après Campagne - Documentation Utilisateur (V1.1)*. R.INT. ODE/LPO/15-01.
- Imago / IRD – Sites d'unités de recherche / IRD, en ligne <<http://www.imago.ird.fr>>, consulté le 04 juin 2014.

Sources

- McTaggart K.E., Jonhson G.C., Johnson 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.
- Millard R. et Yang K. (1992). *CTD Calibration and Processing Methods used by Woods Hole Oceanographic Institution*. WHOI, Woods Hole.
- Murphy D.J., Larson N.G. and Edwards 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.
- Présentation – Institut de Recherche pour le Développement, en ligne <<https://www.ird.fr/l-ird/presentation>>, consulté le 04 juin 2014.
- Saout-Grit C. (2014). *Rapport de calibration des données CTD-oxygène de la campagne Bifurcation 2012*. glazeO.
- Saout-Grit C., Ganachaud A., Maes C. et al. (2015). *Calibration of CTD oxygen data collecte in the coral sea during the 2012 Bifurcation cruise*. Mercator Ocean-Coriolis Quaterly Newsletter – Special Issue, p.34-38.
- Sea-Bird Electronics, en ligne <<http://www.seabird.com/sbe911plus-ctd>>, consulté le 04 juin 2014.
- Sea-Bird Electronics (2012). *Application Note 64-2 : SBE 43 Dissolved Oxygen Sensor Calibration and Data Corections*.
- Sea-Bird Electronics (2013). *Application Note 64 : SBE 43 Dissolved Oxygen Sensor – Background Information, Deployment, Recommendations, and Cleaning and Storage*.
- Sea-Bird Electronics (2014). *Application Note 64-3 : Dissolved Oxygen (DO) Sensor -Hysteresis Corrections*.
- Sea-Bird Electronics (2016). *Application Note 82 : Guide to Specifying a CTD – Understanding Impacts on Accuracy*.
- Sea-Bird Electronics, Module 7 Getting the Highest Accuracy Data: Profiling Applications, en ligne <sea-birdscientific.com/sites/default/files/training/module7_gettinghighestaccuracydata.pdf>, consulté le 04 juin 2014.
- Sea-Bird Electronics, Module 8 Getting the Highest Accuracy Data, Continued, en ligne <sea-birdscientific.com/sites/default/files/training/module7_gettinghighestaccuracydata.pdf>, consulté le 04 juin 2014.
- Uchida H., Ohyama K., Ozawa S., et al. (2007). *In situ calibrationof the SeaBird 9plus CTD thermometer*. J. Atmos. Oceanic 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.
- Unesco (1988). *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data*. A Report of SCOR Working Group 51, Unesco technical papers in marine science, 54.

Points à discuter

- Formules :
 - Formule de conversion ml/l en $\mu\text{mol.kg}^{-1}$!! (44,66 ? ; 44,615 ? ; ...)
 - ITS-90 ou IPTS-68 pour OxSat !! Température potentielle !?
- Méthode LEGOS/PMEL :
 - Travail sur données brutes à 24Hz ? (... moyennage sur fenêtre ?)
 - Recalage $\rightarrow$ 1m entre sonde CTD-O₂ et bouteilles ! Prise en compte ?
 - Recalage en densité : Gros biais en profondeur et dans les eaux superficielles !
 - $\rightarrow$ Recalage en densité uniquement dans zone d'ondes internes ?
- Intégration CADHYAC :
 - Format .mat ou Netcdf-4 (plus léger que .cnv, organisation logique) !
- Ajustage :
 - Ajustage Soc / ~~Voffset~~ pour stations tests ?
 - Utilisation des profils de montée pour minimisation ?

Merci de votre attention

