

Proposition de stage de Master 2 (ou ingénieur) - Année universitaire 2023-2024

Scientifiques impliquées (équipes, laboratoire, Ville) dans la travail proposé :

Bruno Deflandre (équipe ECOlogie et BIOgéoChimie des systèmes Côtiers, UMR 5805 EPOC, Pessac)
Sabine Schmidt (équipe Géologie sédimentaire, UMR 5805 EPOC, Pessac)
Louis Marié (Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, IFREMER, Brest)
Joël Sudre (UAR CPST, IR Data Terra, La Seyne s/mer)

Les plateaux continentaux sous l'influence des fleuves côtiers (typiquement appelés *RiOMar*) sont particulièrement vulnérables et font face à une double contrainte: (i) les apports de nutriments, particules et contaminants des fleuves souvent à l'origine d'eutrophisation, d'hypoxie, d'efflorescence et de contamination du milieu côtier; et (ii) le changement global entraînant une modification de la stratification, le réchauffement et l'acidification de l'océan et une augmentation de l'occurrence et de l'intensité des événements extrêmes (e.g. tempêtes, crues, vagues de chaleur marine). La trajectoire et la santé de ces écosystèmes restent donc incertains. Leur gestion à moyen et long terme (20-100 ans) requiert des outils numériques capables de lever les incertitudes sur leur devenir. C'est pour préparer les solutions de demain que le projet PPR *RiOMar* « Observer et anticiper l'évolution des zones côtières françaises sous influence des fleuves au 21^e siècle » a été récemment financé (2023-2028) dans le cadre du récent appel à projets « Un océan de solutions PPR Océan et climat ». Ce projet vise à définir et construire une approche intégrée originale combinant des observatoires augmentés spatialisant les données à l'aide de capteurs innovants autonomes sur des plateformes fixes ou mobiles (e.g. *ARVOR-C*), synoptiques (satellites) ou de systèmes à bas coût (e.g. Station d'Observation 2D), des outils numériques innovants et des simulations de modèles pour anticiper le futur de la qualité des eaux côtières (e.g. production primaire, oxygénation, acidification,...) et le fonctionnement des écosystèmes marins du littoral français métropolitain sous l'influence des fleuves au 21^{ème} siècle et co-construire des indicateurs pour les gestionnaires de l'environnement afin de proposer des simulations pertinentes et durables pour les politiques publiques.

Dans ce contexte, La Vasière Ouest Gironde (VOG) présente un intérêt particulier en raison de son importance économique pour la pêche (e.g. sole commune *Solea solea*). Elle est localisée à 40 km de l'embouchure de l'estuaire de la Gironde sur le plateau du Golfe de Gascogne, un milieu océanique extrêmement énergétique. Le fort hydrodynamisme est favorable aux dépôts non-stationnaires de sédiments provenant principalement de la Gironde. L'effort de recherche de notre groupe s'est principalement focalisé sur la structuration et le fonctionnement écologique et biogéochimique de l'habitat benthique de la VOG (e.g. Lamarque et al 2021, 2022 ; Dubosq et al 2021). Les quelques mesures ponctuelles réalisées dans la colonne d'eau à différentes saisons entre 2016 et 2022 ont permis de montrer l'existence d'une dynamique saisonnière de l'oxygène dissous (O_2) avec une colonne d'eau bien oxygénée en hiver et un net appauvrissement en O_2 de l'eau de fond en automne, i.e. <45% du stock initial (Fig 1a). Plusieurs hypothèses ont été avancées mais la corrélation positive entre le pH et O_2 (Fig 1b) semble indiquer que la respiration aérobie jouerait un rôle majeur dans cette désoxygénation de l'eau de fond, comme déjà observé sur d'autres *RiOMars*. En revanche, nos travaux ne permettent pas d'identifier les processus la contrôlant, ni d'appréhender les conséquences du changement global sur le fonctionnement écologique et biogéochimique des écosystèmes pélagiques et benthiques de la VOG, qui restent encore aujourd'hui totalement inconnues et qui nécessitent une stratégie d'observation continue à court, moyen et long terme. C'est dans ce contexte que nous cherchons maintenant à étudier sa vulnérabilité en réponse au changement global (e.g. modifications des apports de la Gironde, augmentation de la stratification estivale et des vagues de chaleur ainsi que des tempêtes) tout en fournissant les données nécessaires à la calibration du modèle régional développé au sein du PPR *RiOMar*. Un des volets du projet implique de développer un premier suivi continu de la colonne d'eau avec des systèmes à bas coût de type « Station d'observation 2D » tout en intégrant la spatialisation avec des instrumentations de pointe, e.g. flotteur profilant *ARVOR-C*, *scanfish*, afin de documenter la coévolution à long terme des descripteurs physiques et biogéochimiques de la colonne d'eau. Cette étape est essentielle à la mise en place d'un observatoire de l'océan côtier dans la VOG. C'est dans ce contexte que le sujet de stage Master 2 est proposé.

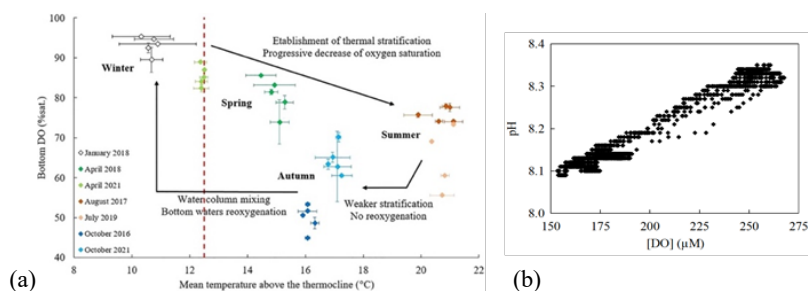


Fig 1 (a) Saturation moyenne en oxygène dissous des eaux de fond en fonction de la température moyenne au-dessus de la thermocline. La ligne pointillée rouge représente le seuil de 12,5°C au-dessus duquel la stratification thermique se produit ($T_{\text{eau de fond}} < 12.5^{\circ}\text{C}$). (b) Relation entre l'oxygène dissous et le pH mesurés simultanément en Oct 2021 ($r=0.903$, $p<0.00$). [Dubosq et al. (2022) *Frontiers in Marine Science* 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1006453>]

L'objectif général du travail de Master 2 est de caractériser la dynamique de la structuration de la colonne d'eau sur des échelles journalières, saisonnières et interannuelles afin (1) d'identifier les mécanismes et les facteurs de contrôle de la structuration de la colonne d'eau et sa dynamique en relation avec le régime hydrologique de la Gironde et l'hydrodynamisme du Golfe de Gascogne, et (2) de définir les potentielles tendances à moyen et long terme observées en lien avec le changement global.

Le travail consistera plus spécifiquement à :

1/ construire une base qualifiée des données disponibles du flotteur profilant ARVOR-C déployé depuis 2009 à proximité de la vasière (**Fig2**). Le traitement des données exploitables permettra de caractériser les composantes temporelles (journalières à interannuelles) du contexte hydrologique du plateau Aquitain au large de l'estuaire de la Gironde et de préciser les tendances à court, moyen et long terme de la structuration de la colonne d'eau. L'ARVOR-C est équipé d'une CTD SBE49 (pression, S, T) et réalise un profil vertical (du fond vers la surface) par jour à 12h UTC, reste en surface 5 min pour la transmission des données par téléphonie Iridium avant de redescendre se mettre en sécurité au fond jusqu'au lendemain pour le profil CTD suivant.

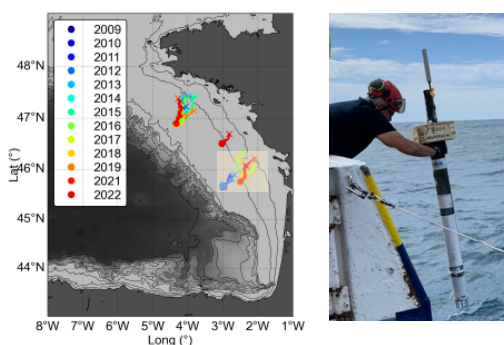


Fig 2 Trajectoires des flotteurs profilants ARVOR-C déployés depuis 2009 dans le cadre des campagnes ASPEX (carré jaune) afin d'assurer un suivi continu journalier et interannuel des caractéristiques hydrologiques de la colonne d'eau du plateau Aquitain au large de l'estuaire de la Gironde. Les points de déploiement sont marqués par des cercles, les positions des derniers profils valides sont marquées par des croix (Demande AspeX2024, L Marié). Photographie de la mise à l'eau de l'ARVOR-C en Mai 2023 (©Deflandre)

2/ traiter les levés hydrologiques à haute résolution horizontale réalisés à l'aide d'un poisson remorqué de type "Scanfish" (LOPS/Ifremer) aux printemps 2023 et 2024 (campagnes ASPEX, **embarquement possible en mai 2024**): il s'agit ici de caractériser les conditions hydrologiques et la structuration 3-D de la colonne d'eau au-dessus et aux alentours de la vasière. Le poisson est équipé d'une sonde CTD SBE49 (pression, S, T), d'un fluorimètre (Chl-a)/turbidimètre Wetlabs FLNTU (turbidité) et d'une Optode Aanderaa 3830 (O₂). Il réalise automatiquement des ondulations dans la colonne d'eau entre 20 et 90 m d'immersion à environ 0.75 m/s de vitesse verticale et une vitesse de remorquage de 8 nœuds. La stratégie de couverture qui a été réalisée en Mai 2023 est représentée en **Fig 3**. Ces levés permettront de cartographier la structure 3D de la colonne d'eau, de mieux comprendre les interactions entre la VOG et la colonne d'eau sus-jacente, d'en documenter la variabilité spatiale et saisonnière (Automne 2024 ; hors période du stage), et notamment de quantifier l'impact des différences de structure de l'écosystème pélagique et des débits fluviaux.

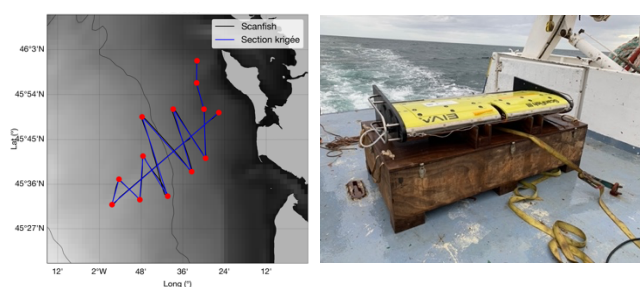


Fig 3 Carte décrivant le carroyage du Scanfish (environ 145 miles nautique, 17h d'opération, navire à 8 nœuds) réalisé en Mai 2023. Photographie du Scanfish mis à l'eau en Mai 2023 (©Deflandre).

3/ compiler les données de (i) température (SST), Chl-a et Carbone Organique Particulaire de la couche de surface extraites pour la VOG et la zone de déploiement de l'Arvor-C issues des images satellitaires MODIS/NASA (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>; 2004-2023, déjà extraites), (ii) du débit de la Gironde (<https://hydro.eaufrance.fr>), et (iii) des indicateurs climatiques (<https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>).

Sur la base de ces différents jeux de données, l'étudiant.e recherchera dans un 1^{er} temps des corrélations entre la dynamique de la structuration écologique et biogéochimique de la colonne d'eau (production, stratification, oxygénation) en fonction des conditions climatiques (température, débits) à différentes échelles de temps (journalière, saisonnière, pluri décennale) pour tenter de mettre en évidence des schémas de fonctionnement. Il/elle testera ensuite si ces schémas régionaux sont corrélés à des indicateurs climatiques spécifiques (i.e. NAO, AMOC, ...).