

Titre de la thèse	Courants de bord, fronts, et tourbillons: courroies ou barrières de transport? Observations par HFRADAR et modélisation du Courant Liguro-Provençal (ou Northern Current NC) en Méditerranée Nord Occidentale, et du Eastern Australian Current (EAC) en Océan Pacifique Sud.
-------------------	---

Ecole Doctorale	ED548
Laboratoire	MIO
Discipline	Océanographie physique
Directeur(s) de thèse Encadrant(s)	Anne Molcard Amandine Schaeffer (UNSW, Australia)

Description du sujet de recherche

Contexte scientifique

Les courants océaniques contraints par la côte, les courants de bord, jouent un rôle fondamental dans la circulation générale, et contribuent à la circulation thermohaline à l'échelle océanique globale. Ils représentent une courroie de transfert de masses d'eau différentes entre régions très lointaines. Ils sont aussi souvent associés à des fronts, c'est à dire des barrières nettes séparant des eaux de densité différente et de forts gradients de vitesse. Les zones frontales présentent souvent un intense mélange latéral et vertical qui résulte en une augmentation de la production primaire (plantes) et secondaire (animaux). En tant que zones de convergence ils constituent une grande source de nourriture, et donc de forte concentration d'animaux mais aussi de matière flottante.

A l'échelle régionale, ces courants interagissent avec la topographie particulièrement variable et abrupte proche de la côte, et peuvent générer des instabilités et des méandres induisant de forts transferts d'énergie. En outre, ils constituent une barrière physique entre les eaux côtières et les eaux du large pour les masses d'eau et le transport de matières (déchets, polluants, méduses).

Nous proposons dans cette thèse d'étudier deux courants de bord: le Courant Liguro-Provençal ou Courant Nord (NC), qui circule en Méditerranée Nord-Occidentale et le long des côtes françaises, et le Eastern Australian Current (EAC) qui longe les côtes de l'est de l'Australie dans l'Océan Pacifique Sud.

Le choix de ces deux zones géographiques très distantes est justifié par la richesse des observations, en particulier par le HFRADAR (HFR), et par les échouages réguliers de gélatineux sur les côtes Est de l'Australie et Sud de la France. Berline et al. (2013) ont montré que l'inclinaison du NC et le vent pouvaient contribuer à l'échouage de *Pelagia noctiluca* sur les côtes de la Mer Ligure, et les observations dans le cadre du réseau français de monitoring des méduses (Bernard et al., 2011) montrent une très grande variabilité dans

la quantité d'échouages. Récemment, une invasion de *Physalia physalis*, communément appelées « bluebottles » à cause de leur couleur, a été observée sur les plages de Sydney. Le vent semble être une des premières causes de ces échouages, en particulier à cause de la forme de ce gélatineux qui présente une protubérance en forme de voile en surface (Bourg et al., 2021).

Les formes et les comportements de ces deux types de gélatineux sont très différents, comme le sont les échelles spatio-temporelles des courants de bord en Pacifique Sud et en Méditerranée. Ces différences rendent l'étude comparative dans les deux zones particulièrement intéressante, du point de vue physique pour l'étude de leur rôle barrière (de transport, d'énergie ou de chaleur), et d'un point de vue environnemental et sociétal pour l'analyse et la prévision des échouages de gélatineux.

Objectifs de la thèse du point de vue de l'océanographie physique

Les deux courants NC et EAC présentent un cycle saisonnier et des instabilités à haute fréquence et des tourbillons se propageant en aval, qui peuvent être observés par les HFR. Ces systèmes d'observation sont opérationnels sur la coté est de l'Australie et sur les côtes varoises depuis 2012 et permettent une vision synoptique et en temps réel des courants de surface

(<http://hfradar.univ-tln.fr/HFRADAR/squel.php?content=accueil>,

<http://imos.org.au/facilities/oceanradar/>).

Les observations par HFR de l'EAC ont été couplées avec d'autres plateformes in-situ (lignes de mouillages, capteurs de température et ADCP, gliders) pour identifier le cœur du courant de bord, sa variabilité et ses instabilités (Schaeffer et al., 2017). Les observations par HFR en Méditerranée Occidentale (Bellomo et al., 2015, Berta et al., 2018, Bourg and Molcard, 2021) ont mis en évidence des structures de méso-échelle (Guihou et al., 2013) et ont permis de développer des méthodologies de prévision (Orfila et al., 2015), d'assimilation (Marmain et al. 2014), ou d'analyse de la dynamique du transport (Berta et al., 2014).

Les méthodologies utilisées dans l'analyse des données sont complémentaires, et méritent d'être partagées.

Ce projet de doctorat analysera la longue série temporelle de données (à partir de 2012) des cartes des courants de surface provenant des systèmes d'observations HFR, en se focalisant sur le rôle dynamique de courants de bord EAC et NC. Des données supplémentaires provenant d'autres plateformes ainsi que les modèles numériques compléteront la description des structures dynamiques et leur évolution ainsi que la dispersion et le cisaillement vertical associé aux courants de bord, en se focalisant sur leur rôle barrière/courroie en termes de transport de matière, ou de transfert d'énergie et de chaleur.

Retombées et perspectives du point de vue environnemental et sociétal

Les courants de bord relativement étroits et très intenses peuvent jouer un rôle de barrière de transport de matière ou de chaleur, entre les zones littorales et le large, ou entre régions distantes. Ainsi les échouages massifs de méduses urticantes type *Pelagia noctiluca* sur les côtes de la région Paca, ou des *Physalia physalis* sur la coté est australienne seront corrélées avec les situations météo-océaniques. L'impact environnemental et sociétal de ces gélatineux est évident, en particulier lors d'accumulation dans des zones côtières très touristiques.

Le comportement naturel de ces deux types de gélatineux est très différent. La *Pelagia* réalise une migration verticale diurne, en surface la nuit, et en profondeur (jusqu'à 300m) dans la journée, et subit les courants horizontaux. La *Physalia* reste en surface et subit les courants de surface. Elle présente une poche gazeuse en forme de voile qui reste à la surface de l'eau: l'orientation de cette voile peut donc avoir un impact sur le déplacement du gélatineux en situation de vent.

Dans le cadre de cette thèse, une étude de la dérive de ces méduses en fonction de leur forme, du vent, des vagues et du courant sera menée dans le canal à houle de Seatech, ainsi qu'en utilisant un module spécifique de transport Lagrangien.

L'étude comportementale de ces méduses sera menée en collaboration avec l'axe transverse End-to-End (ETE): les compétences des collègues biologistes nous aideront à mieux appréhender le mouvement naturel de ces méduses.

Mots clés : circulation côtière, HF RADAR, courants de bord (EAC, NC), dynamique du transport, traitement statistique de données.

Références :

- L. Bellomo, A. Griffa, S. Cosoli, P. Falco, R. Gerin, I. Iermano, A. Kalampokis, Z. Kokkini, A. Lana, M.G. Magaldi, I. Mamoutos, C. Mantovani, J. Marmain, E. Potiris, J.M. Sayol, Y. Barbin, M. Berta, M. Borghini, A. Bussani, L. Corgnati, Q. Dagneaux, J. Gaggelli, P. Guterman, D. Mallarino, A. Mazzoldi, A. Molcard, A. Orfila, P.-M. Poulain, C. Quentin, J. Tintoré, M. Uttieri, A. Vetrano, E. Zambianchi & V. Zervaki. (2015). Toward an integrated HF radar network in the Mediterranean Sea to improve search and rescue and oil spill response: the TOSCA project experience. *Journal of Operational Oceanography*, 8(2) 95-107.
- L. Berline, B. Zakardjian, A. Molcard, Y. Ourmières, K. Guihou (2013). Modeling jellyfish *Pelagia noctiluca* transport and stranding in the Ligurian Sea. *Marine Pollution Bulletin* (70), 1–2, 15.
- Bernard P., Berline L., Gorsky G., (2011). Long term (1981-2008) monitoring of the jellyfish *Pelagia noctiluca* (Cnidaria, Scyphozoa) on Mediterranean Coasts (Principality of Monaco and French Riviera) *Journal of Oceanography, Research and Data*, (4) 1-10.
- M. Berta, L. Bellomo, M.G. Magaldi, A. Griffa, A. Molcard, J. Marmain, M. Borghini, V. Taillandier (2014). Estimating Lagrangian transport blending drifters with HF radar data and models: results from the TOSCA experiment in the Ligurian Current (North Western Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography*, 128, p 15-29
- M. Berta, L. Bellomo, A. Griffa, M.G. Magaldi, A. Molcard, Gasparini G.P., Marmain J., Vetrano A., Béguery L., Borghini M., Barbin Y., Gaggelli J., Quentin C. (2018). Wind-induced variability in the Northern Current (northwestern Mediterranean Sea) as depicted by a multi-platform observing system. *Ocean Sci.*, 14, 689–710
- Bourg N., and Molcard A. (2021). Northern boundary Current variability and mesoscale dynamics: a long-term HFR monitoring in the North-Western Mediterranean Sea. Submitted to *Ocean Dynamics*.
- Bourg N., Schaeffer A., Cetina-Heredia P., Lawes J., Lee D. (2021) Driving the blue fleet: Temporal variability and drivers behind bluebottle (*Physalia physalis*) beachings off Sydney, Australia. Submitted to *Plos One*.
- K. Guihou, J. Marmain, Y. Ourmières, A. Molcard, B. Zakardjian and P. Forget (2013). A case study of the mesoscale dynamics in the North-Western Mediterranean Sea: a combined data-model approach. *Ocean Dynamics*, 63(7):793-808.
- J. Marmain, A. Molcard, P. Forget, A. Barth, and Y. Ourmières (2014). Assimilation of HF radar surface currents to optimize forcing in the northwestern Mediterranean Sea. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 21(3):659-675.
- A. Orfila, A. Molcard, J. M. Sayol, J. Marmain, L. Bellomo, C. Quentin, and Y. Barbin (2015). Empirical Forecasting of HF-Radar Velocity Using Genetic Algorithm. *IEEE Trans. Geos. Rem. Sens.*, 53(5):2875-2886.
- Schaeffer, A., Gramouille, A., Roughan, M., & Mantovanelli, A. (2017). Characterizing frontal eddies along the East Australian Current from HF radar observations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122, 3964–3980. <https://doi.org/10.1002/2016JC012171>

Justification du partenariat

Nous proposons de mener cette étude dans le cadre d'une thèse co-dirigée entre l'Université de Toulon et l'Université de New South Wales à Sydney, dans le cadre d'un "practicum exchange", pour obtenir l'exonération des droits d'inscription australiens très importants. Le projet Marittimo SINAPSI (2019-22) permettra de couvrir les coûts environnés de la thèse. Nous déposerons un dossier à l'Ambassade de France en Australie pour soutenir la mobilité de l'étudiante. De plus un projet soumis à l'ARC (Australian Research Council) associant les deux universités sur l'étude et la prévision d'échouages de bluebottles devrait permettre de financer de longs séjours de la doctorante et le déplacement de ses encadrantes. Cette thèse constituera la première étape d'une nouvelle collaboration scientifique entre les deux universités. Anne Molcard a co-dirigé la thèse de Amandine Schaeffer. Amandine Schaeffer est une ancienne étudiante de l'ISITV promotion 2006, major du master d'océanographie de Toulon (2006), doctorante (thèse soutenue en 2010), et aujourd'hui lecturer à UNSW, School of Maths & Stats, Sydney Australia. Elle n'a pas encore l'équivalent HDR.

(3 pages maximum - contexte scientifique, objectifs, mots clé, références)

Compétences attendues et personnes à contacter

Le candidat devra être titulaire d'un M2 (ou équivalent) en géophysique de préférence ou physique ou mathématiques, et avoir des compétences en calcul numérique et en programmation (matlab, python, fortran ou c) dans un environnement Linux. Une expérience dans le domaine de l'océanographie en particulier sur les courants de bord, le HFR ou le transport des méduses (avec des publications sur des revues à comité de lecture) sera particulièrement apprécié.

Le candidat pourra éventuellement participer à des campagnes en mer, et sera amené à séjourner régulièrement en Australie dans le cadre du co-encadrement. La connaissance de la langue anglaise est indispensable.

Pour postuler, envoyer un CV, le relevé de notes du master et une lettre de motivation à Anne Molcard (molcard@univ-tln.fr).