Premières observations de la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire Maroni (Guyane)

Aldo Sottolichio, Antoine Gardel, Nicolas Huybrechts, Tanguy Maury, Sylvain Morvan, Sandric Lesourd

▶ **To cite this version:**

Aldo Sottolichio, Antoine Gardel, Nicolas Huybrechts, Tanguy Maury, Sylvain Morvan, et al.. Premières observations de la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire Maroni (Guyane). Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, May 2018, La Rochelle, France. pp.293-300, 10.5150/jngcgc.2018.033 . hal-02346227

HAL Id: hal-02346227

https://univ-guyane.hal.science/hal-02346227

Submitted on 7 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

XV^èmes^ Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil
La Rochelle, 29 au 31 mai 2018
DOI:10.5150/jngcgc.2018.033 *© Editions Paralia CFL*
disponible en ligne – http://www.paralia.fr – available online

Premières observations de la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire du Maroni (Guyane)

Aldo SOTTOLICHIO [1], Antoine GARDEL [2], Nicolas HUYBRECHTS [3], Tanguy MAURY [2], Sylvain MORVAN [2], Sandric LESOURD [4]

1. Université de Bordeaux, UMR 5805 CNRS - EPOC, 33615 Pessac, France.
   aldo.sottolichio@u-bordeaux.fr
2. USR Mixte LEEISA, Centre de recherche de Montabo, IRD, 97300 Cayenne, France.
   antoine.gardel@cnrs.fr
3. Laboratoire Roberval, CEREMA-UTC, 60280 Margny Lès Compiègne, France.
   nicolas.huybrechts@cerema.fr
4. Université de Caen, Laboratoire M2C UMR 6143, 14000 Caen, France.
   sandric.lesourd@unicaen.fr

Résumé :
En comparaison aux estuaires des zones tempérées, les estuaires tropicaux entourés par la mangrove sont moins connus et documentés. Dans le cadre du projet EFHEMAR financé par l'Office de l'Eau de la Guyane (2016-2018), les premières données hydro-morpho-sédimentaires de l'estuaire du Maroni ont été collectées, dans le but de réaliser une description actualisée de l'estuaire, ainsi que dans le but d'alimenter un modèle en cours de développement. L'analyse des enregistrements de marée indique que l'estuaire, au moins pour sa partie aval, est convergent, avec une amplification du marnage au moins jusqu'à Crique-Vache , situé à 8 km de l'embouchure. Les courants de marée mesurés suivent les oscillations semi-diurnes de flot et de jusant ; en saison sèche ils induisent des remises en suspension de sédiments fins en amont de l'estuaire ; en saison humides ils sont complètement dominés par l'écoulement fluvial. Les mesures de salinité montrent de forts contrastes saisonniers en termes de stratification, contrôlée par le régime fluvial. En saison sèche l'estuaire est partiellement mélangé aussi bien à marée haute qu'à marée basse. En saison humide, un coin salé est bien identifié à marée haute, mais à marée basse le gradient salin est expulsé de l'estuaire.
L'analyse des premières mesures de turbidité montre que des contrastes forts existent aussi en termes de concentration en matière en suspension, avec un estuaire très turbide en saison sèche, et des eaux plus claires en saison humide. Un "bouchon vaseux" semble persister près de l'embouchure en saison humide, tandis qu'en surface les eaux douces fluviales arrivent chargées en matières en suspension plus récentes.

Mots-clés :
Estuaire, Guyane, Maroni, Dynamique sédimentaire, Bathymétrie, Vase, Salinité, Bouchon vaseux, Turbidité, Marée.

1. Introduction

La Guyane, et plus particulièrement l'ouest de son territoire, connaît une très forte croissance démographique. Un doublement de la population est attendu d'ici 2030, avec une concentration plus importante sur la plaine côtière et le long du fleuve Maroni (figure 1). Pour faire face à cette croissance, les gestionnaires de ce territoire envisagent de développer les capacités d'accueil du port de Saint Laurent de Maroni (situé à une quinzaine de km en amont de l'embouchure), notamment au moyen d'opérations de dragage du chenal, permettant l'accès à des navires à plus fort tirant d'eau (figure 1). Une bonne connaissance de la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire, ainsi que des outils de modélisation numérique sont indispensables pour bien planifier ces opérations et pour prévoir leur impact sur l'environnement physique, biologique et humain à court et à moyen terme. L'estuaire mésotidal du Maroni (marnage moyen de 2 m à l'embouchure) est très peu documenté, comme la plupart des estuaires sous influence de l'Amazone (GARDEL & GRATIOT, 2005). Dans le cadre du projet EFHEMAR financé par l'Office de l'Eau de la Guyane (2016-2018), les premières données hydro-morpho-sédimentaires de l'estuaire ont été collectées, dans le but de réaliser une description actualisée de l'estuaire, ainsi que dans le but d'alimenter un modèle en cours de développement. Cette note décrit les informations obtenues lors des premières campagnes in situ.

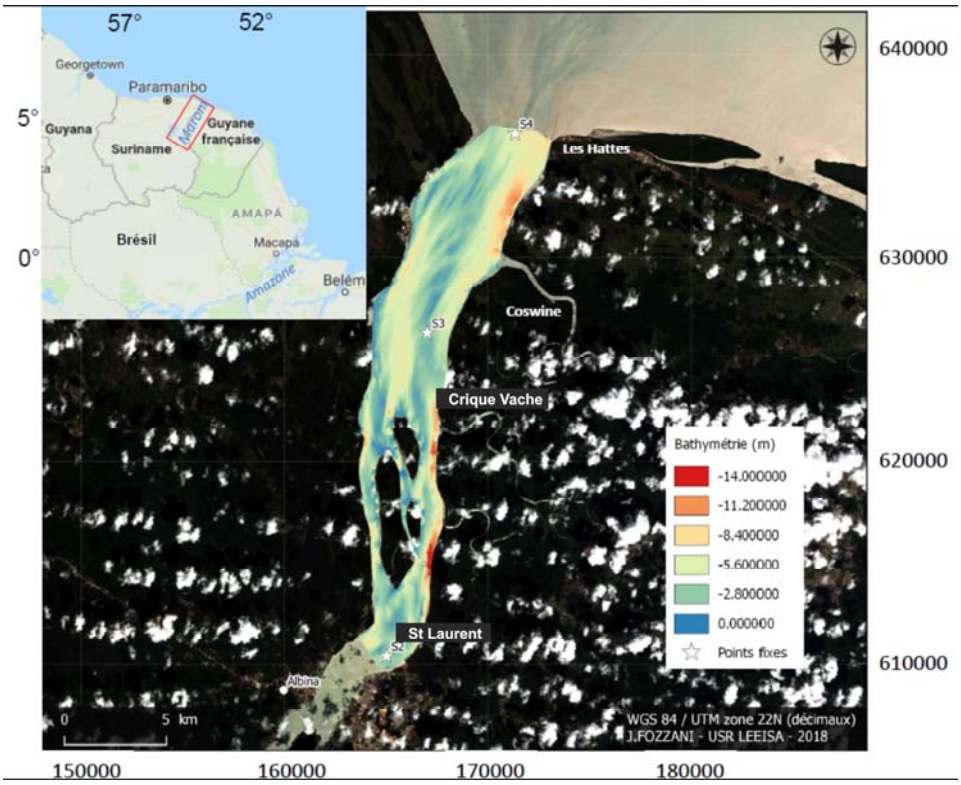

Figure 1. Localisation et bathymétrie de l'estuaire du Maroni.

2. Matériel et méthodes

Les données ont été acquises au cours de 4 campagnes de terrain réalisées en octobre 2016 (saison sèche), mars et juin 2017 (saison humide) et octobre 2017 (saison sèche). Durant ces campagnes des points fixes ont été réalisés simultanément en 3 stations : S2, la plus en amont, près de Saint-Laurent, S3, en aval de Crique Vache et S4, la plus en aval, à l'embouchure (figure 1). A chaque point fixe, des mesures ont été effectuées dans la colonne d'eau selon des profils verticaux toutes les 30 minutes pendant un cycle de marée (12h30) : salinité à l'aide d'une sonde CTD (CastAway © SonTek), vitesse et direction des courants l'aide de courantomètre acoustique (Aquadopp © Nortek), et turbidité à l'aide d'une sonde de turbidité (OBS 5+ © Campbell Scientific). Des prelèvements d'eau pour déterminer les concentrations en matières en suspension (C_{MES}) ont été réalisés, ce qui a permis de calibrer les sondes de turbidité et de convertir les données NTU en concentration massique. En plus des points fixes, des profils CTD ont été réalisés sur des radiales aval-amont dans le chenal de navigation au moment des étales de pleine mer et basse mer, en partant de l'aval de l'embouchure. Des profils OBS 5+ ont été ajoutés lors des radiales de juin et d'octobre 2017.

Par ailleurs, autour de ces campagnes, des marégraphes ont été installés par les autorités portuaires en trois points, pour des périodes de 2 mois : à l'embouchure (station S4), à Crique Vache (en amont de S3) et à Saint Laurent (aval de S2). Une analyse harmonique a été réalisée sur les niveaux enregistrés avec le logiciel T-Tide (PAWLOWICZ *et al*., 2002). Enfin, des sorties supplémentaires ont permis de lever une bathymétrie à l'aide d'un sondeur mono faisceau bi-fréquence (Midas Surveyor 210/33 kHz © Valeport), et de collecter en saison sèche des prélèvements sédimentaires de fond en trois points transversaux tous les 2 km à l'aide d'une benne de type Van Veen.

3. Résultats

3.1 Morphologie et sédimentologie de l'estuaire

La carte bathymétrique obtenue (figure 1) fait apparaître une morphologie complexe, mais qui peut se résumer à deux chenaux principaux (profondeur moyenne de 7m) collés à chacune des rives, séparés par des hauts fonds et des bancs allongés autour de la zone des îles et jusqu'à l'embouchure. Le chenal Est (rive droite) est le plus profond, et on y trouve au moins 3 dépressions de plus de 10m de profondeur réparties entre l'aval de Saint Laurent et l'embouchure. En aval du bras de Coswine, le chenal devient plus large et profond, tandis que le chenal Ouest est davantage obstrué par des bancs sableux. La carte sédimentaire établie par interpolation des prélèvements à la benne en saison sèche (Figure 2a) indique que les fonds sont globalement sableux et sablo-vaseux, ce qui confirme et complète des observations pionnières mais ponctuelles de JOUANNEAU et PUJOS (1988). La vase est présente surtout en aval des îles et dans les chenaux. Les épaisseurs de vase fluide, obtenues par différence des deux fréquences

d'échosondeur 33 et 210 kHz (figure 2b), confirment une distribution limitée à aval de l'estuaire, et surtout dans le chenal Est, où les dépôts de vase atteignent 1.35 m d'épaisseur.

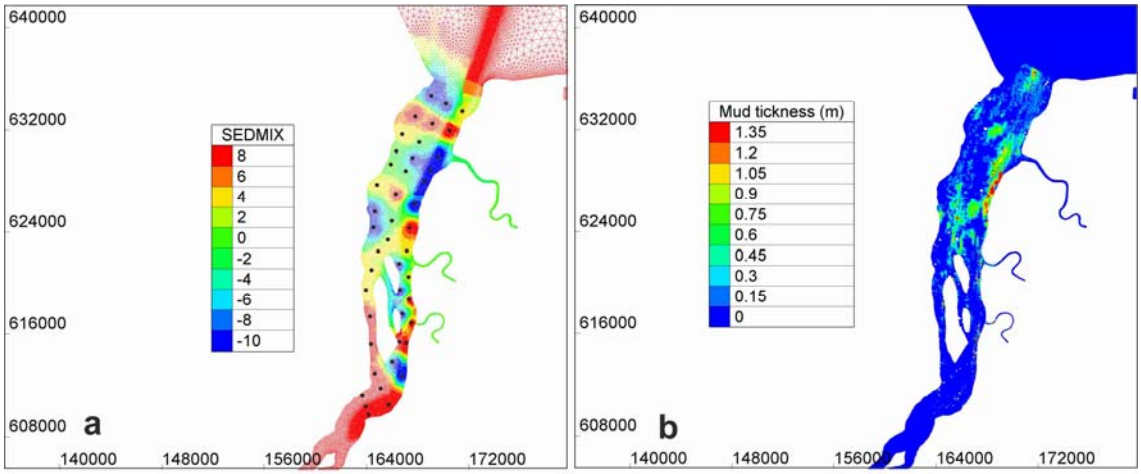

Figure 2. a) Carte des sédiments superficiels, obtenue par interpolation sur une grille TELEMAC (rouge : sable, vert : vase consolidée ; bleu : vase fluide). Les points indiquent la localisation des prélèvements sédimentaires. b) Carte d'épaisseur de vase détéctée à l'échosondeur.

3.2 Caractéristiques de la marée

Les amplitudes moyennes de la composante M2 et les marnages en morte-eau et vive-eau font apparaître une légère amplification entre l'embouchure et Crique Vache (+4cm pour M2), puis une réduction entre Crique Vache et Saint Laurent (-12cm pour M2). L'amplification peut s'expliquer par l'effet de convergence, dû à la réduction des sections d'estuaire vers l'amont. La réduction du marnage en amont de Crique-Vache coïncide avec la présence des îles, ainsi qu'avec le changement de la nature du sédiment du fond, qui passe d'un mélange sable-vase en aval vers du sable grossier en amont. Ces deux facteurs favorisent probablement l'effet prédominant du frottement sur le fond et les berges. Par ailleurs, de l'embouchure à Saint-Laurent, l'amplitude relative de la composante M4 augmente légèrement (de 4 à 11%). Enfin, comme observé dans d'autres estuaires macrotidaux, le marnage à Crique-Vache s'amplifie davantage en ME qu'en VE par rapport à celui mesuré à l'embouchure.

Tableau 1. Synthèse de données relatives à cette revue.

Station	***Ampl M2 (m)***	***Phase M2 (°)***	***M4/M2 (%)***	***Ampl ME – VE (m)***
Embouchure	*0,81*	*155*	*3,9*	*1,2 – 2,55*
Crique-Vache	*0,85*	*170*	*6,5*	*1,33 – 2,65*
Saint-Laurent	*0,73*	*190*	*10,6*	*1,07 – 2,33*

3.3 Intrusion saline

Les radiales aval-amont effectuées en marée moyenne entre l'embouchure et Saint Laurent montrent deux états de stratification contrastés. En saison sèche (octobre 2017), le débit du Maroni est inférieur à 700 $m^3.s^{-1}$. Les eaux sont salées jusqu'à Saint Laurent, l'isohaline 5 oscille entre 4 et 10 km de l'embouchure, avec un faible gradient vertical aussi bien à marée basse qu'à marée haute (Figure 3 a et b). En saison humide (juin 2017) le débit du Maroni est supérieur à 3500 $m^3.s^{-1}$. L'isohaline 5 est repoussée vers l'aval et oscille entre 1 et 8 km de l'embouchure. A marée basse, les eaux sont douces (S<0.5) quasiment dans tout l'estuaire (Figure 3c) ; à marée haute la salinité remonte fortement près du fond, et une importante stratification haline est visible en aval de l'estuaire, avec formation d'un coin salé autour du km 9 (Figure 3d).

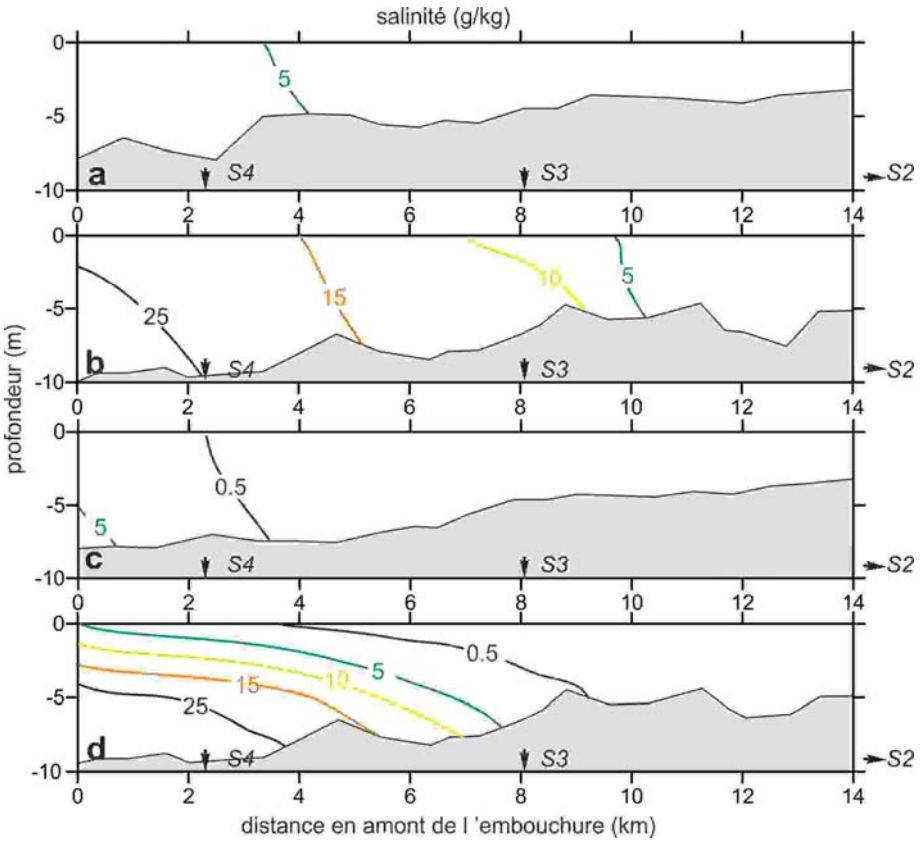

Figure 3. Gradient de salinité mesuré le long du Maroni dans le chenal de navigation, en marée moyenne. a et b : BM et PM en saison sèche (octobre 2017). c et d : BM et PM en saison humide (juin 2017). Les flèches indiquent la position des points fixes.

3.4 Courants et turbidité

Quelques résultats de courants et de concentration en matières en suspension (C_{MES}) obtenus à la station fixe S2 (en amont, près de Saint Laurent) sont présentés. En saison sèche et marée moyenne (Figure 4a), les vitesses de flot et de jusant sont similaires, et

dépassent 0.5 m.s^{-1} en surface et au fond. Les C_{MES} dépassent 1 g.l^{-1} en surface et au fond, et varient dans le même sens que les courants de marée (minimum aux étales, maximum au moment des plus forts courants), suggérant une prédominance des processus de remise en suspension et dépôt de sédiments. En saison humide (Figure 4b), le signal du courant est dominé par le débit fluvial : le courant est maximum à marée basse (il atteint 1 m.s^{-1}), et il n'y a pratiquement plus de renverse de flot. Les C_{MES} sont très faibles, de l'orde de 0.2 g.l^{-1} et ne varient quasiment pas avec la marée.

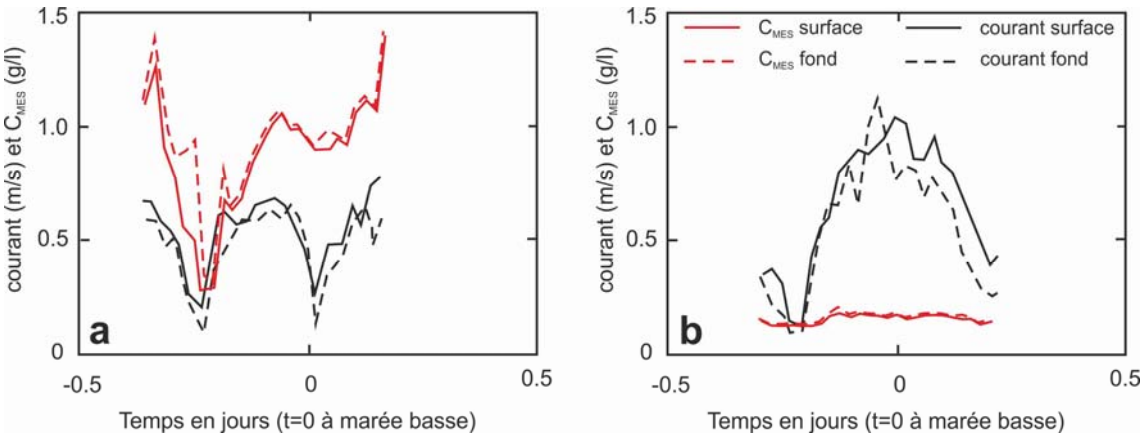

Figure 4. Mesures de courant et de concentration en matières en suspension en point fixe (station S2) pendant un cycle de marée semi-diurne. a) en saison sèche (octobre 2017), b) en saison humide (juin 2017).

Le contraste saisonnier du signal de concentration, observé en point fixe, est complété par les champs de turbidité mesurés lors de radiales aval-amont à marée haute (Figure 5). En saison sèche (Figure 5a), C_{MES} dépasse 0.3 g.l^{-1} dans toute la colonne d'eau (hormis la surface très en amont), et dépasse 4 g.l^{-1} à mi-profondeur. L'estuaire semble uniformément turbide sur toute la distance entre l'embouchure et Saint-Laurent, et les fortes concentrations se prolongent en mer, au-delà de l'embouchure.

En saison humide, la turbidité est significativement plus basse (C_{MES} < 0.3 g.l^{-1}), et un noyau turbide (C_{MES} > 1 g.l^{-1}) persiste près du fond, localisé entre 0 et 3 km de l'embouchure (Figure 5b). En amont du coin salé (km 9 à 14) les eaux sont douces et peu turbides (C_{MES} > 0.15 g.l^{-1}). En aval du coin salé (km 0 à 8), deux couches se démarquent très distinctement : près du fond, un fort gradient vertical de turbidité coïncide avec les eaux salées estuariennes, et C_{MES} décroît depuis le fond, de 1 g.l^{-1} à moins de 0.1 g.l^{-1} au milieu de la colonne d'eau ; au-dessus, et plus près de la surface, la couche d'eau douce s'étale au-dessus de la couche d'eau salée, avec des C_{MES} qui dépassent 0.15 g.l^{-1}. Ce résultat est particulièrement intéressant car il montre l'existence simultanée de deux stocks sédimentaires : i) un stock de sédiment oscillant le long de l'estuaire au gré des débits fluviaux, analogue à un bouchon vaseux, et induisant des

concentrations de plusieurs g.l^{-1}, et ii) une population de matières en suspension récentes, tout juste arrivées avec les crues du fleuve Maroni, qui induisent des concentrations de l'ordre de la centaine de mg.l^{-1} en surface.

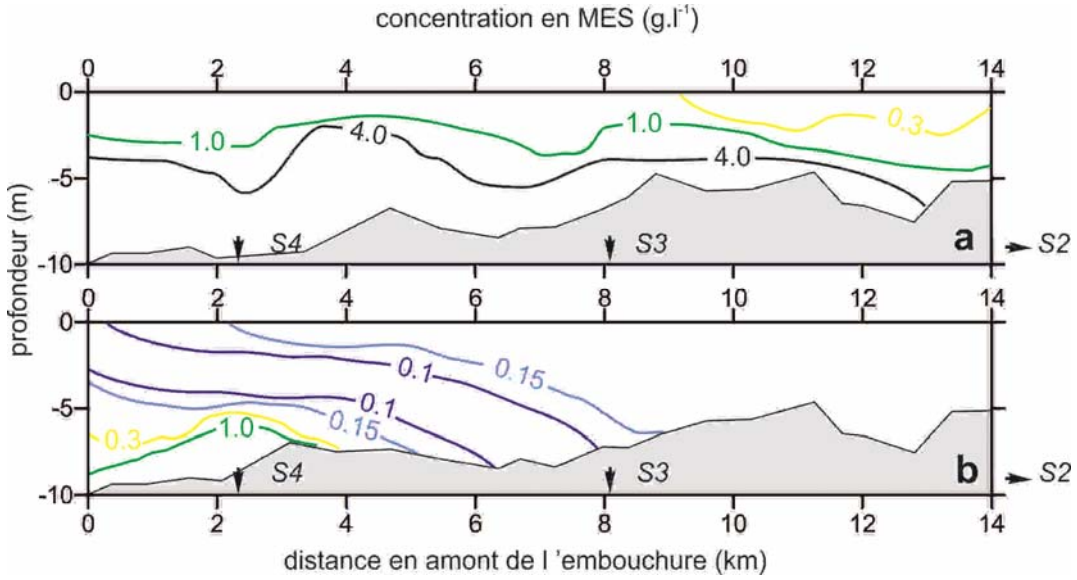

Figure 5. Concentration en MES mesurée le long du chenal de navigation du Maroni, à pleine mer d'une marée moyenne. a) en saison sèche (octobre 2017). b) en saison humide (juin 2017). Les flèches indiquant la position des points fixes.

4. Discussion et conclusions

Hormis une étude gécohimique exploratoire de JOUANNEAU et PUJOS (1988), il n'y a quasiment pas de littérature scientifique décrivant la morphologie ou le fonctionnement hydro-sédimentaire du Maroni. Au cours de ces deux premières années de campagnes, nous avons collecté pour la première fois un certain nombre d'informations relatives à la bathymétrie, à la sédimentologie et à l'hydrologie de l'estuaire, qui sont une base pour les travaux futurs. L'analyse des enregistrements de marée indique que l'estuaire, au moins pour sa partie aval, est convergent, avec une amplification du marnage au moins jusqu'à Crique-Vache. Les courants de marée mesurés induisent des remises en suspension de sédiments fins en amont de l'estuaire en saison sèche. Les mesures de salinité montrent de forts contrastes de stratification verticale, contrôlée par le régime fluvial. En saison sèche l'estuaire est partiellement mélangé aussi bien à marée haute qu'à marée basse. En saison humide, un coin salé est bien identifié à marée haute, mais à marée basse le gradient salin semble être expulsé de l'estuaire.

L'analyse des premières mesures de turbidité montre que des contrastes forts existent aussi en termes de concentration en matière en suspension, avec un estuaire très turbide en saison sèche, et des eaux plus claires en saison humide. Un "bouchon vaseux" semble

persister près de l'embouchure en saison humide, tandis qu'en surface les eaux douces fluviales arrivent chargées en matières en suspension plus récentes. Ce résultat est à rapprocher de l'analyse géochimique et minéralogique réalisée par JOUANNEAU et PUJOS (1988) sur les sédiments du Maroni, qui avaient conclu à l'existence de deux sources de sédiments en suspension. La source "autochtone" correspond aux sédiments du bassin versant du Maroni apportés par le fleuve, la source "allochtone" correspond aux vases d'origine amazonienne, qui sont apportées par les courants côtiers (GARDEL & GRATIOT, 2005) et qui semblent constituer la grande majorité des sédiments présents dans l'estuaire, comme dans d'autres systèmes estuariens guyanais explorés très récemment (ORSEAU *et al*., 2017).

L'analyse en cours sur l'ensemble du jeu de données collectées va permettre d'aborder la circulation résiduelle, sa variabilité latérale (ROSS *et al*., 2017) et ses variations saisonnières, ainsi que les mécanismes de transport et de piégeage des sédiments fins et du sable. L'ensemble de données acquises permet d'ores et déjà de configurer une version du modèle TELEMAC 3D (HUYBRECHTS & VILLARET, 2013), qui sera utilisé dans des scénarios académiques afin de tester des hypothèses de transport sédimentaire dans l'estuaire en fonction de conditions hydrométéorologiques contrastées, et en faisant varier les sources d'apports sédimentaires.

5. Références bibliographiques

GARDEL A., GRATIOT N. (2005). *A satellite imagery-based method for monitoring mud bank migration rates, French Guiana, South America*. Journal of Coastal Research, Vol. 21, pp 720-728. https://doi.org/10.2112/03-0100.1

HUYBRECHTS N., VILLARET C. (2013). *Large scale morphodynamic modeling of the Gironde estuary*. ICE Maritime Engineering. Vol. 166(2), pp 51-62. https://doi.org/10.1680/maen.2012.18

JOUANNEAU J.M., PUJOS M. (1988). *Suspended matter and bottom deposits in the Maroni estuarine system*. Netherlands Journal of Sea Research, Vol. 22, pp 99-108. https://doi.org/10.1016/0077-7579(88)90014-2

ORSEAU S., LESOURD S., HUYBRECHTS N., GARDEL A. (2017). *Hydro-sedimentary processes of a shallow tropical estuary under Amazon influence. The Mahury Estuary, French Guiana*. Estuarine Coastal and Shelf Science, Vol. 189, pp 252-266. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.01.011

PAWLOWICZ R., BEARDSLEY B., LENTZ S. (2002). *Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE*. Computers and Geosciences, Vol. 28, pp 929-937. https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00013-4

ROSS L., VALLE-LEVINSON A., SOTTOLICHIO A., HUYBRECHTS N. (2017). *Lateral variability of subtidal residual flow at the mid-reaches of a macrotidal estuary*. J. of Geophysical Research - Oceans. Vol. 122, pp 7651–7673. https://doi.org/10.1002/2016JC012504