

**Sujet de thèse 2013**

**Variabilité spatio-temporelle des flux sédimentaires dans le Golfe de Gascogne ;  
contributions relatives des forçages climatiques et des activités de chalutage.**

**Résumé**

Les mouvements sédimentaires en milieu marin résultent d'une combinaison de facteurs dynamiques naturels (apports par les fleuves, remise en suspension sous l'effet des courants de marée et des vagues) et anthropiques (en particulier le chalutage). Ils se traduisent par des évolutions morphologiques (accumulations de sédiments fins dans les zones calmes, accrétion d'estrans, érosion des côtes meubles, érosion de la ressource sédimentaire par exploitation de bancs de sable ou de gisements), des modifications de la nature des fonds qui impactent les communautés benthiques, et ils sont responsables, dans la colonne d'eau, de la turbidité qui contrôle en particulier la production primaire. Tant pour les applications écosystémiques (production primaire, halieutique) que pour évaluer les sources et puits de la ressource sédimentaire (lien avec la stabilité du trait de côte, considérations liées à l'adaptation du littoral à la remontée du niveau marin), il est nécessaire d'aborder la connaissance des flux sédimentaires à échelle régionale. La modélisation numérique, adossée à l'analyse de séries temporelles mesurées au point fixe ou d'informations de surface issues de la télédétection, sera utilisée à ces fins sur l'emprise Manche Gascogne (mise en œuvre du modèle MARS3D, <http://wwz.ifremer.fr/mars3d>). L'importance de processus sous-maille sera évaluée, et des techniques de leur paramétrisation seront proposées. Le modèle permettra de caractériser la variabilité spatio-temporelle des flux sédimentaires naturels sur la zone du Golfe de Gascogne, de proposer un schéma de circulation sédimentaire, et d'estimer l'effet des remises en suspension par chalutage dans la zone de la Grande Vasière (pêcherie de langoustine) sur ces flux et la nature des fonds.

**Mots-clés**

Flux sédimentaires ; Golfe de Gascogne ; Modélisation numérique ; Processus sous-maille

**Profil de candidature souhaitée**

Le(la) candidat(e) devra avoir des compétences en océanographie physique côtière. Expérience en modélisation numérique appréciée.

**Directeur de thèse**

Pierre Le Hir (Ifremer) / Thierry Garlan (SHOM)

**Directeur scientifique**

Florence Cayocca (Ifremer)

Contact : [fcayocca@ifremer.fr](mailto:fcayocca@ifremer.fr)

<http://wwz.ifremer.fr/dyneco/Equipes/Physed>

## Contexte scientifique

Les mouvements sédimentaires en milieu marin résultent d'une combinaison de facteurs dynamiques naturels (apports par les fleuves, remise en suspension sous l'effet des courants de marée, des vagues) et anthropiques (dragages, conchyliculture, chalutage, extractions de granulats). Cette dynamique sédimentaire se traduit par des transferts de sédiment le long de la côte et des transferts côte large, dont les résultantes s'expriment en termes d'érosions et de dépôts (accumulations de sédiments fins dans les zones calmes, accrétion d'estrans colonisés par la végétation en estuaire, zone lagunaire ou fond de baie, érosion des côtes meubles, érosion de la ressource sédimentaire par exploitation de bancs de sable ou de gisements, morphodynamique de corps sédimentaires), ou en termes de modification de la nature des fonds (*e.g.* diminution de la fraction de vase dans la Grande Vasière, imputée au chalutage, *cf.* Bourillet *et al.*, 2006).

De façon très générale, l'étude de ces différents processus de dynamique sédimentaire est entreprise à une échelle locale. Les flux particuliers à échelle régionale ne sont généralement que mal, voire pas connus, parce que leur évaluation requiert de connaître la variabilité spatio-temporelle des quantités de matière en suspension et des flux charriés à cette échelle sur toute la colonne d'eau, ce qui n'est pas accessible par la mesure. Cette méconnaissance des flux rend difficile l'évaluation des sources et puits de sédiments à grande échelle (de temps et d'espace), leurs liens avec les évolutions actuelles de la morphologie côtière – sans même évoquer leur rôle dans l'adaptation de la morphodynamique côtière sous l'effet du changement climatique. A l'échelle du plateau continental, l'enjeu est de quantifier les entrées/sorties du système : apports par les fleuves, pompage éventuel par les estuaires, piégeage dans certains secteurs côtiers, érosion d'autres secteurs, pertes nettes sur les pentes continentales, souvent accélérées en présence de canyons sous-marins, flux verticaux que représentent les remises en suspension et les dépôts qui y sont associés. Outre la compréhension, voire la prévision des évolutions géomorphologiques liées à ces processus, l'intérêt d'en acquérir la connaissance est lié à l'étude de l'évolution de la nature des fonds et des habitats benthiques, à l'évaluation des flux de contaminants liés aux particules sédimentaires, ainsi qu'à la turbidité, par le biais du contrôle qu'elle exerce sur la production primaire. Le séminaire de prospective SHELFLUX réunissant universitaires, instituts de recherche et bureaux d'études avait conclu à la nécessité de structurer la communauté pour aborder cette problématique des flux régionaux (Cayocca, 2007), structuration en cours au sein du GIS HED<sup>2</sup> (Hydraulique pour l'environnement et le développement durable)

La modélisation numérique est une solution permettant une estimation de ces flux sédimentaires à échelle régionale (*e.g.* Wiberg *et al.*, 2002 ; Tessier, 2006 ; Dufois, 2008 ; Ferré *et al.*, 2008, 2010 ; Guillou *et al.*, 2010). La validation des simulations représente néanmoins une réelle difficulté, du fait du nombre restreint de mesures *in situ* adaptées à la calibration des modèles, et des incertitudes liées à une mesure toujours indirecte (acoustique ou optique) des quantités de matières en suspension, cette mesure dépendant de surcroît de la nature des particules en suspension. La mise en place, à PHYSED, de la première modélisation numérique de la dynamique sédimentaire à l'échelle des façades Manche et Gascogne et la confrontation des résultats de cette modélisation à des séries temporelles au point fixe d'une part, à des images satellitales de matière en suspension minérale d'autre part (Gohin, 2011), ont montré la pertinence et la faisabilité de cette approche, à cette échelle (Cayocca *et al.*, 2012). L'objectif général de la thèse est donc de parfaire la validation de cette modélisation, d'en exploiter les résultats en termes de quantification des flux régionaux, et d'utiliser cette plateforme afin d'estimer plus particulièrement la dynamique de la Grande Vasière, soumise à d'intenses activités de chalutage.

## Objectifs et approche méthodologique

### 1) Quantification des flux sédimentaires dans le Golfe de Gascogne

La dynamique sédimentaire du Golfe de Gascogne a été abordée par l'observation, permettant de proposer des quantifications des apports fluviaux (Jouanneau *et al.*, 1999 ; Maneux *et al.*, 1999), une description de la distribution des sédiments en suspension et des taux de sédimentation (Castaing *et al.*, 1999 ; Lesueur *et al.*, 2001 ; Dubrulle *et al.*, 2007), voire des flux vers la plaine abyssale (Durrieu de

Madron *et al.*, 1999). A des échelles spatiales plus restreintes, la compréhension de la dynamique des remises en suspension a également été abordée par la modélisation numérique (*e.g.* Tessier, 2006) ou la télédétection (*e.g.* Froidefond *et al.*, 1999 ; Petus *et al.*, 2010). L'originalité de ce doctorat consistera à mettre en œuvre un modèle numérique englobant la zone Gascogne, tirant parti des observations passées *in situ* (mouillages de longue durée au point fixe, profils SCANFISH) et satellitaires, et confrontant ses résultats aux données sédimentologiques synthétisées dans la bibliographie. Ce travail sera scindé en deux parties :

- Evaluation des processus sous-maille et validation avancée de la configuration

Le doctorant disposera d'un modèle régional sédimentaire (MARS3D, <http://wwz.ifremer.fr/mars3d>) prenant en compte la circulation générale dans le Golfe de Gascogne, la dynamique de marée, les forçages par le vent, l'agitation et les processus sédimentaires de mélanges granulométriques (Le Hir *et al.*, 2011). La validation de ce modèle est en cours (*cf.* Figure 1) sur une configuration utilisant 3 classes de sédiments (sable et vase), et sa capacité à reproduire la dynamique des remises en suspension sur le plateau est avérée. L'importance de l'utilisation d'une résolution fine à la côte pour mieux évaluer les processus de remise en suspension suggère également d'exploiter des configurations côtières de haute résolution imbriquées dans le modèle régional (zooms interactifs), de quantifier précisément l'impact de la résolution sur les processus de remise en suspension, dépôt et advection, et de parvenir à une expression paramétrique des processus sous-maille permettant de les intégrer dans la modélisation régionale. Cette stratégie s'impose en effet dans la perspective de réaliser des simulations longues visant à aborder l'examen de la variabilité interannuelle des flux et l'évolution de la nature des fonds à long terme. L'expérience d'une seconde descente d'échelle (quantification de l'apport d'une simulation de très haute résolution horizontale grâce à l'utilisation d'un zoom) pourra être menée localement, afin d'estimer pour quels processus une telle approche peut s'avérer nécessaire. A l'issue de ces travaux sur la résolution, une validation plus avancée du modèle s'appuyant sur les jeux de données existantes devra étudier la pertinence d'utiliser une gamme plus vaste de tailles de particules prises en compte, les effets de la prise en compte de processus de floculation, pour *in fine* évaluer la capacité du modèle à reproduire les taux de sédimentation mesurés.

- Quantification des flux sédimentaires et de leur variabilité

L'exploitation de ce modèle s'attachera à évaluer les différentes contributions participant aux flux sédimentaires sur le plateau (apports par les fleuves, flux en rebord du plateau, remises en suspension par les vagues), évaluer les flux de sable, et décrire un schéma de circulation sédimentaire dans le Golfe de Gascogne. On s'attachera à évaluer la variabilité des flux et de la turbidité associée, et en particulier à estimer l'impact des événements extrêmes, et décrire le comportement du système pour différents types de temps.

## 2) La dynamique de la Grande Vasière et l'impact des chalutages

La Grande Vasière est une zone d'intérêt particulier dans le Golfe de Gascogne, du fait de l'intensité des chalutages dont elle fait l'objet (pêcheries de langoustines). Une première estimation de l'impact de ces chalutages sur la mise en suspension des sédiments et sur une éventuelle évolution de la nature des fonds a été faite (Bourillet *et al.* 2006), mais cette quantification est entachée d'incertitudes importantes du fait de la méconnaissance 1) de la variabilité naturelle des flux de sédiments dans la zone, 2) de la contribution réelle des remises en suspension liées au chalutage. La première partie de la thèse aura décrit la variabilité naturelle par modélisation. L'effet des chalutages a quant à lui été estimé par la mesure sur différents sites (Ferré, 2004 ; Durrieu de Madron *et al.*, 2005 ; Dellapenna *et al.*, 2006), voire par modélisation (Ferré *et al.*, 2008). Des mesures complémentaires dédiées à la quantification des remises en suspension dans la Grande Vasière seront effectuées dans le cadre du projet européen BENTHIS, et des mesures plus intégratrices (carottages d'interface, sondeur de sédiment) effectuées dans le cadre du projet PROTEVS du SHOM permettront de faire un diagnostic sur les éventuelles évolutions de la nature des fonds de cette zone à long terme.

Ce volet de la thèse s'attachera donc à intégrer dans le modèle une représentation du remaniement sédimentaire induit par l'utilisation des engins de pêche, et s'appuiera sur les observations de plus long terme pour évaluer l'impact des chalutages sur une éventuelle évolution de la nature des fonds. L'impact

de scénarios de réduction des activités de pêche (ou de l'utilisation de techniques alternatives) pourra par la suite être évalué.

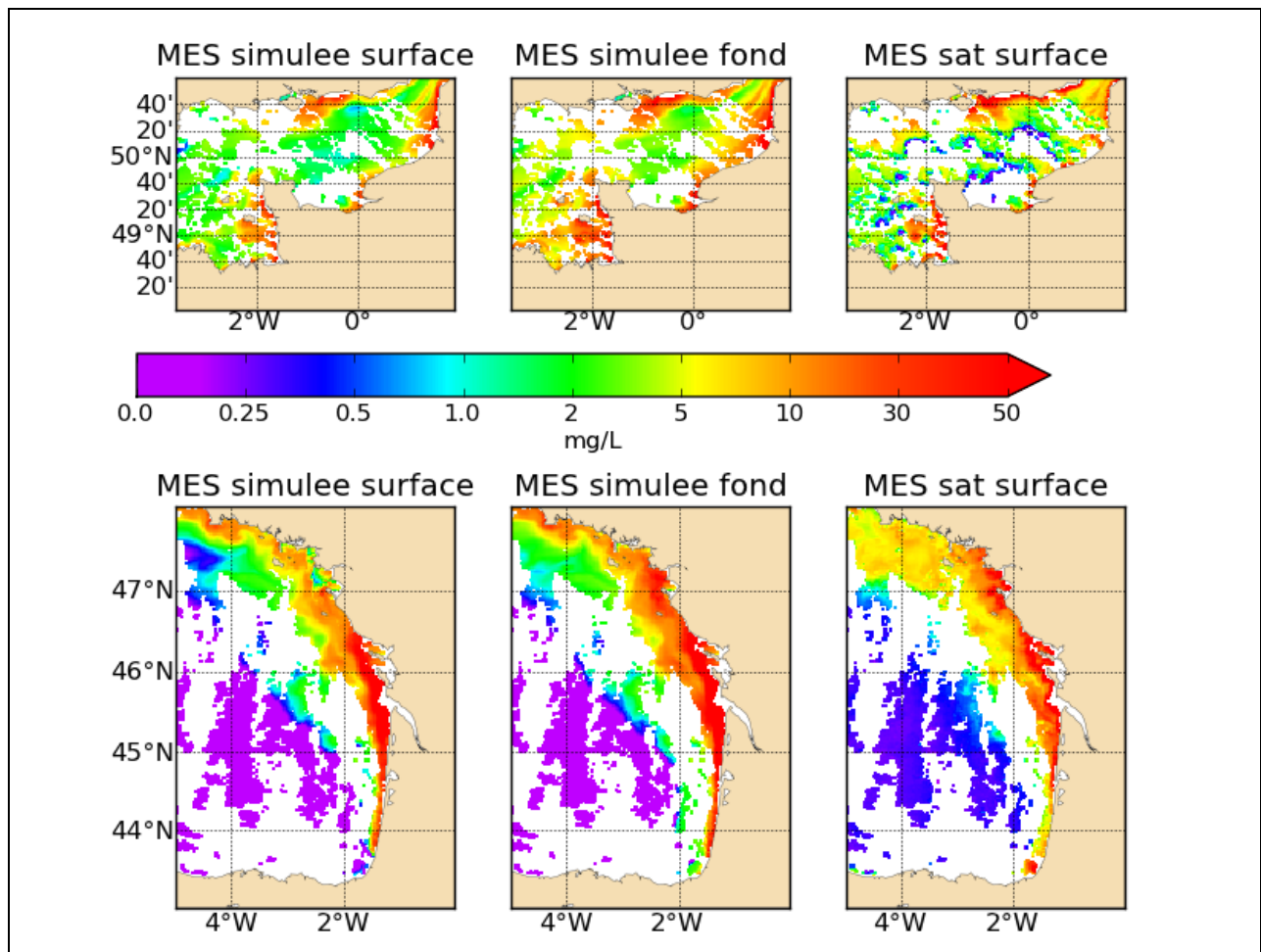


Figure 1 : Première comparaison entre les matières en suspension simulées en surface et au fond (modèle régional MANGA, résolution 2500m), et les estimations de matières minérales de surface mesurées par satellite (analyse MODIS/MERIS, Gohin 2011).

### Calendrier prévisionnel

On visera une rédaction de thèse sous forme de publications. Selon la progression du travail et les qualités rédactionnelles du candidat, le nombre (ambitieux) de publications proposé ici sera réajusté.

- Bibliographie générale sur le sujet, prise en main du modèle MARS mois 1-4
- Quantification des flux sédimentaires dans le Golfe de Gascogne mois 5-14
  - Evaluation des processus sous-maille et validation de la configuration mois 5-14
    - Article 1
  - Quantification des flux sédimentaires et de leur variabilité mois 15-23
    - Article 2
- La dynamique de la Grande Vasière et l'impact des chalutages mois 24-30
  - Introduction du remaniement par chalutage dans le modèle, analyse mois 24-30
    - Article 3
  - Scénarios de réduction des impacts de la pêche mois 31-34
    - Article 4
- Synthèse mois 35-36

### Avancées pouvant donner lieu à publication

Aucun travail de modélisation de la dynamique sédimentaire n'ayant été mené auparavant à l'échelle du Golfe de Gascogne, l'exploitation des résultats d'analyse (variabilité saisonnière et interannuelle) et de leur confrontation aux données pourra être valorisée par une publication. D'un point de vue méthodologique, la démarche d'intégration des processus sous-maille dans un modèle de résolution moyenne pourra également être publiée. Enfin, les applications liées à la dynamique de la grande vase feront l'objet de publications en lien avec le projet européen BENTHIS et les travaux du projet PROTEVS (SHOM).

### Collaborations dans le cadre du projet

Cette thèse s'intègre en partie au projet européen BENTHIS ; elle servira également de support à un projet répondant à des préoccupations de l'Agence des Aires Marines Protégées concernant la mise en place d'une aire protégée dans le Golfe de Gascogne. Le travail sera également mené en collaboration avec le SHOM (Thierry Garlan), qui met en œuvre une stratégie d'acquisition de mesures ciblées sur la dynamique sédimentaire de cette même zone. La thématique des flux à échelle régionale s'inscrit par ailleurs pleinement dans le GIS HED<sup>2</sup>, piloté par le CETMEF.

### Références

- Castaing, P, Froidefond, JM, Lazure, P, Weber, O, Prud'homme, R, Jouanneau, JM, 1999, Relationship between hydrology and seasonal distribution of suspended sediments on the continental shelf of the Bay of Biscay, Deep-Sea Research (Part II, Topical Studies in Oceanography), Vol. 46, no. 10, pp. 1979-2001. 1 Oct 1999.
- Cayocca, F., SHELFLUX : Détermination des flux sédimentaires à échelle régionale sur le plateau continental, ASF, Caen, octobre 2007
- Cayocca, F., Morgan Dussauze, Romaric Verney, Pierre Le Hir, Philippe Bassoullet, Hervé Jestin, Fabrice Lecornu, 2012, Modélisation de la turbidité à échelle régionale, Journées Scientifiques et Technologiques du CETMEF, 3-5 décembre 2012, Paris
- Dubrulle C., Jouanneau J.M., Lesueur P., Bourillet J.F., Weber O., 2007, Nature and rates of fine-sedimentation on a mid-shelf: 'La Grande Vasière' (Bay of Biscay, France), Continental Shelf Research, 27, 2099-2115
- Dufois, F., 2008, Modélisation du transport particulaire dans le Golfe du Lion en vue d'une application au devenir des traceurs radioactifs issus du Rhône, Thèse IFREMER/IRSN
- Durrieu de Madron, Xavier, Patrice Castaing, François Nyffeler, Thierry Courp, 1999, Slope transport of suspended particulate matter on the Aquitanian margin of the Bay of Biscay, Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, Volume 46, Issue 10, October 1999, Pages 2003-2027
- Ferré B., 2004. Comparaison de l'effet des tempêtes et du chalutage sur la resuspension et le transport de matières particulaires dans le Golfe du Lion. PhD Thesis, Univ.Perpignan, 256 pp
- Ferré B., X. Durrieu de Madron, C. Estournel, C. Ulses, G. Le Corre, 2008, Impact of natural (waves and currents) and anthropogenic (trawl) resuspension on the export of particulate matter to the open ocean, Application to the Gulf of Lion (NW Mediterranean) Continental Shelf Research 28 (2008) 2071–2091
- Ferré, B., Sherwood, C., Wiberg, P., 2010, Sediment transport on the Palos Verdes shelf, California, Continental Shelf Research, Volume 30, Issue 7, 30 April 2010, Pages 761–780
- Froidefond, J-M; Castaing, P; Prud'homme, R., 1999, Monitoring suspended particulate matter fluxes and patterns with the AVHRR/NOAA-11 satellite: application to the Bay of Biscay, Deep-Sea Research (Part II, Topical Studies in Oceanography) 46. 10 (Oct 1, 1999): 2029-2055.

- Gohin, F., 2011: Annual cycles of chlorophyll-a, non-algal suspended particulate matter, and turbidity observed from space and in-situ in coastal waters, *Ocean Sci.*, 7, 705-732, doi:10.5194/os-7-705-2011.
- Guillou, N., Chapalin, G., 2010, Numerical simulation of tide-induced transport of heterogeneous sediments in the English Channel, *Continental Shelf Research* 30. 7 (Apr 30, 2010): 806-819.
- Jouanneau, JM, Weber, O, Cremer, M, Castaing, P, 1999, Fine-grained sediment budget on the continental margin of the Bay of Biscay, *Deep-Sea Research (Part II, Topical Studies in Oceanography)*, Vol. 46, no. 10, pp. 2205-2220. 1 Oct 1999.
- Le Hir, P., Cayocca, F., Waeles, B., 2011, Dynamics of sand and mud mixtures :A multiprocess-based modelling strategy.*Continental. Shelf Research*, 30, pp 379-392. doi:10.1016/j.csr.2009.12.007
- Lesueur, P., Jouanneau, J.M., Boust, D., Tastet, J.P., Weber, O., 2001. Sedimentation rates and fluxes in the continental shelf mud fields in the Bay of Biscay (France), *Continental Shelf Research* 21, 1383-1401.
- Maneux, E., Dumas, J., Clément, O., Etcheber, H., Charriton, X., Etchart, J., Veyssy, E., Rimmelin, P., 1999. Assessment of suspended matter input into the oceans by small mountainous coastal rivers: the case of the Bay of Biscay, *C.R. Acad. Sci., Paris, Sciences de la terre et des planetes*, 329, 413-420
- Petus, Caroline; Chust, Guillem; Gohin, Francis; Doxaran, David; Froidefond, Jean-Marie, 2010, Estimating turbidity and total suspended matter in the Adour River plume (South Bay of Biscay) using MODIS 250-m imagery, *Continental Shelf Research* 30. 5 (Mar 30, 2010): 379-392.
- Tessier, C., 2006, Caractérisation et dynamique des turbidités en zone côtière : exemple de la région marine Bretagne Sud, thèse de doctorat, Université de Bordeaux I
- Ulses, C., C. Estournel, X. Durrieu de Madron, A. Palanques, 2008, Suspended sediment transport in the Gulf of Lions (NW Mediterranean): Impact of extreme storms and floods, 2008, *Continental Shelf Research*, Volume 28, Issue 15
- Wiberg, P L; Drake, DE; Harris, C K; Noble, M., 2002, Sediment transport on the Palos Verdes shelf over seasonal to decadal time scales, *Continental Shelf Research* 22. 6-7 (May 2002): 987-1004.