

Proposition de sujet de thèse 2021

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : hammad@cerege.fr

*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

Sujet de doctorat proposé :

Encadrant(s)* : **Xavier MARI**, xavier.mari@mio.osupytheas.fr ; **Marc TEDETTI**, marc.tedetti@mio.osupytheas.fr ; **Cầm Tú VU**, vu-cam.tu@usth.edu.vn

Laboratoires* : **Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO, UM 110), Université des Sciences et Technologies de Hanoï (USTH) – Département Eau, Environnement et Océanographie (EEO)**

Tableau récapitulatif du sujet

Candidat(e)⁽¹⁾	
Nom - Prénom :	
Date de naissance :	
Licence (origine, années, mention) :	
Mention et classement au Master 1 année (Xème sur Y)	
Mention et classement au S3 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au S4 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au M2 (année) (Xème sur Y)	
MASTER (nom, université)	
Sujet de doctorat proposé*	Flux et réactivité du Black Carbon dissous (DBC) en milieu côtier. Application à la zone du delta du Fleuve Rouge – Golfe du Tonkin, nord Vietnam
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	Xavier Mari (HDR), Marc Tedetti, Cầm Tú Vu
Laboratoires*	Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO, UM 110) et Université des Sciences et Technologies de Hanoï (USTH)
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé* : Flux et réactivité du Black Carbon dissous (DBC) en milieu côtier. Application à la zone du delta du Fleuve Rouge – Golfe du Tonkin, nord Vietnam

Descriptif *

1. Contexte et problématique

Le **Black Carbon (BC)**, ou carbone suie, est produit durant la combustion incomplète de carburants fossiles, biocarburants et de biomasse. Il est de fait constitué d'un ensemble hétérogène de molécules pyrogéniques, allant de biomolécules non aromatiques faiblement carbonisées jusqu'à des assemblages aromatiques polycondensés formés à hautes températures (Wagner et al., 2018). Une partie du BC produit est émise dans l'atmosphère sous forme d'aérosols ($5\text{--}35 \text{ Tg}^1 \text{ C an}^{-1}$), tandis qu'une autre fraction demeure sur les sites de combustion ($114\text{--}383 \text{ Tg C an}^{-1}$) (Coppola et al., 2018). Le BC émis dans l'atmosphère se dépose à la surface de l'océan sous forme dissoute (**BC dissous = DBC** ; $2\text{--}4 \text{ Tg C an}^{-1}$) et particulaire (BC particulaire = PBC ; $\sim 12 \text{ Tg C an}^{-1}$) (Jurado et al., 2008 ; Bao et al., 2017 ; Fang et al., 2020). Le BC retenu sur les continents rejoint l'océan *via* les fleuves sous forme, lui aussi, de DBC ($18\text{--}66 \text{ Tg C an}^{-1}$) et de PBC ($17\text{--}37 \text{ Tg C an}^{-1}$) (Jaffé et al., 2013 ; Santín et al., 2015 ; Fang et al., 2020 ; Jones et al., 2020). Ainsi, les apports annuels de DBC et PBC à l'océan atteindraient respectivement $20\text{--}70 \text{ Tg C an}^{-1}$ et $29\text{--}49 \text{ Tg C an}^{-1}$. A titre de comparaison, ces apports totaux de BC à l'océan ($49\text{--}119 \text{ Tg C an}^{-1}$) seraient ~ 10 fois supérieurs à ceux des débris plastiques ($4,8\text{--}12,7 \text{ Tg an}^{-1}$; Jambeck et al., 2015). Considérant que les apports de carbone organique dissous (DOC) à l'océan par les fleuves sont de l'ordre de 205 à 250 Tg C an^{-1} (Hedges et al., 1997 ; Cauwet, 2002 ; Dai et al., 2012), le DBC représenterait de 7 à 33% du flux de DOC fluvial. Pourtant, même si en termes de flux, les apports par les fleuves apparaissent comme la source principale de DBC à l'océan, des résultats récents, faisant état de fortes divergences dans les signatures isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$) du DBC fluvial et océanique, soulignent la nécessité de mieux comprendre le comportement biogéochimique du DBC lors de son transit de la zone estuarienne vers la zone marine (Wagner et al., 2019 ; Yamashita et al., 2021).

Dans l'océan, le DBC, dont la quantité est estimée entre 14 et $36 \text{ Pg}^2 \text{ C}$ (Wagner et al., 2018 ; Fang et al., 2020), participerait de façon significative (de 2 à $5,5\%$) au réservoir de **matière organique dissoute (DOM)** océanique ($\sim 650 \text{ Pg C}$) (Hansell et al., 2009). Par ailleurs, la structure aromatique et polycondensée du DBC conférerait à ce dernier une forte réactivité chimique lui permettant de subir/d'initier de nombreux processus de transformation, comme la sorption sur les particules en suspension, la dégradation photochimique ou encore la complexation avec des composés dissous minéraux et organiques (i.e., nutriments et contaminants) (Stubbins et al., 2012 ; Wagner et al., 2018). Cependant, malgré ce fort potentiel de réactivité chimique, les processus de transformations abiotiques impliquant le DBC restent à ce jour très peu étudiés. De plus, bien que le DBC soit considéré comme un substrat relativement bioréfractaire, sa capacité réelle à être assimilé/recyclé par les bactéries hétérotrophes marines n'a pas vraiment été appréhendée jusqu'à présent. **Par conséquent, même si le DBC apparaît comme un élément essentiel à prendre en compte dans l'étude de l'impact du BC sur le cycle du carbone océanique, ses flux, sa distribution, et sa réactivité vis-à-vis des facteurs abiotiques et biotiques dans le continuum eaux douces-eaux marines restent à ce jour largement méconnus.**

L'Asie du Sud-Est est l'un des principaux « hotspot » mondial de BC anthropique en termes d'émission, de concentration et de dépôt. La région du delta du Fleuve Rouge – Golfe du Tonkin, au nord du Vietnam, est une zone côtière de grand intérêt pour l'étude du DBC, représentative d'un système fluvial d'Asie du Sud-Est fortement influencé par le climat (de mousson) et les activités humaines (Le et al., 2017). Le Fleuve Rouge est le 2^{ème} cours d'eau du Vietnam, avec un bassin versant total de $169\,000 \text{ km}^2$, une longueur de $1\,150 \text{ km}$, et un débit moyen de $3\,640 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, qui fluctue fortement en fonction des saisons : $1\,500$ et $7\,000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en moyenne, respectivement pendant la saison sèche (de novembre à avril) et la saison humide (de mai à octobre). Le débit peut chuter à $430 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ pendant la saison sèche et atteindre $30\,000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ au moment de la mousson. Le Fleuve Rouge traverse la ville d'Hanoï, capitale du Vietnam (~ 8 millions d'habitants), près de laquelle il se divise en deux grands distributeurs, qui se divisent à leurs tours en de nombreux sous-distributeurs qui entrent dans le Golfe du Tonkin. Celui-ci, qui reçoit donc les eaux du Fleuve Rouge, correspond au bras nord-ouest de la mer

¹ $1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g}$

² $1 \text{ Pg} = 10^{15} \text{ g}$

de Chine méridionale. Il est assez peu profond dans son ensemble (moins de 60 m) et accueille notamment la baie d'Halong (inscrite au Patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1994) qui le borde au nord-ouest, non loin de la ville d'Haiphong, 2^{ème} plus grand port et 3^{ème} plus grande ville du pays. Le delta du Fleuve Rouge qui, en termes de ressource, représente plus d'un quart du PIB national et 20% de la production nationale de riz, est soumis à une pression anthropique très élevée en raison d'une urbanisation et d'activités industrielles et agricoles croissantes sur son bassin versant. Même si quelques travaux ont été réalisés ces dernières années sur l'impact du BC dans la baie d'Halong (Mari et al., 2017, 2019 ; Benavides et al., 2019) ou sur les flux de carbone organique dans le Fleuve Rouge (Le et al., 2017 ; Nguyen et al., 2018), **la distribution, les flux, et la réactivité du DBC dans la région du delta du Fleuve Rouge – Golfe du Tonkin n'ont pas été investigués jusqu'à présent.**

2. Objectifs de la thèse

Dans le cadre de cette problématique, **le but de cette thèse est d'améliorer les connaissances actuelles des flux et de la réactivité du Black Carbon dissous (DBC) dans la zone du delta du Fleuve Rouge – Golfe du Tonkin, au nord du Vietnam,** qui est une région très fortement impactée par le BC. Les objectifs de la thèse sont les suivants :

- 1) **Estimer les flux de DBC apportés par le Fleuve Rouge** au milieu marin, ainsi que les concentrations en DBC dans la zone marine du Golfe du Tonkin pendant la période sèche et la période humide, en particulier en période de crues. Evaluer l'importance de la source fluviale du DBC dans les apports globaux de BC dans cette région. Mieux comprendre le comportement biogéochimique du DBC lors de son transit des eaux douces du Fleuve Rouge vers les eaux marines du Golfe du Tonkin.
- 2) **Evaluer la capacité de phototransformation du DBC** fluviale et marin. Estimer les taux de photominéralisation, ainsi que les modifications structurales du DBC en termes de poids moléculaire, aromaticité et propriétés optiques (absorbance, fluorescence) suite à son exposition au rayonnement solaire UV et visible. Estimer si la phototransformation est un processus majeur dans le cycle du DBC pouvant notamment concourir à la disparition en mer de la signature isotopique du DBC fluviale.
- 3) **Déterminer le pouvoir de complexation du DBC** fluviale et marin vis-à-vis de contaminants organiques d'intérêt de la zone du Fleuve Rouge, comme les HAPs (phénanthrène et benzoapyrène), les pesticides (glyphosate) et les phtalates (DEHP) (Hong et al., 2008 ; Hoia et al., 2011 ; Hoa et al., 2020). Mesurer les coefficients de partage eau-carbone organique dissous (K_{DOC}) entre le DBC et ces contaminants, et estimer *in fine* l'influence du DBC sur la biodisponibilité/toxicité de ces composés.
- 4) **Evaluer la biodisponibilité potentielle du DBC** pour les bactéries hétérotrophes marines, et la réponse associée de ces dernières en termes d'abondance, de diversité et d'activités (production et respiration). Mettre en évidence l'impact de la (photo)-oxydation du DBC sur sa biodisponibilité. Déterminer si le DBC non oxydé/oxydé peut représenter un substrat carboné assimilable par les bactéries marines et être converti en biomasse et recyclé en CO₂.

3. Déroulement, stratégie et méthodologie

La thèse va s'articuler autour 1) d'un travail de collecte d'échantillons et de mesures sur le terrain dans la zone du delta du Fleuve Rouge – Golfe du Tonkin au nord du Vietnam, 2) d'expériences en conditions contrôlées de laboratoire, i.e., expériences de phototransformation, biodégradation et complexation du DBC, qui seront conduites au MIO à Marseille et à **l'Université des Sciences et Technologies de Hanoï (USTH)** au Vietnam, et 3) d'analyses de DBC et de DOM en laboratoire, en couplant méthodes optiques (spectroscopie UV-visible d'absorbance et de fluorescence) et chromatographiques (HPLC-DAD, GC-MS), également menées au MIO et à l'USTH. Des analyses de paramètres chimiques (DOC, contaminants, sels nutritifs...) et microbiologiques (abondance, diversité, activités bactériennes) associés seront effectuées en collaboration dans les deux instituts.

La première année de thèse s'effectuera à Marseille au MIO, tandis que les deuxième et troisième années seront réalisées à l'USTH à Hanoï (demande d'affectation IRD à Hanoï à partir de sept. 2022 pour M. Tedetti). La thèse pourra bénéficier pour cela d'un partenariat très solide entre le MIO et l'USTH au travers de deux dispositifs structurant de l'IRD : le GDRI-Sud « SOOT-SEA » et le LMI « LOTUS » (2018-2024).

Il est important de souligner que les analyses de DBC moléculaire (dosage des acides benzène-polycarboxyliques par HPLC-DAD ou GC-MS après étape d'extraction SPE, d'oxydation à l'acide nitrique, et de dérivatisation dans le cas du dosage par GC-MS) (Dittmar, 2008) pourront être effectuées à l'USTH (HPLC-DAD et LC-MS disponibles) et/ou au MIO (GC-MS disponible) grâce à la démarche de mise en place de cette

méthode initiée conjointement au MIO (C. Guigue ; demande de mise à disposition auprès de l'IRD pour affectation à Hanoï à partir de sept. 2022) et à l'USTH (X. Mari, L. Guyomarch, Bui Van Hoi). Pour ce développement et ces analyses moléculaires de DBC, nous bénéficions en outre d'une collaboration avec l'équipe de T. Dittmar (ICBM, UNOL, Allemagne). Le déroulement de la thèse est détaillé ci-dessous.

Première année de thèse (oct. 2021-oct. 2022, MIO-Marseille). Elle sera consacrée à la réalisation d'expériences de phototransformation, de biodégradation et de complexation du DBC. Pour cela, des solutions de DBC seront préparées dans l'eau de mer et de l'eau de rivière (filtrées sur 0.2 μm) à partir d'échantillons de BC naturel collecté à Hanoï (*via* la plateforme de collecte de dépôts atmosphériques d'Hanoï mise en place dans le cadre de SOOT-SEA) mais également de BC standard (échantillon certifié NIST « Diesel Particulate Matter »). Pour les expériences de phototransformation, ces solutions de DBC seront exposées au rayonnement solaire UV-visible artificiel (simulateur solaire Suntest Atlas) ou naturel, comme décrit dans Tedetti et al. (2009) et Para et al. (2010). Les mesures chimiques (DBC, DOM, DOC...) seront effectuées avant, après, dans les échantillons exposés au rayonnement, et dans les témoins à l'obscurité pour évaluer la photoréactivité, les taux de photominéralisation et les modifications structurales du DBC. Le pouvoir de complexation du DBC vis-à-vis des contaminants organiques de type HAPs (phénanthrène et benzoapyrène), pesticides (glyphosate) et phtalates (DEHP) (i.e., détermination des coefficients de partage K_{DOC}) sera évalué à partir d'expériences de quenching de fluorescence (cinétiques concentrations en DBC et contaminants) et des mesures subséquentes d'absorbance et de fluorescence (MEEF/PARAFAC ; fluorescence synchrone), comme celles actuellement mises en œuvre dans le projet EC2CO « COMATIC » (2019-2021). Enfin, les expériences de biodégradation des solutions de DBC seront conduites comme celle proposée dans le cadre du projet IRD-Action Sud/Axe Transverse MIO CONTAM « BLACKMATTERS » (2021-2022) : incubation en microcosmes de solutions de DBC (et DBC oxydé) inoculées avec un consortium bactérien marin et mesures au cours du temps ($t_{0\text{h}}$, $t_{24\text{h}}$, $t_{48\text{h}}$, $t_{72\text{h}}$, $t_{1\text{week}}$, $t_{1\text{month}}$ et $t_{3\text{months}}$) de paramètres chimiques (DBC, DOM, DOC, nutriments...) et microbiologiques (abondance, diversité, croissance, production et respiration) pour estimer le caractère biodégradable du DBC et son impact sur les activités bactériennes hétérotrophes. Il est important de noter que la caractérisation chimique et optique de solutions de DBC (à partir de BC de type « Hanoï » et « standard Diesel »), et les expériences de quenching de fluorescence et de biodégradation de ces solutions de DBC sont menées actuellement dans le cadre d'un stage de Master 2, ce qui servira de base très solide pour cette première année de thèse.

Deuxième année de thèse (oct. 2022-oct. 2023, USTH-Hanoï). Elle sera dédiée à l'échantillonnage et aux mesures de terrain dans la zone du delta du Fleuve Rouge/Golfe du Tonkin. Une partie importante de ce travail de terrain aura lieu pendant la campagne en mer CNFC « PLUME » (*Particle transport along river pLUMes and their iMPact on coastal ecosystems off viEtnam*), programmée à l'été 2023 (i.e., pendant la saison humide) à bord du N/O Antéa, et à laquelle la/le doctorant(e) pourra participer. Cette campagne vise à étudier le transport dans les panaches fluviaux de matière dissoute et particulaire naturelle et anthropique (incluant le BC) depuis les deltas du Mékong et du Fleuve Rouge vers l'océan, et leur impact sur la productivité planctonique et la structure des communautés. Un total de 40 stations sera échantillonné le long du delta du Fleuve Rouge et dans la zone marine du Golfe du Tonkin, incluant la baie d'Halong. De nombreuses mesures de paramètres physiques, biogéochimiques et biologiques seront réalisées et très utiles pour l'interprétation de la distribution du DBC et de la DOM. En plus de la campagne PLUME, un échantillonnage plus modeste sera mis en place, à l'aide de moyens nautiques locaux, pour récolter des échantillons le long du continuum eaux du Fleuve Rouge-eaux marines (~20 stations échantillonnées plusieurs fois pendant les périodes sèches et humides). Aussi, un capteur de fluorescence pour la mesure *in situ* du DBC dans l'eau, développé actuellement au travers du projet européen MarTERA « MATE » (2020-2023) sur le modèle du capteur MiniFluo pour le dosage des HAPs (Tedetti et Goutx 2012 ; Tedetti et al., 2013 ; Cyr et al., 2019), sera disponible début 2022 et sera utilisé, après calibrage, pendant ces campagnes de terrain (y compris la campagne PLUME). Un data logger « low cost » développé par le SAM du MIO permettra d'utiliser ce MiniFluo version DBC sur un grand nombre de supports mécaniques (profileur CTD, petit véhicule tracté...). Les analyses de DOC et de fluorescence/absorbance de la DOM et du DBC seront menées sur place à l'USTH (instruments TOC-5000, spectrofluorimètre Horiba Fluoromax et spectrophotomètre Shimadzu disponibles et opérationnels).

Troisième année de thèse (oct. 2023-oct. 2024, USTH-Hanoï). Elle verra la fin de l'échantillonnage en périodes sèche et humide et des mesures associées de DBC par capteur MiniFluo. Des expériences de phototransformation et de complexation du DBC sur l'eau du Fleuve Rouge et de la zone marine seront menées sur le même principe que celles effectuées durant la première année à Marseille à l'aide des instruments disponibles sur place, énoncés plus haut. Les expériences de phototransformation se feront en lumière naturelle avec la mesure en continu des éclaircissements UV et visible fournis par un pyranomètre installé

sur le toit de l'USTH. Cette dernière année sera dédiée à la fin des analyses de DBC et DOM, à la fin du traitement de données (notamment lié aux mesures optiques et aux expériences de quenching de fluorescence) et au début de la valorisation des résultats.

4. Originalités de la thèse

- Travailler sur le Black Carbon dissous (DBC), qui est une composante anthropique peu connue de la matière organique dissoute (DOM).
- Coupler les méthodes optiques de laboratoire (absorbance, MEEF/PARAFAC, fluorescence synchrone, quenching, temps de vie de fluorescence) et *in situ* (capteurs MiniFluo version HAPs et DBC) avec les méthodes chromatographiques (HPLC-DAD, GC-MS) pour étudier le DBC et la DOM.
- Travailler au nord du Vietnam, sur la zone du delta du Fleuve Rouge – Golfe du Tonkin, « hotspot » mondial de Black Carbon anthropique en termes d'émission, de concentration et de dépôt.
- Co-encadrement MIO / USTH.

5. Collaborations

En plus du co-encadrement MIO (X. Mari, M. Tedetti) / USTH (Vu Cam Tu), cette thèse va impliquer de nombreuses collaborations : C. Guigue (MIO, mise en place du protocole d'analyse par chromatographie du DBC), L. Guyomarch (MIO Hanoï, collecte et analyses du DBC), S. Mounier, R. Redon, H. Hajjoul (MIO, analyses temps de vie de fluorescence du DBC), C. Panagiotopoulos (MIO, analyses isotopiques du BC), V. Fauvelle et R. Sempéré (MIO, analyses des additifs plastiques), S. Chifflet (MIO, analyses des métaux), P. Raimbault et N. Garcia (MIO, analyses des sels nutritifs), B. Misson (MIO, analyses de cytométrie, abondance et croissance bactérienne), M. Benavides, N. Pradel, P. Cuny (MIO, analyses de diversité bactérienne), O. Pringault (MIO, mesures d'oxygène pour la respiration bactérienne), F. Besson (ALSEAMAR, développement du MiniFluo version DBC), Bui Van Hoi (USTH, Hanoï, aide à la mise en place du protocole et aux analyses de DBC), Chu Van Thuoc, Pham The Thu (IMER, Haiphong, Vietnam), T. Dittmar (ICBM, UNOL, Allemagne, analyses chromatographiques du DBC).

Détail du Programme finançant la recherche*

Programmes/projets en cours/acceptés qui pourront contribuer financièrement au travail de thèse :

- Groupement de recherche international - Sud de l'IRD « *Impact du Black Carbon en Asie du Sud-Est* » (GDRI-Sud SOOT-SEA ; 2018-2024 ; PI : X. Mari).
- Laboratoire Mixte International de l'IRD « *Study center of the land-ocean-atmosphere regional coupled system* » (LMI LOTUS ; 2018-2024 ; PIs : T. Ngo-Duc, M. Herrmann).
- Projet IRD-Action Sud « *Black Carbon dissous en milieu marin : biodisponibilité potentielle pour les procaryotes hétérotrophes et pouvoir de complexation avec les contaminants* » (BLACKMATTERS ; 2021-2022 ; PIs : M. Tedetti, M. Benavides).
- Projet CNRS EC2CO « *Détermination des coefficients de partage entre matière organique dissoute et contaminants chimiques dans le milieu côtier* » (COMATIC ; 2019-2021 ; PI : M. Tedetti).
- Campagne en mer « *Particle transport along river plumes and their impact on coastal ecosystems off Vietnam* » (PLUME ; 2023 ; PIs : S. Ouillon, M. Benavides, E. Strady).
- Projet européen MarTERA ERA-NET « *Maritime Traffic Emissions: A monitoring network* » (MATE ; 2020-2023 ; PI MIO : M. Tedetti).
- Axe Transverse CONTAM du MIO.

Projets soumis/en préparation :

- Projet « *Assessing the fates of glyphosate and its main metabolite, aminomethylphosphonic acid (AMPA), with the organic matter (OM) contribution in surface water of the Red River Delta, northern Vietnam* » soumis à l'International Foundation for Science (IFS) en février 2021 (C.T. Vu).
- Projet ANR sur les flux de Black Carbon au Vietnam en préparation pour soumission fin 2021 (X. Mari).

Références citées

- Bao, H., Niggemann, J., Luo, L., Dittmar, T., Kao, S.-J., 2017. Aerosols as a source of dissolved black carbon to the ocean. *Nat. Commun.* 8, <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00437-3>.
- Benavides, M., Chu, V.T., Mari, X., 2019. Amino acids promote black carbon aggregation and microbial colonization in coastal waters off Vietnam. *Sciences of the Total Environment*, 685, 527-532.
- Cauwet, G., 2002. DOM in the coastal zone. In *Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter*. Eds D.A. Hansell, C.A. Carlson, Academic Press, San Diego, pp 579-609.
- Coppola, A.I., Wiedemeier, D.B., Galy, V., Haghypour, N., Hanke, U.M., Nascimento, G.S., et al., 2018. Global-scale evidence for the refractory nature of riverine black carbon. *Nat. Geosci.*, 11, 584-588.
- Cyr, F., Tedetti, M., Bhairy, N., Besson, F., Goutx, M., 2019. A glider-compatible optical sensor for the detection of polycyclic aromatic hydrocarbons in the marine environment. *Front. Mar. Sci.*, 6, 110, doi: 10.3389/fmars.2019.00110.
- Dai, M., Yin, Z., Meng, F., Liu, Q., Cai, W.J., 2012. Spatial distribution of riverine DOC inputs to the ocean: an updated global synthesis. *Curr. Opin. Environ. Sustainability*, 4, 170-178.
- Dittmar, T., 2008. The molecular level determination of black carbon in marine dissolved organic matter. *Org. Geochem.*, 39, 396-407.
- Fang, Y., Chen, Y., Huang, G., Hu, L., Tian, C., Xie, J., Lin, J., Lin, T., 2020. Particulate and Dissolved Black Carbon in Coastal China Seas: Spatiotemporal Variations, Dynamics, and Potential Implications. *Environ. Sci. Technol.*, 2021, 55, 1, 788-796.
- Hansell, D.A., Carlson, C.A., Repeta, D.J., Schlitzer, R., 2009. Dissolved organic matter in the ocean. A controversy stimulates new insights. *Oceanography*, 22, 202-211.
- Hedges, J.I., Keil, R.G., Benner, R., 1997. What happens to terrestrial organic matter in the ocean? *Org. Geochem.*, 27, 195-212.
- Hoai, P.M., Sebesvari, Z., Minh, T.B., Viet, P.H., Renaud, F.G., 2011. Pesticide pollution in agricultural areas of Northern Vietnam: Case study in Hoang Liet and Minh Dai communes. *Environ. Pollut.*, 159, 3344-3350.
- Hong, S.H., Yim, U.H., Shim, W.J., Oh, J.R., Viet, P.H., Park, P.S., 2008. Persistent organochlorine residues in estuarine and marine sediments from Ha Long Bay, Hai Phong Bay, and Ba Lat Estuary, Vietnam. *Chemosphere*, 72, 1193-1202.
- Jaffé, R., Ding, Y., Niggemann, J., Vähätalo, A.V., Stubbins, A., Spencer, R.G.M., Campbell, J., Dittmar, T., 2013. Global charcoal mobilization from soils via dissolution and riverine transport to the oceans. *Science* 340, 345-347.
- Jambeck, J.R., Andrady, A., Geyer, R., Narayan, R., Perryman, M., Siegler, T., Wilcox, C., Lavender Law, K., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 768-771.
- Jones, M.W., Coppola, A.I., Santín, C., Dittmar, T., Jaffé, R., Doerr, S.H., Quine, T.A., 2020. Fires prime terrestrial organic carbon for riverine export to the global oceans. *Nat. Comm.*, 11, 2791.
- Jurado, E., Dachs, J., Duarte, C.M., Simó, R., 2008. Atmospheric deposition of organic and black carbon to the global oceans. *Atmos. Environ.*, 42, 7931-7939.
- Le, T.P.Q., Dao, V.N., Rochelle-Newall, E., Garnier, J., Billen, G., Lu, X.X., Echetbet, H., Duong, T.T., Ho, C.T., Nguyen, T.B.N., Nguyen, B.T., Nguyen, T.M.H., Le, N.D. Pham, Q.L., 2017. Total organic flux of the Red River system (Vietnam). *Earth. Surf. Proc. Land.*, 42, 1329-1341.
- Mari, X., Chu, V.T., Guinot, B., Brune, J., Lefebvre, J.-P., Raimbault, P., Dittmar, T., Niggemann, J., 2017. Seasonal dynamics of atmospheric and river inputs of black carbon, and impacts on biogeochemical cycles in Halong Bay, Vietnam. *Elementa - Science for the Anthropocene*, 5, 75, DOI: 10.1525/elementa.255.
- Mari, X., Guinot, B., Chu, V.T., Brune, J., Lefebvre, J.-P., Pradeep Ram, A.S., Raimbault, P., Dittmar, T., Niggemann, J., 2019. Biogeochemical impacts of a black carbon wet deposition event in Halong Bay, Vietnam. *Front. Mar. Sci.*, 6, 185, DOI: 10.3389/fmars.2019.00185.
- Hoa, N.T.Q., Anh, H.Q., Tue, N.M., Trung, N.T., Da, L.N., Van Quy, T., Huong, N.T.A., Suzuki, G., Takahashi, S., Tanabe, S., Thuy, P.C., Dau, P.T., Viet, P.H., Tuyen, L.H., 2020. Soil and sediment contamination by unsubstituted and methylated polycyclic aromatic hydrocarbons in an informal e-waste recycling area, northern Vietnam: Occurrence, source apportionment, and risk assessment. *Sci. Tot. Environ.*, 709, 2020, 135852,
- Nguyen, T.M.H., Billen, G., Garnier, J., Le, T.P.Q., Pham, Q.L., Huon, S., Rochelle-Newall, E., 2018. Organic carbon transfers in the subtropical Red River system (Viet Nam): insights on CO₂ sources and sinks, *Biogeochemistry*, 138, 277-295.
- Para, J., Coble, P.G., Charrière, B., Tedetti, M., Fontana, C., Sempéré, R., 2010. Fluorescence and absorption properties of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in coastal surface waters of the northwestern Mediterranean Sea, influence of the Rhône River. *Biogeosciences*, 7, 4083-4103.
- Santín, C., Doerr, S.H., Kane, E.S., Masiello, C.A., Ohlson, M., de la Rosa, J.M., Preston, C.M., Dittmar, T., 2015. Towards a global assessment of pyrogenic carbon from vegetation fires. *Glob. Chang. Biol.*, 22, 76-91.
- Stubbins, A., Niggemann, J., Dittmar, T., 2021. Photo-lability of deep ocean dissolved black carbon. *Biogeosciences*, 9, 1661-1670.
- Tedetti, M., Goutx, M., 2012. Fluorimètre submersible à sources de lumière UV (< 300 nm) pour la quantification de composés aromatiques ciblés dans le milieu aquatique. Brevet international pour CNRS, n° WO2012119888 (A1).
- Tedetti, M., Joffre, P., Goutx, M., 2013. Development of a field-portable fluorometer based on deep-ultraviolet LEDs for the detection of phenanthrene- and tryptophan-like compounds in natural waters. *Sens. Actuat. B.*, 182, 416-423.
- Tedetti, M., Joux, F., Charrière, B., Mopper, K., Sempéré, R., 2009. Contrasting effects of solar radiation and nitrates on the bioavailability of dissolved organic matter to marine bacteria. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 201, 243-247.
- Wagner, S., Brandes, J., Spencer, R.G.M., Ma, K., Rosengard, S.Z., Mauro, J., Moura, S., Stubbins, A., 2019. Isotopic composition of oceanic dissolved black carbon reveals non-riverine source. *Nat. Commun.* 10, 5064.
- Wagner, S., Jaffé, R., Stubbins, A., 2018. Dissolved black carbon in aquatic ecosystems. *Limnol. Oceanogr. Lett.*, 3, 168-185.
- Yamashita, Y., Kojima, D., Yoshida, N., Shibata, H., 2021. Relationships between dissolved black carbon and dissolved organic matter in streams, *Chemosphere*, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129824>.

Directeur(s) de thèse proposé(s)*

(Limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

Directeur HDR proposé*

Nom - Prénom : [MARI, Xavier](#)

Corps : DR2 IRD

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : MIO

Adresse mail : xavier.mari@mio.osupytheas.fr

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Mari, X., Guinot, B., Chu, V.T., Brune, J., Lefebvre, J.-P., Pradeep Ram, A.S., Raimbault, P., Dittmar, T., Niggemann, J., 2019. Biogeochemical impacts of a black carbon wet deposition event in Halong Bay, Vietnam. *Frontiers in Marine Science*, 6, 185, DOI: 10.3389/fmars.2019.00185.

Benavides, M., Chu, V.T., **Mari, X.**, 2019. Amino acids promote black carbon aggregation and microbial colonization in coastal waters off Vietnam. *Sciences of the Total Environment*, 685, 527-532, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.141.

Pradeep Ram, A.S., **Mari, X.**, Brune, J., Torrèton, J.P., Chu, V.T., Raimbault, P., Niggemann, J., Sime-Ngando, T., 2018. Bacterial-viral interactions in the sea surface microlayer of a black carbon-dominated tropical coastal ecosystem (Halong Bay, Vietnam). *Elementa - Science for the Anthropocene*, 6, 13, DOI: 10.1525/elementa.276.

Chifflet, S., Amouroux, D., Bérail, S., Barre, J., Chu, V.T., Baltrons, O., Brune, J., Dufour, A., Guinot, B., **Mari, X.**, 2018. Origins and discrimination between local and regional atmospheric pollution in Haiphong (Vietnam), based on metal(loid) concentrations and lead isotopic ratios in PM10. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 26653-26668, DOI: 10.1007/s11356-018-2722-7.

Mari, X., Chu, V.T., Guinot, B., Brune, J., Lefebvre, J.-P., Raimbault, P., Dittmar, T., Niggemann, J., 2017. Seasonal dynamics of atmospheric and river inputs of black carbon, and impacts on biogeochemical cycles in Halong Bay, Vietnam. *Elementa - Science for the Anthropocene*, 5, 75, DOI: 10.1525/elementa.255.

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : [Bui Van Vuong](#)

Intitulé : Historical deposition flux of Black Carbon and Mercury in Halong Bay, Vietnam

Type d'allocation : ARTS-IRD

Date de début de l'allocation de doctorat : 1^{er} juin 2019

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :

Programme finançant la recherche : Impact of Black Carbon in South East Asia (SOOT-SEA)

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : Arrêt du doctorat en septembre 2020

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50%

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : [TEDETTI, Marc](#)

Corps : CRCN IRD

Adresse mail : marc.tedetti@mio.osupytheas.fr

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : MIO

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Tedetti, M., Bigot, L., Turquet, J., Guigue, C., Ferretto, N., Goutx, M., Cuet, P., 2020. Influence of freshwater discharges on biogeochemistry and benthic communities of a coral reef ecosystem (La Réunion Island, Indian Ocean). *Frontiers in Marine Science*, 7, 596165, DOI: 10.3389/fmars.2020.596165.

Barhouni, B., **Tedetti, M.**, Heimbürger-Boavida, L.-E., Tesán Onrubia, J.A., Dufour, A., Doan, Q.T., Boutaleb, S., Touil, S., Scippo, M.-L., 2020. Chemical composition and in vitro aryl hydrocarbon receptor-mediated activity of atmospheric particulate matter at an urban, agricultural and industrial site in North Africa (Bizerte, Tunisia). *Chemosphere*, 258, 127312, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.127312.

Fourati, R., **Tedetti, M.**, Guigue, C., Goutx, M., Garcia, N., Zaghden, H., Sayadi, S., Elleuch, B., 2018. Sources and spatial distribution of dissolved aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface coastal waters from the Gulf of Gabès (Tunisia, Southern Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography*, 163, 232-247, DOI: 10.1016/j.pocean.2017.02.001.

Martias, C., Tedetti, M., Lantoine, F., Jamet, L., Dupouy, C., 2018. Characterization and sources of colored dissolved organic matter in a coral reef ecosystem subject to ultramafic erosion pressure (New Caledonia, Southwest Pacific). *Science of the Total Environment*, 616-617, 438-452, DOI: 10.1016/j.scitotenv. 2017. 10.261.

Ferretto, N., Tedetti, M., Guigue, C., Mounier, S., Raimbault, P., Goutx, M., 2017. Spatio-temporal variability of fluorescent dissolved organic matter in the Rhône River delta and the Fos-Marseille marine area (France, NW Mediterranean Sea). *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 4973-4989, DOI: 10.1007/s11356-016-8255-z.

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : **Javier A. TESÁN ONRUBIA**

Intitulé : Transfert des contaminants dans les réseaux trophiques planctoniques en Méditerranée (Ecole Doctorale ED 251, Sciences de l'Environnement, Université Aix-Marseille)

Directeur de thèse (HDR) : Daniela Bănaru (MIO) ; co-directeur : Marc Tedetti (MIO)

Type d'allocation : par crédits ANR

Date de début de l'allocation de doctorat : Mars 2020

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :

Programme finançant la recherche : projets ANR « CONTAMPUMP » (Resp. D. Bănaru ; 2020-23) et CNRS-INSU-MISTRALS « MERITE HIPPOCAMPE » (Resp. M. Tedetti, F. Carlotti, M. Pagano, J. Tronczynski ; 2018-21).

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) :

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 30%

Nom : **Chloé MARTIAS**

Intitulé : Dynamique de la matière organique dissoute colorée et fluorescente en zone lagunaire tropicale dans le Pacifique Sud (Nouvelle Calédonie) : influences climatiques et anthropogéniques (Ecole Doctorale ED 251, Sciences de l'Environnement, Université Aix-Marseille)

Directeur de thèse (HDR) : Cécile Dupouy (MIO, Centre IRD Nouméa) ; co-directeur : Marc Tedetti (MIO)

Type d'allocation : Bourse Président AMU

Date de début de l'allocation de doctorat : Octobre 2014

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 16 mai 2018

Programme finançant la recherche : projets CNRS EC2CO « TREMOLO » et Grand Observatoire du Pacifique Sud « DROPS » (Resp. C. Dupouy ; 2013-15), et campagnes en mer CNFC « CALIOPE » (Resp. C. Dupouy ; 2014-16).

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : Professeure de physique-chimie (Nouméa, Nouvelle Calédonie).

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 30%

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : **Cầm Tú VU**

Corps : Researcher and Lecturer

Adresse mail : vu-cam.tu@usth.edu.vn

Laboratoire : Université des Sciences et Technologies de Hanoï (USTH) – Département Eau, Environnement et Océanographie (EEO)

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Bui, H., **Vu, C.T.**, Phung-Thi, L.A., Nguyen, T.T., Nguyen, P.T., Mai, H., Le, P.T., Nguyen, T.H., Duong, D.T., Thi, H.N., Le-Van, D., Chu, D.B., 2021. Determination of Pharmaceutical Residues by UPLC-MS/MS. Method: Validation and Application on Surface Water and Hospital Wastewater. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2021, 6628285, DOI: 10.1155/2021/6628285.

Vu-Duc, N., Nguyen-Quang, T., Le-Minh, T., Nguyen-Thi, X., Tran, T.M., Vu, H.A., Nguyen, L.A., Tien, D.D., Bui, H., **Vu, C.T.**, Le-Van, D., Phung-Thi, L.A., Vu-Thi, H.A., Chu, D.B., 2019. Multiresidue Pesticides Analysis of Vegetables in Vietnam by Ultrahigh-Performance Liquid Chromatography in Combination with High-Resolution Mass Spectrometry (UPLC-Orbitrap MS). *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2019, 3489634, DOI: 10.1155/2019/3489634.