



Fonctionnement hydrosédimentaire autour du barrage de Saint-Savinien (estuaire de la Charente, France)

Isabelle BRENON ¹

1. La Rochelle Université, UMR 7266 LIENSs, 2, rue Olympe de Gouges,
17000 La Rochelle – France.

isabelle.brenon@univ-lr.fr

Résumé :

A l'heure où la gestion de la ressource en eau, de la régulation des inondations et des submersions devient une priorité pour assurer la sécurité et l'approvisionnement en eau potable des populations, le Département de la Charente-Maritime a implanté deux sondes multiparamètres dans l'estuaire de la Charente, une en aval du barrage de Saint Savinien, et l'autre en amont. L'objectif est d'observer et de quantifier le risque d'intrusion des fortes concentrations de matières en suspension et de l'intrusion saline en amont du barrage de Saint-Savinien en fonction de différentes conditions de pluviométrie et de température pendant plusieurs années.

L'hiver 2022-2023 a été un hiver sans crue de longue durée, seuls quelques pics de débit d'intensité moyenne ont été observés. L'effet de chasse des sédiments vers l'aval de l'estuaire n'a pas eu lieu, les sédiments sont restés déposés sur les berges de l'estuaire.

L'été 2023 a été caractérisé par un étiage prolongé jusqu'au mois d'octobre et des températures élevées qui ont favorisé l'évaporation et l'évapotranspiration. Les salinités n'ont pas dépassé la valeur de 2 g/L en surface en aval du barrage, elles sont restées faibles en surface en amont du barrage de Saint Savinien (0,5 g/L). Le bouchon vaseux est observé en aval du barrage de Saint Savinien accompagné de turbidités fortes en surface de juillet à octobre en particulier lors des périodes de vive eau.

Le système hydrosédimentaire semble atteindre une certaine stabilité au cours de ses étiages prolongés : les salinités varient peu en fonction du cycle tidal, elles sont corrélées au débit fluvial, la présence du bouchon vaseux est observée à tout instant de marée. Quel que soit le mode de fonctionnement du barrage, il n'y a pas d'intrusions du bouchon vaseux en amont du barrage, ce qui sécurise la zone de prélèvement d'eau pour l'alimentation en eau potable.

La comparaison entre les années 2022 et 2023 montre que le comportement salin et hydrosédimentaire des masses d'eau du fleuve Charente est équivalent. L'arrivée du bouchon vaseux au droit des sondes a montré un décalage d'un mois (de juin à juillet) entre 2022 et 2023. Dans les deux cas, l'évolution sédimentaire est dépendante du débit fluvial en hiver et au printemps, puis de l'écoulement tidal, à partir de début juillet.

Thème 6 – Risques côtiers

Mots-clés :

Estuaire, Barrage, Turbidité, Salinité, Bouchon vaseux, Traitement de données.

1. Introduction

En raison de leur localisation à l'interface entre terre et mer, les estuaires sont des écosystèmes soumis à de fortes pressions anthropiques. Ces milieux fragiles sont au centre de conflits autour de l'usage de l'eau douce entre tourisme, agriculture, aquaculture, industries, navigation et alimentation des populations. Les processus hydrodynamiques et hydrosédimentaires y sont complexes et font l'objet de nombreuses études pour tenter de mieux comprendre leur fonctionnement (SOTTOLICHIO *et al.*, 2000, TOUBLANC *et al.*, 2016). L'intrusion saline et la dynamique sédimentaire sont liées aux variations des régimes tidaux et fluviaux au fil des saisons, qui définissent aussi la localisation et la concentration du bouchon vaseux (ALLEN *et al.*, 1980). Cette importante masse de sédiments fins en suspension est connue comme une zone de concentrations des polluants qui impactent la qualité de l'eau (EYRE & McCONCHIE, 1993) mais aussi comme une zone d'anoxie. Un estuaire est un plan d'eau côtier caractérisé par un mélange entre eau douce et salée (d'après PRITCHARD, 1955). Selon cette terminologie, l'estuaire de la Charente s'étend de l'embouchure à la limite de la zone soumise à la marée, le barrage de Saint Savinien (Figure 1).

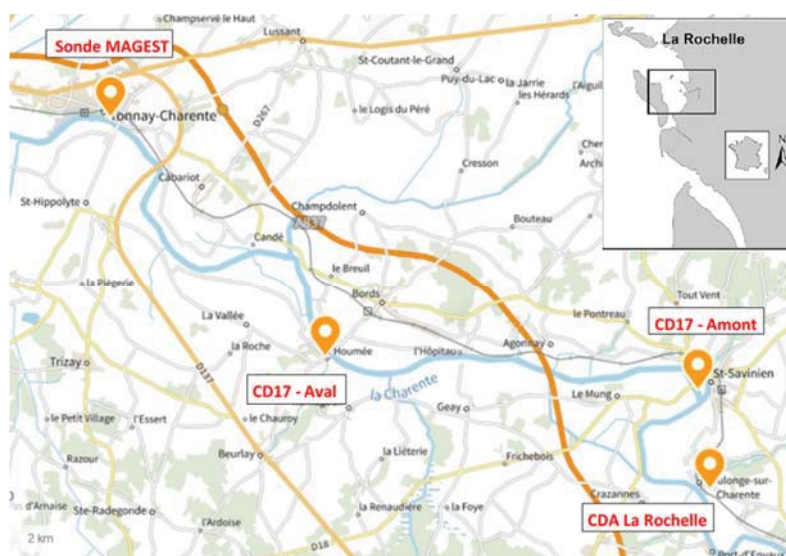


Figure 1. Localisation du fleuve Charente et du réseau de sondes, (Source : Eaucéa).

La Charente est peu profonde, avec des profondeurs maximales de 10m. Les marées y sont semi diurnes. Le régime est macrotidal sous l'influence des ondes quart diurnes amplifiées dans le Golfe de Gascogne (LE CANN, 1990) et caractérisé par une inversion bimensuelle de l'asymétrie de l'onde de marée (TOUBLANC *et al.*, 2015). Le débit fluvial moyen est de 50 m³/s, inférieur à 10 m³/s pendant les étiages et atteignant des

valeurs extrêmes de 600 à 700 m³/s pendant les crues extrêmes. Les sédiments sont largement cohésifs, de grain très fin (STRADY *et al.*, 2011). LE MOINE *et al.*, (2012) ont rapporté la présence de crème de vase autour du barrage de Saint Savinien. Le barrage de Saint Savinien a été créé à l'origine pour dériver le seuil topographique qui gênait la navigation, pour réguler les inondations hivernales en amont, pour permettre l'irrigation des marais et leur maintien en eau en été. Aujourd'hui, la gestion des vannes du barrage (ouverture / fermeture) permet toujours de maintenir le niveau d'eau en fonction du débit fluvial et de la côte marine.

S'appuyant sur des mesures en continu en amont et en aval du barrage, cette étude a pour objectif de quantifier le risque d'intrusion des plus fortes concentrations de matières en suspension en amont du barrage de Saint-Savinien en fonction de différentes conditions de pluviométrie et de température et de déterminer le moment où cette intrusion se produit en étudiant les marées, les débits, les niveaux d'eau en fonction de la position du barrage (ouverture/fermeture).

2. Méthodologie

Des stations de mesure équipées de sondes multiparamètres ont permis de mesurer salinités et turbidités en amont en 2022 et 2023 mais aussi en aval du barrage de Saint Savinien de 2020 à 2023. Seules les mesures réalisées en 2023 sont présentées ici. Les données ont été analysées en les comparant aux paramètres hydrodynamiques de hauteurs d'eau à Rochefort (SHOM – Refmar) pour rendre compte des cycles tidaux et aux débits fluviaux (DDTM).

3. Résultats

Du point de vue météorologique, l'année 2023 a été une année très atypique. Il n'y a pas eu de crue de longue durée de tout l'hiver, seuls quelques pics d'intensité moyenne ont été observés. Par ailleurs, les températures basses en été entre juillet et août associées à des pluies très légères (2 à 3 mm par jour) ont permis de limiter l'évaporation et l'évapotranspiration. Néanmoins, ces pluies n'ont pas été suffisantes pour maintenir les débits fluviaux et l'année 2023 est aussi caractérisée par un étiage prolongé jusqu'à fin octobre 2023.

3.1 Evolution du front salin

Au cours de l'hiver 2023, deux petites crues ont eu lieu, en janvier (329 m³/s) puis en mars (220 m³/s) (Figure 2). Dès le mois d'avril, les débits fluviaux ont été inférieurs à 50 m³/s, valeur moyenne des débits de la Charente, puis inférieurs à 20 m³/s, voire 10 m³/s dès juillet et jusqu'à la fin du mois d'octobre, soit une situation d'étiage prolongé. Pendant tout l'été, le cycle de marée reste visible, avec une alternance entre les vives eaux et les mortes eaux (Figure 2).

Thème 6 – Risques côtiers

A l'Houmée, à près de 40 km de la mer, juste en aval du barrage, les salinités augmentent en surface dès le début du mois d'août (Figure 2) en raison des débits très faibles. Elles atteignent 5 g/L au début du mois de septembre, en particulier lors des vives eaux. L'effet de chasse des masses d'eau salée vers l'aval de l'estuaire n'existe plus car les débits sont trop faibles.

En toute saison, la salinité en amont du barrage est plus faible qu'en aval. Les salinités sont directement liées entre aval et amont du barrage mais sans qu'une corrélation puisse être définie.

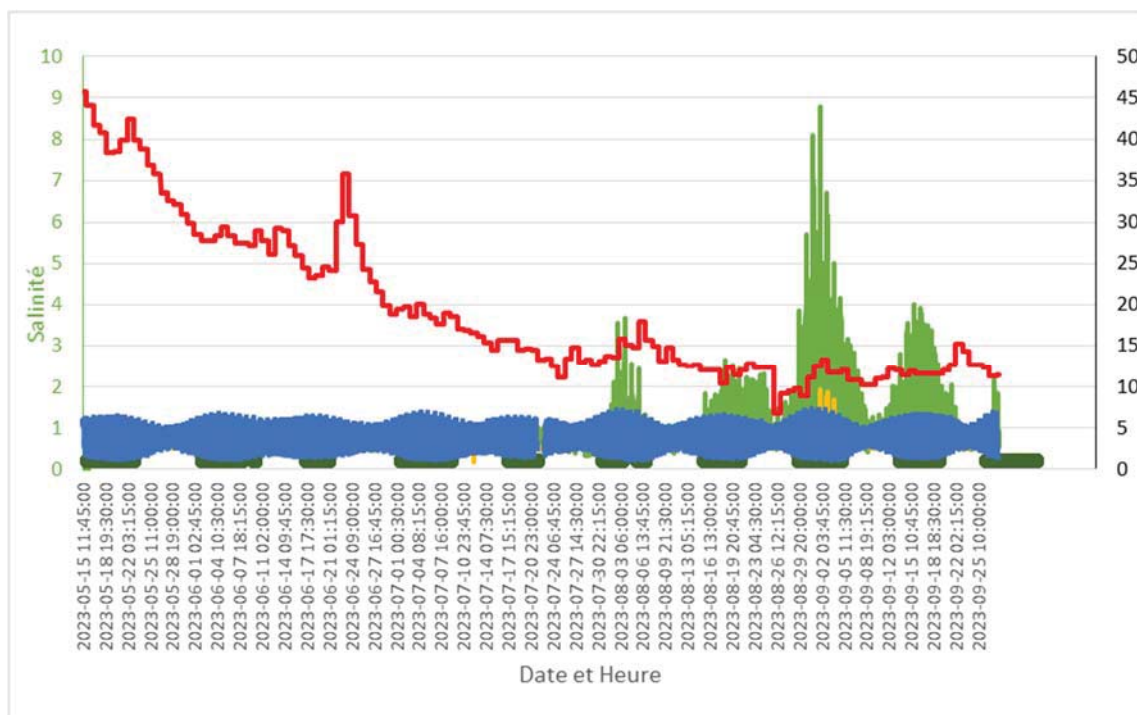


Figure 2. Débits (m^3/s) cumulés Beillant et la Lijardière (DDTM) en rouge, hauteur d'eau à Rochefort (SHOM – Refmar) en bleu, salinités (sonde multiparamètres NKE – CD17 amont et aval du barrage) en période d'étiage 2023 (mai à octobre 2023).

3.2 Pics de turbidité en aval du barrage

Les turbidités à l'aval du barrage (Figure 3) sont dues à des remises en suspension des sédiments disponibles sur les berges et dans le lit mineur de la Charente lors des crues de l'hiver. Les turbidités sont faibles de mars à mai 2023 en raison des faibles débits fluviaux. Dès juin 2023, elles atteignent les valeurs limites techniques de la sonde (4500 NTU). Ce pic de turbidité est dû à la remontée progressive du bouchon vaseux dont le front amont est mesuré en juin à la station de L'Houmée sur Charente. Tout au long de l'étiage, de juin à octobre, les débits sont trop faibles pour permettre de repousser ces fortes turbidités vers l'aval de l'estuaire.

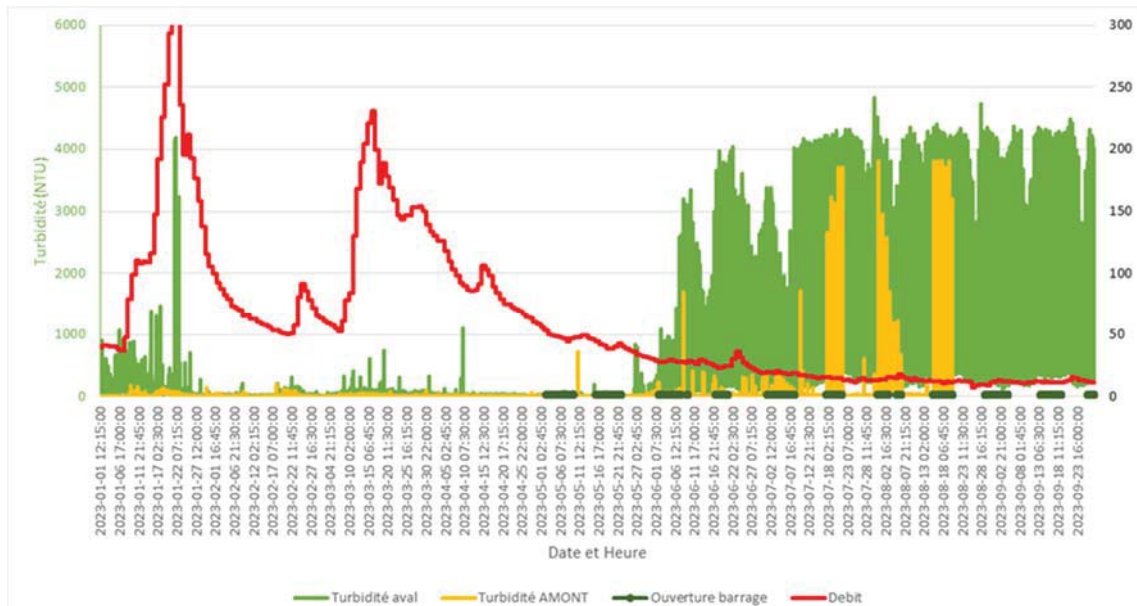


Figure 3. Débits (m^3/s) cumulés Beillant et la Lijardière (DDTM) en rouge, turbidités (sonde multiparamètres NKE – CD17 amont en jaune et aval en vert du barrage) et ouverture du barrage (vert foncé) de janvier à octobre 2023.

La variation des turbidités selon le cycle de marée n'est plus visible. Les débits sont tellement faibles, que le système tidal vive eau / morte eau ne se voit plus sur les mesures de turbidités qui restent hautes quels que soient les coefficients de marée. Le facteur hydrodynamique qui explique cette turbidité élevée en continu en aval est bien le débit fluvial par sa faiblesse en cette période d'été prolongé.

3.3 Pics de turbidité en amont du barrage

En amont immédiat du barrage, les turbidités sont très faibles jusque fin mai où de premiers signaux apparaissent. Elles augmentent fortement dès la vive eau du milieu du mois de juillet (4000 NTU à chaque vive eau de cet étiage prolongé) mais sont quasi nulles en morte eau (Figure 3). Cette augmentation transitoire de turbidité est observée aux périodes d'ouverture du barrage, en raison de la migration des matières en suspension en amont du fait des mouvements de vannes accompagnant la marée mais aussi de remise en suspension des sédiments directement en amont par les forts courants lors de l'ouverture des vannes.

Croiser les salinités enregistrées en amont du barrage avec les turbidités peut éclairer le phénomène en œuvre causant cette augmentation de la turbidité en amont. La salinité enregistrée au cœur du bouchon vaseux ne correspond pas à celle enregistrée en amont. Au cours de cet étiage prolongé, les fortes turbidités mesurées à l'amont immédiat du barrage de Saint-Savinien correspondent davantage à une remise en suspension des matières déposées dues aux vitesses des courants en vive eau, le bouchon vaseux restant en aval du barrage.

Thème 6 – Risques côtiers

Comme pour la salinité, au cours de cette année 2023 pendant lequel l'étiage a duré 6 mois (Figure 3), le paramètre hydrodynamique prédominant pour l'évolution des turbidités dans le fleuve, entre amont et aval du barrage de Saint Savinien est le débit fluvial. Au cours de cet étiage, les turbidités n'augmentent plus et restent stables, comme si le système avait trouvé un équilibre qui correspond au fonctionnement hydrosédimentaire pour ces débits extrêmes.

3.4 Variations journalières des turbidités

Au cours d'un cycle tidal journalier, quel que soit le débit fluvial, les mêmes processus de remise en suspension et dépôt des particules sédimentaires sont visibles (Figure 4), avec un décalage en temps par rapport à la courbe de hauteur d'eau, mesurée au barrage de Saint-Savinien.

A l'aval, on observe remise en suspension des sédiments au cours du flot, dépôt au cours de l'étalement de pleine mer, remise en suspension au cours du jusant, dépôt au cours de l'étalement de basse mer avec un décalage d'environ 30 minutes entre hydrodynamisme et remise en suspension. Ce cycle de remise en suspension / dépôt induit un piégeage des sédiments dans la partie amont de l'estuaire, en aval du barrage qui maintient des concentrations de matières en suspension importantes dans le bouchon vaseux

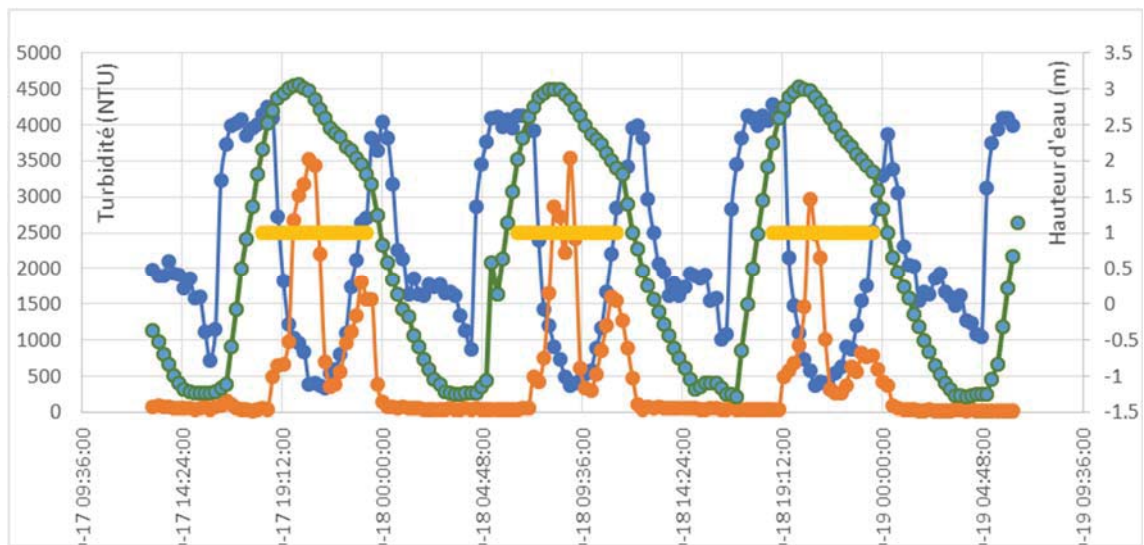


Figure 4. Hauteur d'eau en aval du barrage (en vert, données CD17), turbidités (sonde multiparamètres NKE – CD17 amont en orange et aval en bleu du barrage), ouverture du barrage en jaune les 19 et 20 septembre 2023 pour un débit journalier de $12 \text{ m}^3/\text{s}$ et un coefficient de marée de 72 à 80.

En amont du barrage de Saint Savinien, il existe un pic de remise en suspension qui correspond au pic de sédiment en flot en aval du barrage, avec un décalage de quelques heures. Ce pic correspond à l'ouverture des vannes du barrage, puisque le flux entrant de l'aval vers l'amont du barrage remet en suspension les sédiments fins accumulés au fond

du lit et en berges. Un deuxième pic de turbidité, nettement moins intense est visible qui semble être dû à des remises en suspension lors du jusant.

4. Discussions et conclusions

L'analyse des données de salinité et de turbidité au cours de l'année 2023 en amont et en aval du barrage de Saint Savinien a montré que les salinités varient peu en fonction du cycle tidal, elles sont corrélées au débit fluvial. En aval du barrage, les fortes turbidités indiquent la présence du bouchon vaseux tout au long de l'étiage.

En l'absence de débits fluviaux suffisants pendant l'hiver, il n'y a pas eu d'effet de chasse des sédiments vers l'aval de l'estuaire. Les sédiments se sont déposés sur les berges et y sont restés. Les valeurs de turbidité n'augmentent pas au fil de l'étiage bien qu'il se prolonge comme si une valeur seuil était atteinte, elles varient en fonction des remises en suspension dues au courant de flot et de jusant. Salinités et turbidités ne dépendent pas uniquement des conditions hydrodynamiques à l'instant de la mesure mais aussi des conditions de débits et météorologiques des années passées, notamment pour l'effet de chasse des sédiments vers l'aval lors des crues.

En comparaison de l'année 2022, qui avait été elle aussi une année avec une très faible pluviométrie mais associée à de fortes chaleurs, le comportement salin et hydrosédimentaire des masses d'eau du fleuve Charente est équivalent en 2023. L'arrivée du bouchon vaseux au droit de la sonde a montré un décalage d'un mois (de juin à juillet) entre 2022 et 2023. Dans les deux cas, l'évolution sédimentaire est dépendante du débit fluvial en hiver et au printemps, puis de l'écoulement tidal (à partir de début juillet en 2023), avec des épisodes de remise en suspension en flot et en jusant en vive eau.

Dans les décennies à venir, ces années « exceptionnelles » avec des températures élevées et des étiages prolongés pourraient devenir des années « régulières », une deux voire trois fois par décennie. En conséquence, le devenir de l'agriculture dans les marais, les apports en eau douce au marais, les apports en eau douce pour l'aquaculture en aval mais aussi les questions d'approvisionnements en eau potable des populations vont devenir des questions cruciales pour le fleuve Charente mais aussi ailleurs.

Remerciements

Les auteurs remercient les services du Département de la Charente Maritime et de Qualyse, en particulier Mariette Hérault et Gauthier Urano, pour l'acquisition et le partage des données.

5. Références bibliographiques

- ALLEN G.P., SALOMON J.C., BASSOULLET P., PENHOAT Y.D., DE GRANDPRE C. (1980). *Effects of tides on mixing and suspended sediment transport in macrotidal estuaries*. *Sediment. Geol.* 26 (1e3), 69e90. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(80\)90006-8](https://doi.org/10.1016/0037-0738(80)90006-8)
- EYRE B., McCONCHIE D. (1993). *Implications of sedimentological studies for environmental pollution assessment and management: examples from fluvial systems in North Queensland and Western Australia*. *Sediment. Geol.* 85, 235e252. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(93\)90086-K](https://doi.org/10.1016/0037-0738(93)90086-K)
- LE CANN B. (1990). *Barotropic tidal dynamics of the Bay of Biscay shelf*. *Cont. Shelf Res.* 10 (8), 723e758. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(90\)90008-A](https://doi.org/10.1016/0278-4343(90)90008-A)
- LE MOINE O., ROBERT S., GEAIRON P., CHABIRAND J.M. (2012). *Estuaire Charente: Flux à Saint-Savinien et intrusions salines, résultats durant l'étiage 2011*. Tech. rep.. Ifremer.
- PRITCHARD D.W. (1955). *Estuarine circulation patterns*. *Proceedings ASCE*, 81(717):1_11.
- SOTTOLICCHIO A., LE HIR P.L., CASTAING P. (2000). *Modeling mechanisms for the stability of the turbidity maximum in the Gironde estuary, France*. *Proc. Mar. Sci.* 3, 373e386. [https://doi.org/10.1016/S1568-2692\(00\)80132-1](https://doi.org/10.1016/S1568-2692(00)80132-1)
- STRADY E., KERVELLA S., BLANC G., ROBERT S., STANISIERE J.Y., CONVEL A., SCHAEFER J. (2011). *Spatial and temporal variations in trace metal concentrations in surface sediments of the Marennes Oleron Bay. Relation to hydrodynamic forcing*. *Cont. Shelf Res.* 31 (9), 997e1007. 97–1007, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.03.006>
- TOUBLANC F., BRENON I., COULOMBIER T., LE MOINE O. (2015). *Fortnightly tidal asymmetry inversions and perspectives on sediment dynamics in a macrotidal estuary (Charente, France)*. *Cont. Shelf Res.* 94, 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2014.12.009>
- TOUBLANC F., BRENON I., COULOMBIER T., LE MOINE O., (2016). *Formation and structure of the turbidity maximum in the macrotidal Charente estuary (France): influence of fluvial and tidal forcing*. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, Vol.169, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.11.019>