



ODE/DYNECO/DHYSED
VERNEY Romaric
Date : 17 Septembre 2018

PROJET CPIER PHRESQUES PHASE1

Volet Innovation – Utilisation de l'intensité acoustique rétrodiffusée pour la quantification des concentrations en matières en suspension

Coordinateur : Romaric VERNEY

Contributeurs : Matthias JACQUET, David LE BERRE

1	CONTEXTE	3
2	RAPPEL SUR LA MESURE ACOUSTIQUE : L'EQUATION DU SONAR	3
3	CALIBRATION IN SITU : LES CYCLES DE MAREE DES CAMPAGNES PHRESQUES2018	4
4	CALIBRATION IN SITU : LA MESURE DE TURBIDITE HAUTE FREQUENCE DE SURFACE A LA STATION SCENES	10
5	APPLICATION OPERATIONNELLE DE LA CALIBRATION ACOUSTIQUE A L'ENSEMBLE DU JEU DE DONNEES ENTRE OCTOBRE 2017 ET MARS 2018	13
5.1	CALIBRATION OPERATIONNELLE SUR L'ENSEMBLE DES DONNEES ACOUSTIQUES	13
5.2	DYNAMIQUE DES MES OBSERVEE PAR METHODE ACOUSTIQUE PENDANT L'HIVER 2017-2018	14
5.2.1	DYNAMIQUE TEMPORELLE ET LIEN AVEC LES FORÇAGES	14
5.2.2	CONCENTRATION EN MES AU FOND : COMPARAISON DES DONNEES ACOUSTIQUES ET DES MESURES DE TURBIDITE	15
6	SYNTHESE	17

1 Contexte

Le projet PHRESQUES Phase 1 (2016-2018) financé par le Contrat de Plan Interrégional Etat-Régions (CPIER) Vallée de Seine et piloté par le GIP SEINE AVAL a pour objectif de doter l'Axe Seine d'un réseau d'observation de la qualité de l'eau du bassin parisien à la baie de Seine, en s'appuyant et consolidant les réseaux existants : CARBOSEINE (Seine amont), SYNAPSES (estuaire de Seine), COAST-HF (Estuaire/Baie de Seine).

Les courantomètres acoustiques sont habituellement mis en œuvre au sein des observatoires côtiers pour observer les forçages hydrodynamiques, via la mesure long terme haute fréquence du profil de courant et des vagues. Ces mesures reposent sur l'interaction entre un train d'onde acoustique émis par les transducteurs du courantomètre et les particules en suspension en mouvement, advectés par les courants. Cette interaction se traduit par un déphasage du train d'onde, enregistré par le courantomètre.

Depuis près de vingt ans, des méthodes d'analyse du signal acoustique rétrodiffusé sont développées afin de quantifier les concentrations en matières en suspension, par analogie avec les capteurs optiques à rétrodiffusion. Le volet innovation « mesures hydrodynamiques et MES par acoustique » a pour objectif de déployer et de calibrer l'intensité du signal acoustique rétrodiffusé sur le site de la station SCENES.

2 Rappel sur la mesure acoustique : l'équation du Sonar

Le signal acoustique émis par un courantomètre se propage dans la colonne d'eau et est rétrodiffusé par les particules en suspension. Par analogie avec le principe de fonctionnement des capteurs optiques de turbidité, plus la concentration en MES est importante, plus grande est l'intensité du signal acoustique rétrodiffusé. Cette dynamique n'est plus vérifiée au delà d'un niveau de concentration de MES pour lequel l'atténuation par le sédiment devient significative. Dans ce cas, une augmentation de la concentration conduit à la diminution de l'intensité acoustique rétrodiffusée.

Lors de sa propagation, le signal acoustique doit également être corrigé de l'atténuation due aux propriétés de l'eau et à la divergence sphérique. L'ensemble des interactions entre l'onde acoustique et le milieu lors de sa propagation est synthétisé dans l'équation du sonar (Gostiaux and Van Haren, 2010).

$$10\log_{10}(10^{K_c E/10} - 10^{K_c E_0/10}) = SL - 20\log_{10}(\psi R^2) - 2\int_0^R (\alpha_w(r) + \alpha_s(r))dr + \\ 10\log_{10}\left(\frac{M \bar{\sigma}}{\rho_s v_s}\right) + 10\log_{10}\left(\varphi R^2 \frac{WS}{2}\right)$$

où

E représente l'intensité acoustique rétrodiffusée, E0 le bruit, Kc la constance de conversion count/dB,

SL correspond au niveau acoustique émis par les transducteurs (dB),

R est la distance entre le transducteur et la cellule cible,

α_w le coefficient d'atténuation due à l'eau (fonction de la salinité, de la température et de la profondeur ainsi que de la fréquence acoustique), α_s le coefficient d'atténuation due aux sédiments (fonction du diamètre, de la densité et de la fréquence acoustique),

M représente la concentration en MES, $\langle\sigma\rangle$ la section efficace de rétrodiffusion, ρ_s et v_s la densité et le volume du diamètre représentatif des particules,

WS la taille de la cellule

Dans le cas de milieux peu turbides, soit typiquement inférieurs à 0(100mg/l), l'atténuation par les sédiments peut être négligée. Dans ce cas, l'équation du Sonar peut alors se réécrire :

$$BI = 10\log_{10}(M) + Cst$$

avec

$$BI = 10\log_{10}(10^{K_c E/10} - 10^{K_c E_0/10}) - SL + 20\log_{10}(\psi R^2) + 2\int_0^R (\alpha_w(r))dr - 10\log_{10}\left(\varphi R^2 \frac{WS}{2}\right)$$

Une fois corrigé des termes géométriques et d'atténuation, le signal acoustique peut alors être calibré empiriquement à l'aide de prélèvements ou de mesures optiques calibrées en concentration en MES. Cette calibration est pertinente si les MES sont de natures similaires, i.e. des sédiments fins, sous la forme d'agrégats ou floccs, leur taille pouvant varier. Cependant, la calibration peut être mise en défaut si du sable et des sédiments fins se retrouvent mélangés en suspension, les instruments acoustiques étant plus sensibles aux sables, et les instruments optiques aux sédiments fins (Druine et al., 2018 ; Chapalain et al., in revision). Cette méthode a été appliquée dans différents systèmes côtiers avec succès (Dufois et al., 2014 ; Tessier et al., 2008...).

3 Calibration in situ : les cycles de marée des campagnes PHRESQUES2018

Dans un premier temps, la calibration est réalisée à partir des données CTD et OBS3+ calibrées en concentration massique. Malgré trois campagnes de calibration (février, avril et juillet 2018), seule la première campagne de février est utilisable, l'AWAC ayant été interverti juste avant le second leg. La calibration sera donc ré-évaluée lors de la récupération du courantomètre en septembre 2018.

Deux cycles de marée sont donc disponibles, caractérisés par des concentration en MES au fond variant entre 5 et 150mg/l, et des concentrations dans le panache de surface comprise entre 5 et 50mg/l. Le panache turbide dessalé est bien développé sur près de 5m d'épaisseur (Figure 1).

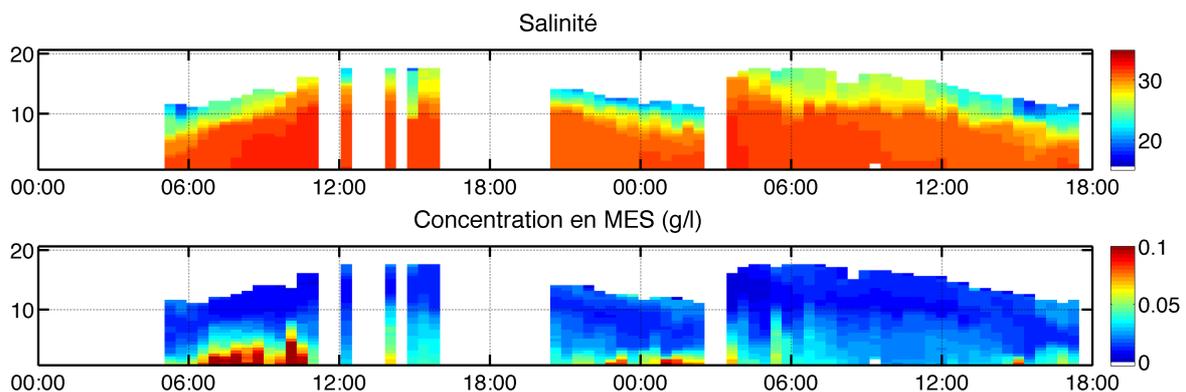


Figure 1 : Salinité et concentration en MES observée à partir du NO Côtes de la Manche les 16 et 17 février 2018 (les cycles de marée ont été accolés pour faciliter la lecture)

La confrontation entre les données acoustiques corrigées de l'atténuation et les données de concentration en MES mesurées lors des campagnes PHRESQUES 2018 fait état de dynamiques différentes en fonction des milieux rencontrés (Figure 2, Figure 3 et Figure 4). Ainsi, les données de fond (profondeur normalisée $z/h < 0.5$), associées à des salinités supérieures à 29PSU, affichent une dynamique claire entre concentration en MES et intensité acoustique, caractérisée par une pente forte. Les données de surface ($z/h > 0.5$) dans le panache dessalé (salinité < 29 PSU) témoignent également d'une corrélation positive entre concentration et niveau acoustique, symbolisée toutefois par une pente plus faible. Pour les données hors panache de surface ($z/h > 0.5$ et salinité > 29 PSU) une relation similaire est observée. Ces différences de comportement traduisent des caractéristiques des MES différentes entre les particules remises en suspension et les particules estuariennes transportées dans le panache de surface.

Cette distinction par compartiment du jeu de données est reprise pour l'étape de calibration. Une méthode similaire à la procédure de calibration des capteurs optique est dans un premier temps appliquée : l'ensemble du jeu de données est décomposé en une dizaine de classes, et aléatoirement un couple (BI, MES) par classe est sélectionné, puis une droite de régression linéaire, basée sur la méthode des moindres carrés, est calculée. Cette première étape permet de montrer la variabilité des coefficients observés, et de noter l'existence d'une relation entre la pente et l'intercept qui définissent la relation linéaire (Figure 5). La relation linéaire médiane issue de cette méthode (ligne noire, Figure 6), si elle minimise les écarts, n'est

pas représentative de la dynamique générale du signal sur l'ensemble de sa gamme. Ainsi, une seconde étape est réalisée, testant un ensemble de relation linéaire (Figure 6) suivant la relation pente/intercept définie Figure 5. La qualité de la calibration pour chacune des relations linéaires testées est évaluée par classe de concentration $[0-10]$, $[10-25]$, $[25-50]$, $[50-75]$, $[75-100]$ et $[100-\infty]$ à la fois en terme de RMSE normalisée mais également en calculant les résidus moyens normalisés (Figure 7). Ces deux critères combinés permettent de trouver le meilleur compromis entre une erreur faible et une représentativité équilibrée du jeu de données. Un exemple d'application de cette méthode est illustré Figure 6 et Figure 7, sur la base du jeu de données de fond ($z/h < 0.5$). L'étape préliminaire d'analyse par classe détermine une droite médiane optimale de pente 0.52. Cette droite, bien que minimisant au mieux les écarts, ne traduit pas la dynamique globale du jeu de données. Après avoir testé différentes droites de pente variable, l'évaluation statistique Figure 7 démontre qu'une pente de 1 permet d'obtenir le meilleur compromis entre incertitude (NRMSE autour de 50% pour l'ensemble des classes) et représentativité (résidus moyens normalisés proche de 0).

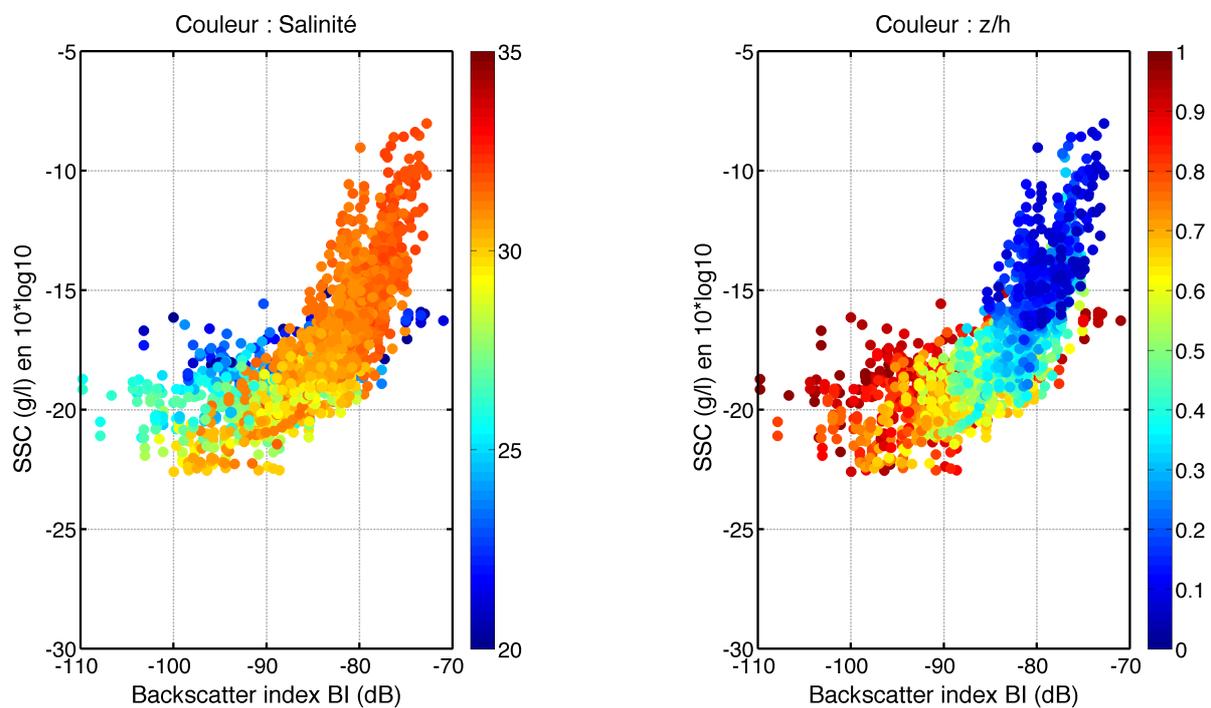


Figure 2 : Comparaison entre l'intensité acoustique rétrodiffusée corrigée (BI) et la concentration en MES (OBS3+) (en $10 \log_{10}$) : données de février 2018. Gauche : salinité ; Droite : distance au fond normalisée par la profondeur

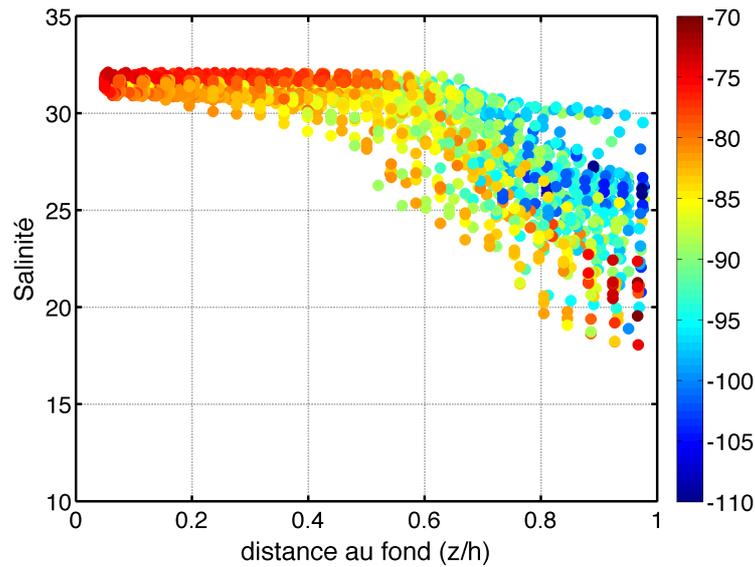


Figure 3 : Positionnement vertical du panache à SCENES lors de la campagne de Février 2018. L'intensité du signal acoustique est représenté par le gradient de couleur (dB)

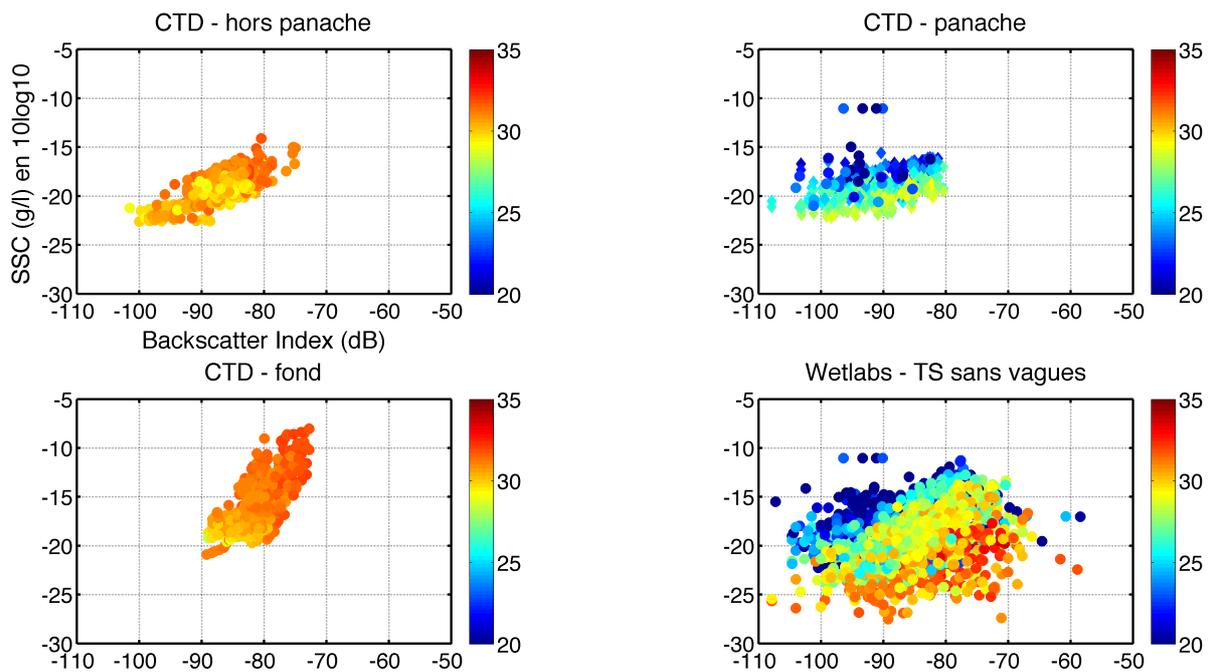


Figure 4 : Comparaison entre l'intensité acoustique rétrodiffusée corrigée (BI) et la concentration en MES (OBS3+) (en $10 \log_{10}$) : distinction entre le panache ($z/h > 0.5$ et salinité < 29 PSU), le haut de la colonne d'eau hors panache ($z/h > 0.5$ et salinité ≥ 29 PSU) et le fond : $z/h < 0.5$. En bas à droite : relation BI/MES pour les données de concentration de surface de la bouée SCENES et de BI associées. Pour les quatre graphiques, la couleur symbolise la salinité

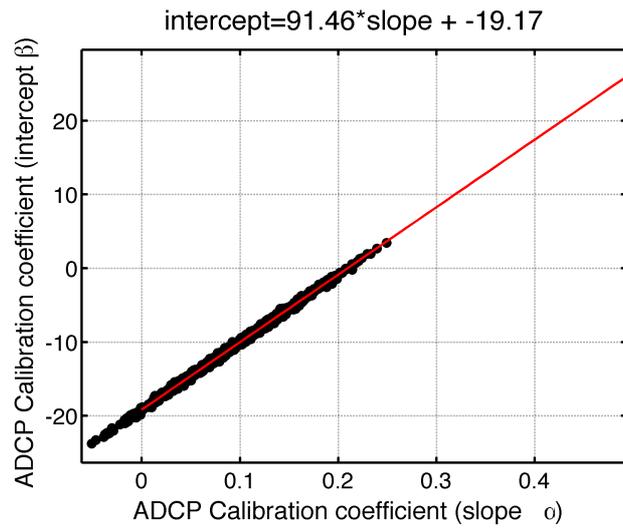


Figure 5 : Relation entre pente et intercept des relations linéaires calculées par tirage aléatoire de points par classe de niveau acoustique

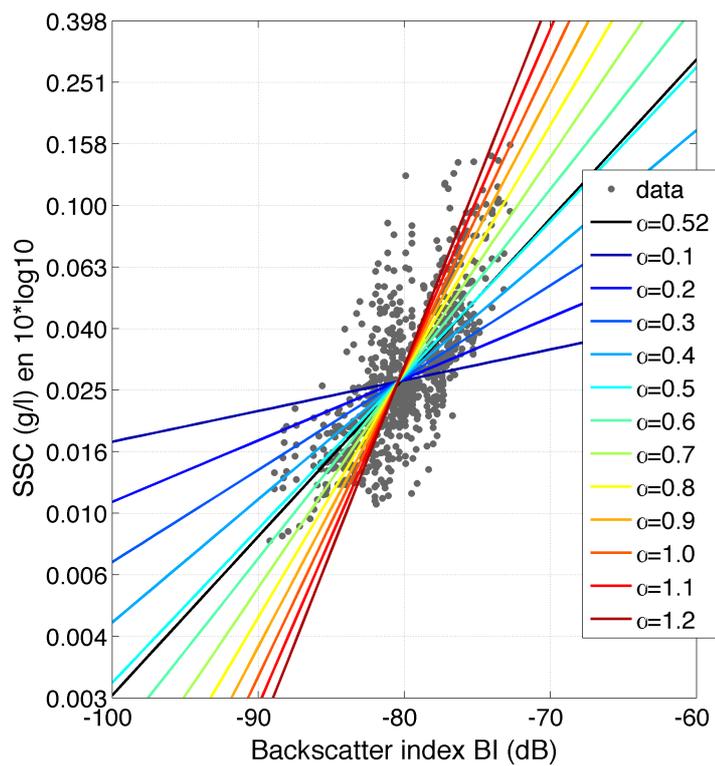


Figure 6 : Evaluation de la droite de calibration : exemple des données de fond. Les points symbolisent les données sources, la ligne noire la relation issue de l'analyse statistique par classe, les lignes de couleur représentent les différentes droites testées

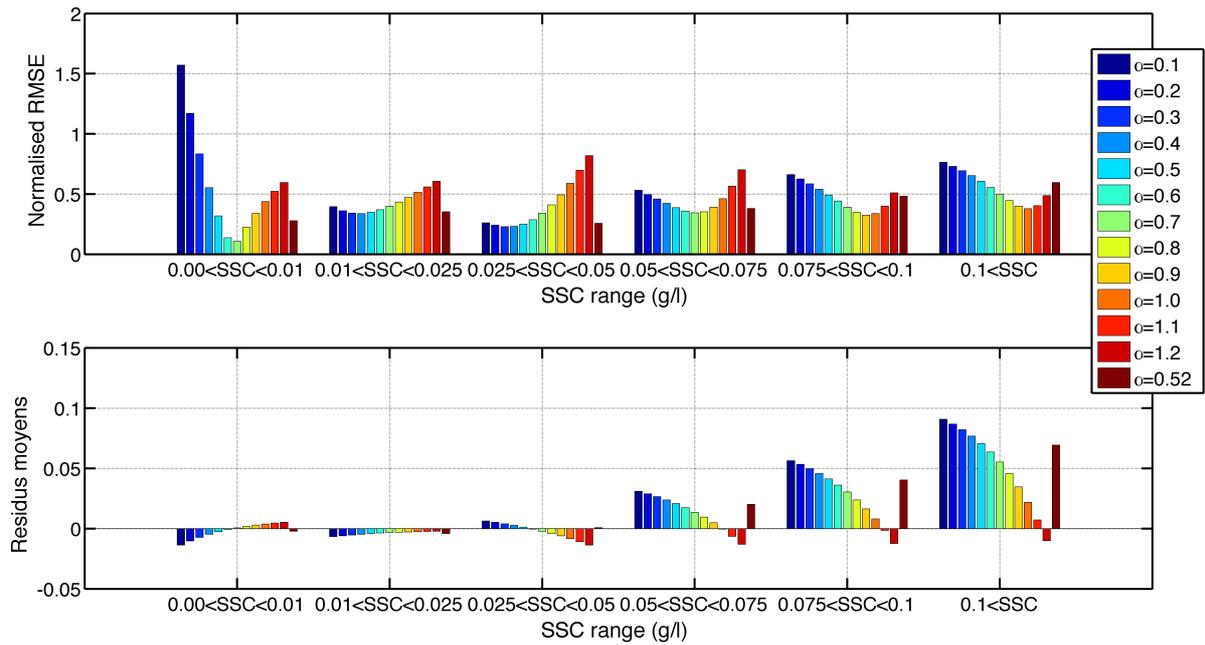


Figure 7 : Statistiques (RMSE normalisée et résidus moyens normalisés) par classe de concentration en MES pour différentes valeurs de coefficient de calibration. Le coefficient 0.52 est issu de l'étape préliminaire d'analyse statistique par classe

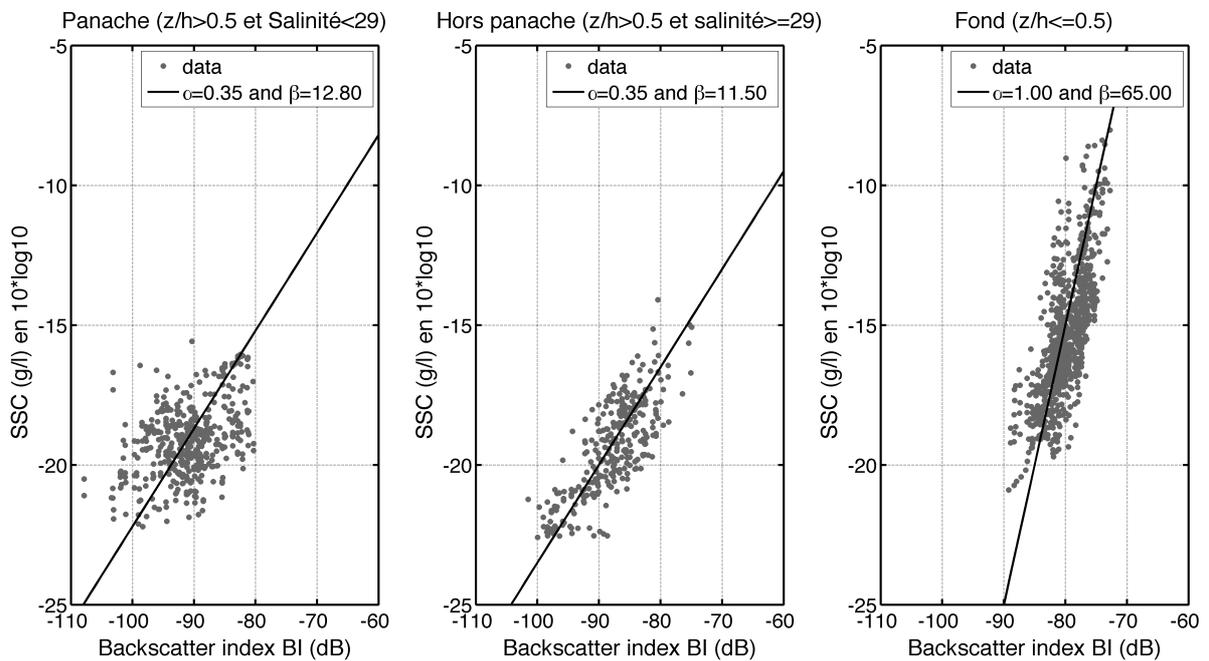


Figure 8 : Calibration de l'AWAC par compartiments à partir des données CTD/OBS3+ des campagnes PHRESQUES de février 2018

Cette étape de calibration est répétée pour les deux autres compartiments (panache et hors panache) permettant de calibrer le signal acoustique (Figure 8). Les relations de calibrations sont très similaires entre les compartiments de surface, avec une pente identique et un intercept légèrement différent. Comme observé en Figure 4, les données de fond possèdent une signature particulière, caractérisée par une pente plus forte. L'application de ces calibrations se traduit par la comparaison directe entre MES observée (OBS3+) et MES calculée (AWAC) pour les trois compartiments (Figure 9) et les statistiques associées (Figure 10). Sur l'ensemble des trois compartiments, l'incertitude moyenne se situe entre 40% et 50%, avec un minimum pour le compartiment hors panache (autour de 30%).

Synthèse

Une première calibration du signal acoustique rétrodiffusé a pu être réalisée à partir des données in situ collectées lors du leg de février des campagnes PHRESQUES2018. Cette étape sera répétée après récupération des données de l'AWAC en septembre 2018, bénéficiant alors des legs 2 (avril 2018) et 3 (juillet 2018) des campagnes réalisées à bord du NO Côtes de la Manche.

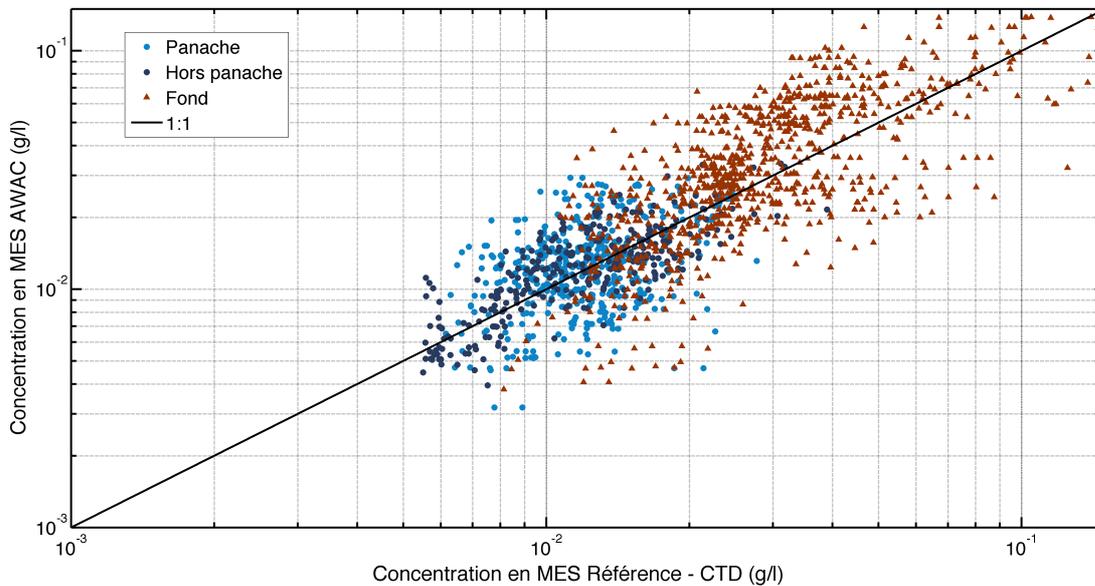


Figure 9 : Comparaison entre données de concentration en MES de référence (mesures OBS3+) et les données de concentrations issues de la calibration empirique de l'AWAC (Figure 8)

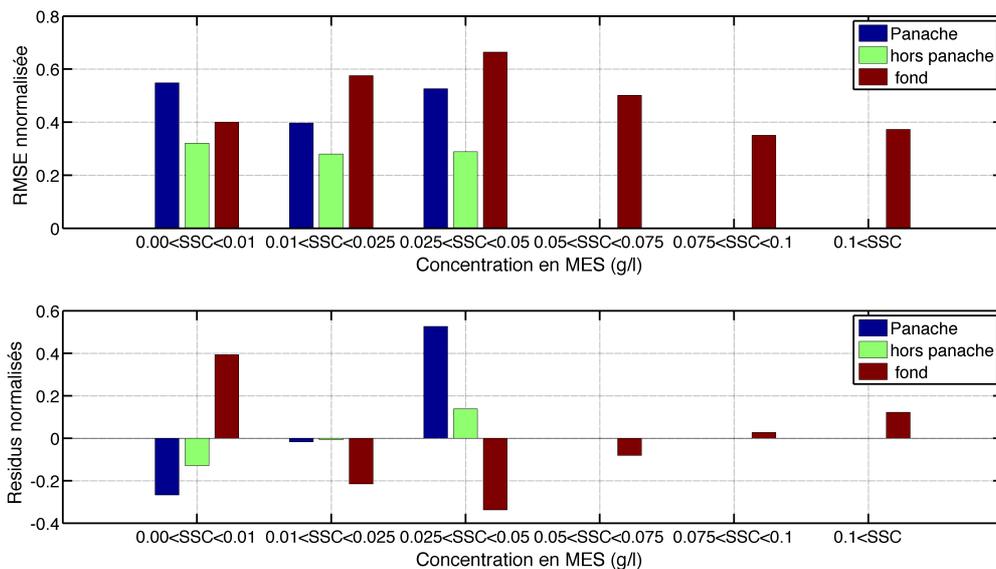


Figure 10 : Evaluation statistique de la qualité de la calibration empirique de l'AWAC à partir des données OBS3+ des campagnes

4 Calibration in situ : la mesure de turbidité haute fréquence de surface à la station SCENES

A défaut de pouvoir s'appuyer sur une succession de campagnes en mer permettant de décrire la variabilité saisonnière des MES et donc potentiellement des calibrations, les données de turbidité de surface mesurées par la station SCENES peuvent elles aussi être utilisées pour calibrer le signal acoustique. Le turbidimètre de fond, positionné au niveau du transducteur, est lui trop éloigné de la première cellule (située 1m plus haut) pour pouvoir être utilisé pour la calibration (possibilité de stratification). Contrairement à la calibration précédente, seules les données de surface peuvent être utilisées. Cependant ces données témoignent d'une large variabilité temporelle, de la marée à la saison.

Cette section détaille ainsi les résultats obtenus pour la calibration du signal acoustique de surface, et sa comparaison par rapport à la calibration issue des données de campagne. Seules les données hors période de vagues sont utilisées ($H_s < 0.8m$).

La Figure 11 présente la distribution des couples MES/BI pour les données de surface enregistrées entre octobre 2018 et mars 2018. Il peut être noté que le nuage de point est organisé selon la salinité : pour un même niveau de concentration en MES, le signal rétrodiffusé est plus faible en salinité faible et croissant avec la salinité. Pour les faibles salinités, la pente de la relation BI/MES est similaire à la pente observée lors de la campagne de février 2018 (Figure 4). De plus, cette pente ne varie pas significativement pour différentes gammes de salinité (autour de 0.35), la dynamique de la relation de calibration étant associée à un offset variable en fonction de la salinité.

La variation de l'intercept de la relation de calibration en fonction de la salinité est illustrée Figure 12, et montre pour une relation exponentielle décroissante entre ces deux paramètres, tel que :

$$\beta = 15 - 0.0102 * e^{0.2086 * Sal}$$

On peut noter que cette relation est cohérente avec la calibration du signal acoustique du compartiment panache effectuée à partir de la campagne PHRESQUES de février 2018 (Figure 8). Pour le compartiment identifié « hors panache », la relation intercept/salinité n'est pas en accord avec la calibration issue des campagnes.

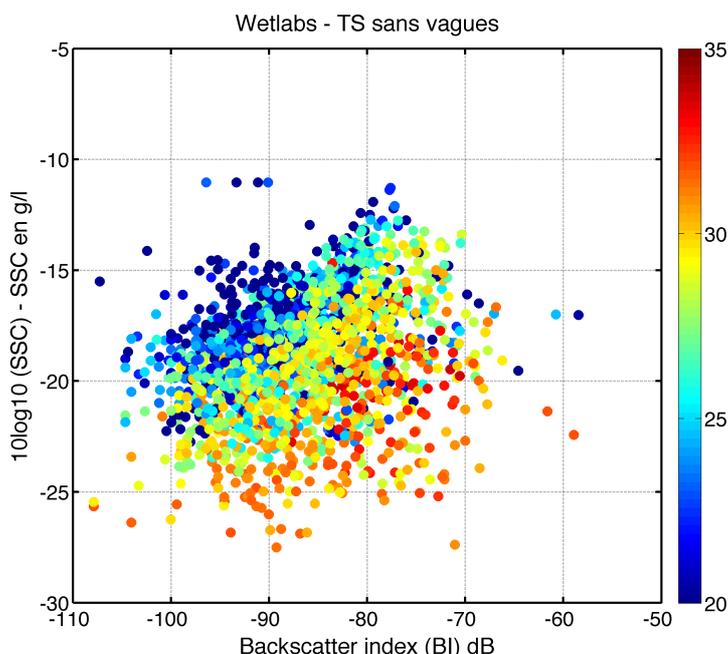


Figure 11 : Comparaison entre l'intensité acoustique rétrodiffusée (BI) de surface et les données de concentration en MES mesurées par la bouée SCENES entre octobre 2017 et mars 2018

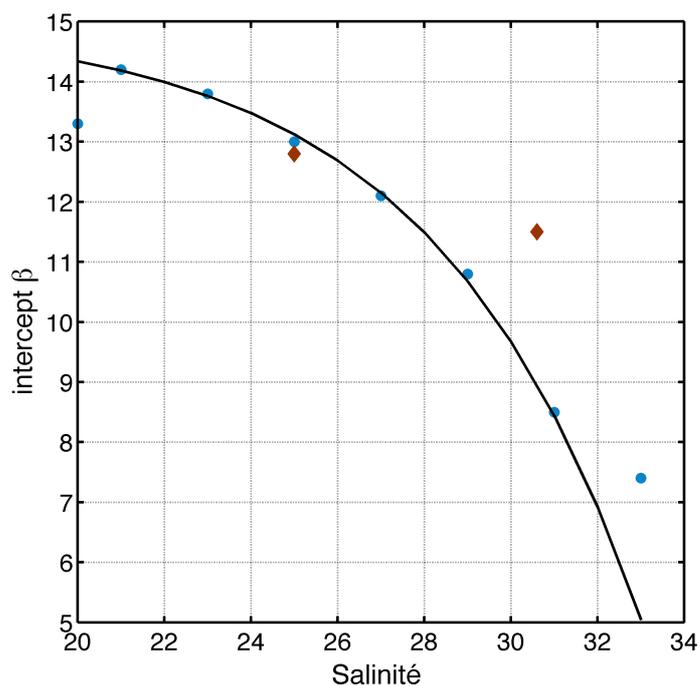


Figure 12 : Relation entre la salinité de surface et la valeur de l'intercept de la relation $10\log_{10}(\text{MES})=\alpha\text{BI}+\beta$ avec $\alpha=0.35$. En rouge : intercept des relations de calibrations issues des compartiments panache et hors panache à partir des données CTD des campagnes PHRESQUES de février 2018

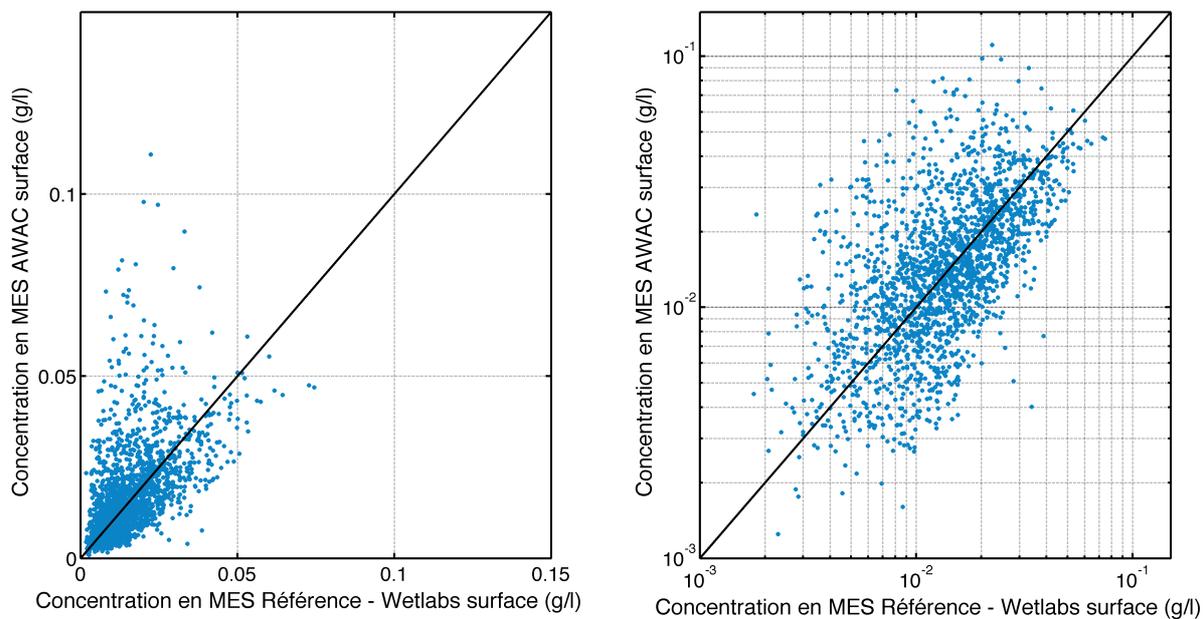


Figure 13 : Comparaison entre concentration en MES mesurées par le turbidimètre optique de surface de la station SCENES et les concentrations en MES calculées par calibration empirique variable en fonction de la salinité

L'application d'une calibration dynamique en fonction de la salinité permet de quantifier de façon satisfaisante la concentration en MES, comme illustré Figure 13. La variabilité globale est bien retrouvée, avec toutefois une surestimation ponctuelle des concentration en MES par méthode acoustique. Les statistiques à l'échelles des 6 mois de mesure montrent que l'incertitude est forte pour les concentrations en MES les plus faibles, variant entre 100% et 200% pour des concentrations inférieures à 50mg/l. Pour des niveaux de concentration en MES supérieurs, l'incertitude varie entre 50% et 75% (Figure 14). Si on s'intéresse uniquement aux données acquises lors des cycles de marée des 16 et 17 février 2018 (campagne PHRESQUES), l'incertitude est alors plus faible, autour de 50%. La variabilité saisonnière n'est donc pas totalement expliquée par la seule salinité. Toutefois, l'examen de paramètres additionnels tels que la concentration en chlorophylle a, le temps depuis le déploiement, les phases du cycle de marée ou les vagues ne permettent pas actuellement de compléter l'explication de la variation des relations BI/MES (Figure 15). Cette variabilité annuelle sera ré-examinée ultérieurement avec la poursuite des campagnes de calibration fin 2018 et 2019.

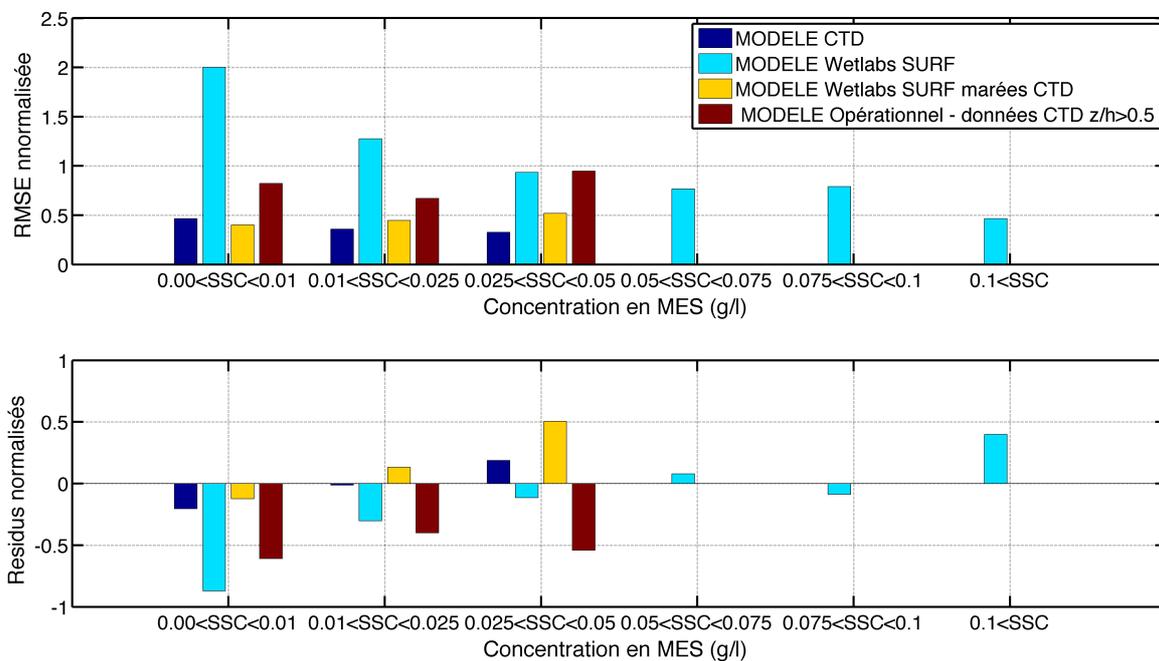


Figure 14 : Evaluation statistique de la qualité des calibrations empiriques de l'AWAC à partir des données de surface : Modèle et données CTD/OBS3+ (calibration Figure 8), Modèle et données issues des mesures SCENES surface (Figure 12 - sur l'ensemble du jeu de donnée et sur la période correspondant aux campagnes de février 2018), Modèle issu de la comparaison des données SCENES (fonction de la salinité) confrontées aux données CTD pour des distances au fond $z/h > 0.5$

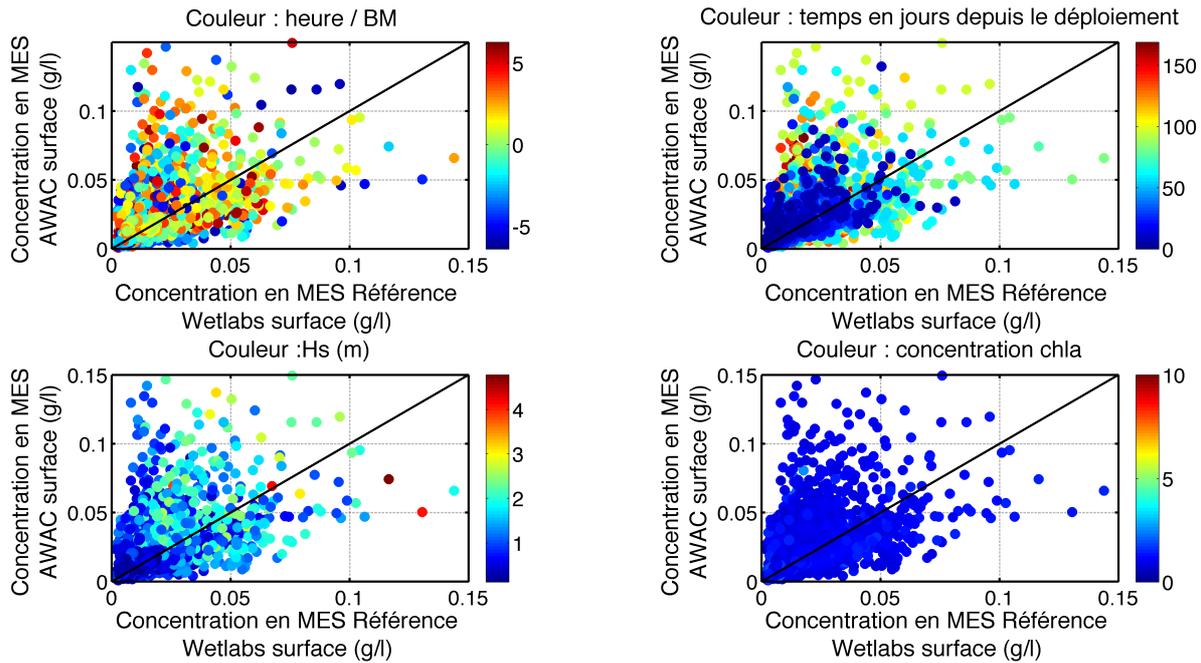


Figure 15 : Comparaisons entre concentrations en MES de surface mesurées par la station SCENES et calculées par méthode acoustique, associée à différents paramètres : phase de la marée, temps depuis le déploiement, vagues et concentration en chlorophylle a

5 Application opérationnelle de la calibration acoustique à l'ensemble du jeu de données entre octobre 2017 et mars 2018

5.1 Calibration opérationnelle sur l'ensemble des données acoustiques

Dans les chapitres précédents, différentes relations de calibrations ont été construites. Sur la base des mesures collectées lors du premier leg des campagnes PHRESQUES 2018, une première calibration a été proposée, compartimentant la colonne d'eau en trois domaines en fonction de la profondeur normalisée et la salinité dans la couche de surface. L'examen de la série temporelle de turbidité de surface mesurée par la station SCENES montre que, si l'allure de la calibration est bien identique à celle trouvée à partir des campagnes, cette relation est fortement dépendante de la salinité. Pour les données de surface, une calibration en fonction de la salinité est donc proposée.

Dans l'état actuel des connaissances, il est proposé d'appliquer la calibration suivante à l'ensemble du jeu de données acoustiques :

- Pour les profondeurs normalisées inférieures à 0.25 : utilisation de la relation de calibration issue des mesures des campagnes (actuellement la seule disponible) (SSC_bot)
- Pour les profondeurs normalisées supérieures à 0.75 : utilisation de la relation de calibration dépendante de la salinité, représentative de la dynamique long terme, contrairement aux campagnes (uniquement deux cycles de marée en février (SSC_surf))
- Pour les niveaux intermédiaires ($0.25 < z/h < 0.75$), une interpolation linéaire entre les deux méthodes est effectuée, le poids de l'interpolation dépendant de la distance normalisée tel que :

$$P = 1 - (z/h - 0.25) / 0.5$$

Et

$$SSC = P * SSC_{bot} + (1 - P) * SSC_{surf}$$

La qualité de la calibration opérationnelle est évaluée par comparaison entre les données acoustiques et les observations des campagnes, sur les deux cycles de marée de février 2018. Concernant les données de fond, la calibration appliquée est celle issue des campagnes, elle reste donc optimale, à défaut d'avoir d'autres points de comparaison. Pour les données de surface ($z/h > 0.5$), si les concentrations calculées au

sein compartiment panache sont de bonne qualité, elles semblent surestimées pour les concentrations supérieures à 15mg/l (Figure 16). Les concentrations du compartiment « hors panache » sont quant à elles clairement surestimées d'environ 100%, mais la dynamique est correctement reproduite.

Cette calibration sera ré-examinée après récupération des données de l'AWAC collectées entre avril et septembre 2018, et potentiellement affinée en fonction des résultats obtenus.

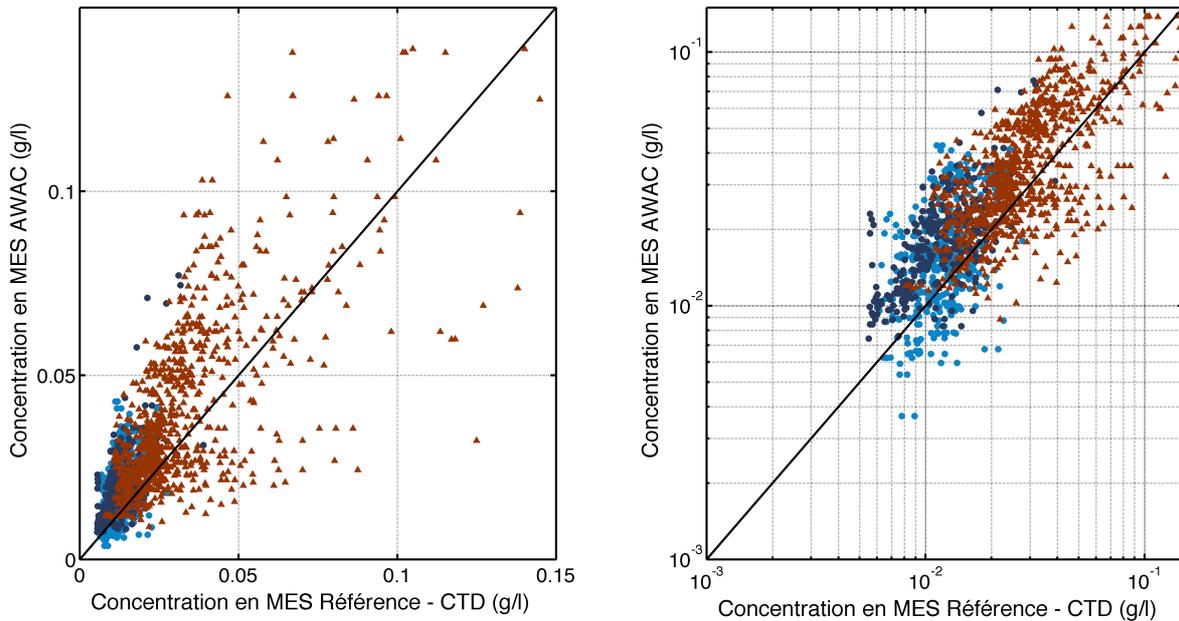


Figure 16 : Comparaison entre concentrations en MES mesurées issues des campagnes PHRESQUES de février 2018 et les concentrations en MES calculées par calibration empirique variable en fonction de la salinité pour des distances au fond $z/h > 0.5$

5.2 Dynamique des MES observée par méthode acoustique pendant l'hiver 2017-2018

5.2.1 *Dynamique temporelle et lien avec les forçages*

La dynamique des MES observée par méthode acoustique est présentée pour l'ensemble de la période de mesure disponible Figure 17. A cette échelle saisonnière, les principales variabilités observées sont associées au forçage des vagues, et la cyclicité VE/ME. Les périodes d'agitation sont associées à des concentrations en MES fortes au fond (supérieures à 200mg/l) et jusqu'à mi colonne d'eau (jusqu'à 50mg/l). Hors période de vagues, les périodes de mortes eaux se caractérisent par des niveaux de concentration faibles, inférieurs à 20mg/l, tandis que les vives eaux sont associées à de fortes remises en suspension, et des concentrations en MES à 1.5m au dessus du fond autour de 150mg/l au maximum. L'augmentation de la concentration en MES à basse mer, associée au panache, est moins visible du fait de concentration moins élevée (en général autour de 50mg/l maximum). Un zoom autour d'une VE est proposé Figure 18, permettant d'observer plus précisément la dynamique à l'échelle de la marée semi-diurne et semi-lunaire.

Ces données pourront être ensuite exploitées pour construire des dynamiques types à l'échelle de cycles de marée en fonction de régime de forçages, tels que le marnage, le débit, les vagues et les calculs de flux. Toutefois, un préalable à ces études est un approfondissement de la calibration, en bénéficiant des campagnes de mesures régulières en 2018 et 2019.

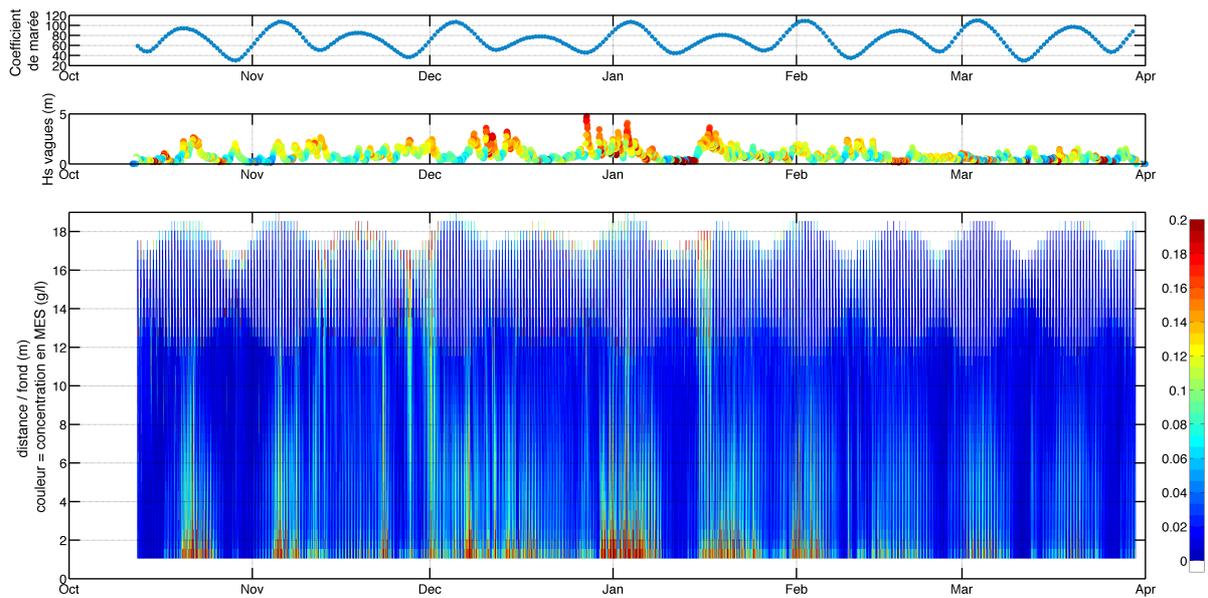


Figure 17 : Dynamique des MES observées par l'AWAC entre octobre 2017 et mars 2018-08-28, associée à la variabilité des coefficients de marée et des régimes de vagues (période en couleur)

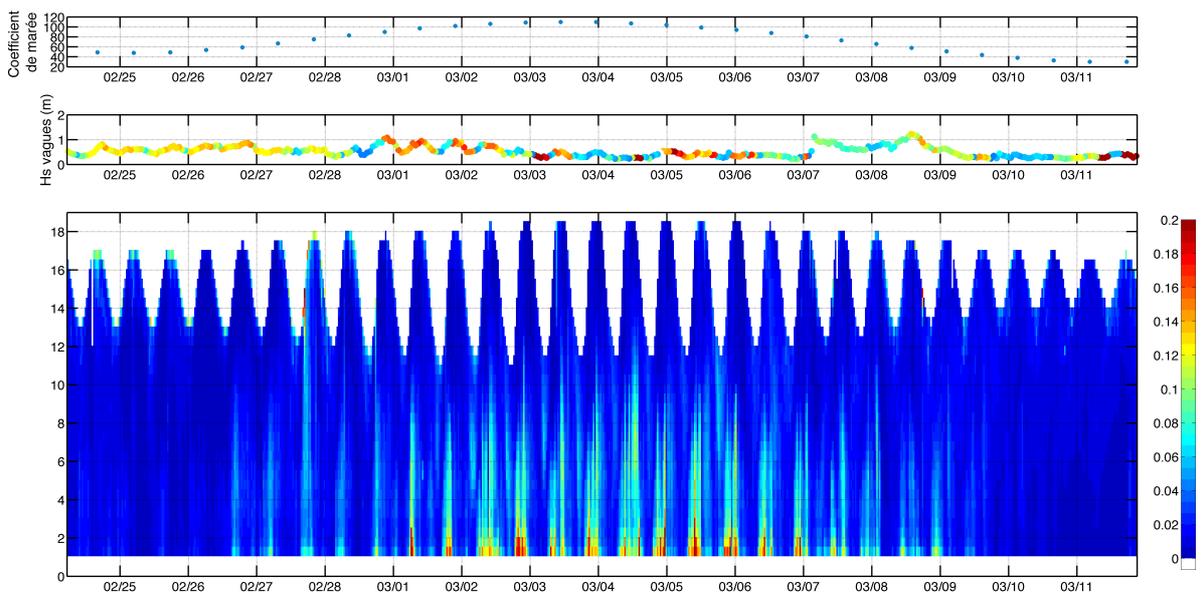


Figure 18 : Dynamique des MES observées par l'AWAC entre octobre 2017 et mars 2018-08-28 associée à la variabilité des coefficients de marée et des régimes de vagues (période en couleur) zoom sur un cycle VE/ME en mars 2018

5.2.2 Concentration en MES au fond : comparaison des données acoustiques et des mesures de turbidité

Le capteur optique de turbidité de la station de fond SCENES est positionné à hauteur du transducteur, tandis que la première cellule de l'AWAC est positionnée 90cm plus haut dans la colonne d'eau. Normalement, si la dynamique entre les deux capteurs doit être la même, la concentration en MES vue par le turbidimètre est censée être plus élevée que celle vue par l'AWAC. L'examen des séries temporelles des deux capteurs sur la durée de déploiement de l'AWAC montre que si la dynamique observée est bien similaire entre les deux capteurs, la mesure de MES par acoustique est sous certaines conditions supérieure à la concentration estimée par le turbidimètre (Figure 19 et Figure 20). Ainsi, pour des coefficients de marée de faible amplitude, la concentration en MES à 40cm au dessus du fond est bien

supérieure à celle observée à 130cm au dessus du fond par l'AWAC. Cependant, en VE, cette dynamique a tendance à s'inverser, avec des concentrations plus importantes à 130cm au dessus du fond. Cette relation entre le ratio des concentrations et le marnage est illustrée Figure 21. Si cette différence de concentration peut potentiellement s'expliquer par l'incertitude associée à chacun des instruments, une seconde hypothèse peut être soulevée : en VE, les particules remises en suspension pourraient avoir des signatures (taille/densité plus importante, voire du sable fin) différentes de celles remises en suspension pour des marnage plus faibles, comme précédemment observé sur le même site par Chapalain et al. (in revision). Cette modification de la nature des MES au fond, non observée par les capteurs optiques, aurait alors pour conséquence d'augmenter l'intensité du signal acoustique rétrodiffusé, conduisant à des concentrations en MES calculées plus importantes. Cette question sera examinée plus en détail lors de la récupération du second AWAC déployé entre avril et septembre 2018. Elle fait également l'objet d'une action dans le volet innovation proposé dans la phase 2 de PHRESQUES.

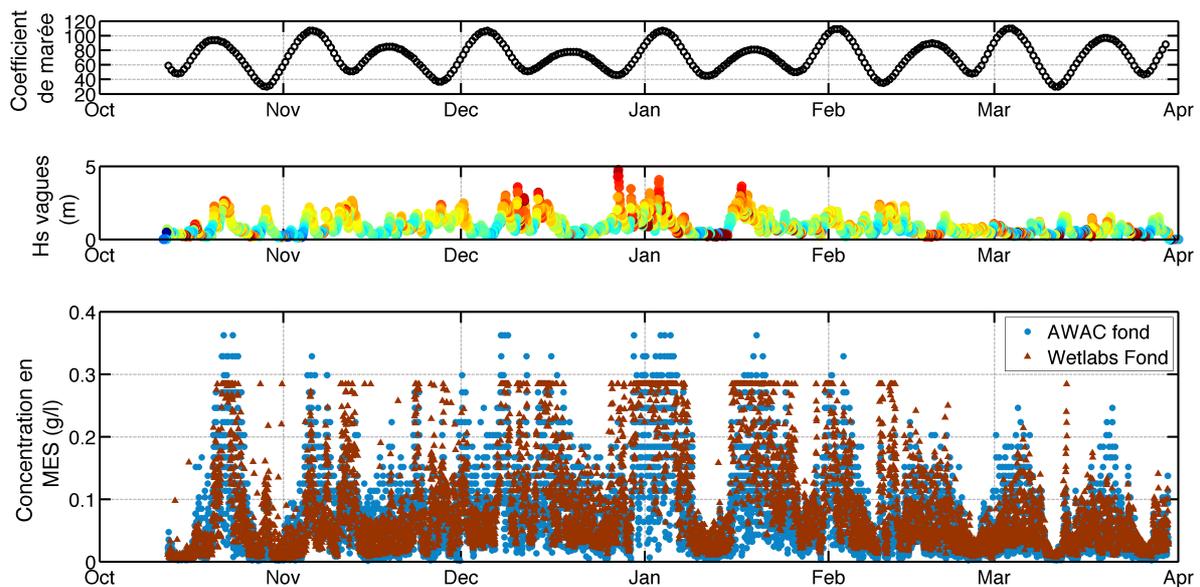


Figure 19 : Dynamique de la concentration en MES au fond vue par l'AWAC et le turbidimètre Wetlabs entre octobre 2017 et mars 2018.

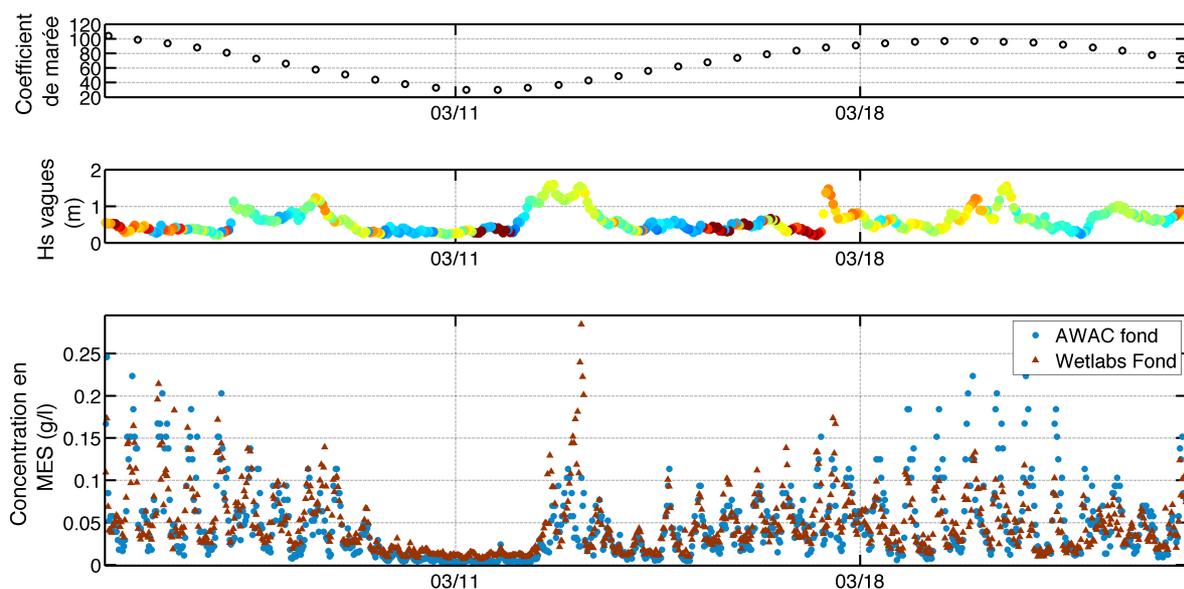


Figure 20 : Dynamique de la concentration en MES au fond vue par l'AWAC et le turbidimètre Wetlabs entre octobre 2017 et mars 2018 : zoom sur un cycle VE/ME en mars 2018

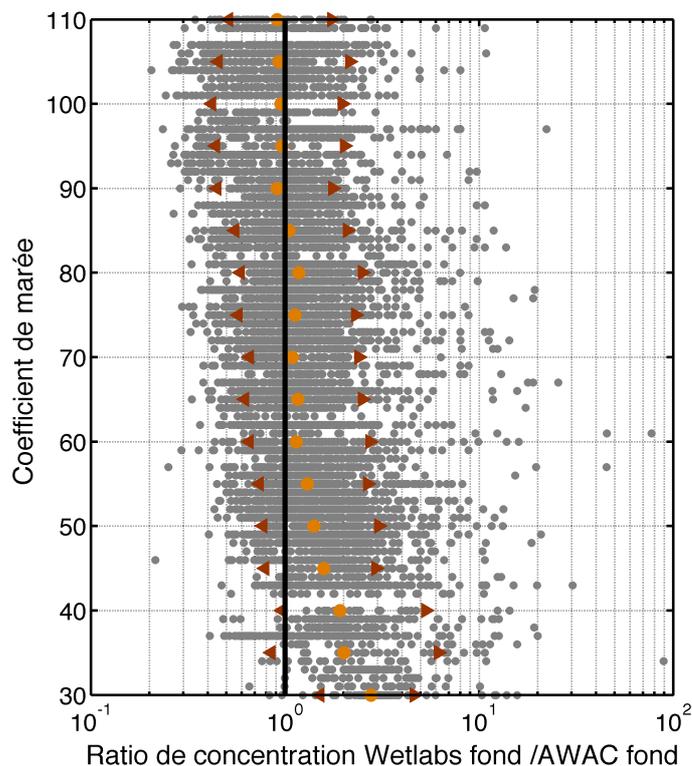


Figure 21 : Comparaison entre le ratio des concentrations Wetlabs/AWAC et les coefficients de marée. Les triangles indiquent les percentiles 10 et 90 par classes de coefficients et les points oranges les médianes.

6 Synthèse

L'objectif associé au déploiement d'un courantmètre à l'embouchure de l'estuaire de SCENES consistait à mieux appréhender à la fois la circulation dans la zone cible, de pouvoir quantifier les forçages hydrodynamiques vagues et courant et d'évaluer leur impact sur la dynamique sédimentaire à l'embouchure. Le volet hydrodynamique a été détaillé dans le rapport décrivant les résultats de la bouée SCENES. Ces mesures ont permis de connaître à la fois la dynamique des courants de marée à l'échelle du cycle semi-diurne mais également d'évaluer la modification de ces courants par le forçage météorologique.

La mesure à haute fréquence des vagues a également permis de décrire l'impact des tempêtes hivernales sur l'embouchure de l'estuaire, tel que décrit également dans le rapport général sur la bouée SCENES.

L'objectif spécifique de ce rapport consistait à étudier la possibilité de calibrer le signal acoustique rétrodiffusé pour quantifier la concentration en MES, non seulement en surface et au fond mais sur l'ensemble de la colonne d'eau. La calibration à l'échelle semi diurne, lors des cycles de marée étudiés lors des campagnes PHRESQUES, est pertinente et de qualité, avec des incertitudes associées inférieures à 50%. Le principal défi est d'étendre ces calibrations sur l'ensemble du jeu de données. Les mesures haute fréquence de turbidité de surface de la bouée SCENES ont permis de construire une calibration dynamique en fonction de la salinité pour la couche de surface, expliquée par la signature spécifique des MES apportées par le fleuve au sein du panache d'eau douce. La calibration des données de fond n'a pas pu être complétée, les nouvelles campagnes de mesure étant associée au déploiement actuel de l'AWAC. Toutefois, la comparaison avec le turbidimètre de la station de fond, plus proche du sédiment que la première cellule

de l'AWAC, montre une bonne cohérence de la calibration actuelle des mesures de fond. Ces comparaisons mettent également l'accent sur une modification de la nature des sédiments remis en suspension lors des marées de vives eaux, comme observé par Chapalain et al (in revision) sur le même site en 2016.

La calibration du signal acoustique sera discutée et mise à jour au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données de référence lors des futures campagnes PHRESQUES. Néanmoins, les données actuelles ont permis d'aboutir à une première calibration, saisonnière, du signal acoustique rétrodiffusé.