

Proposition de sujet de thèse 2020

(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 *: Impacts des variabilités environnementales sur la biodiversité fonctionnelle du plancton mixotrophe et conséquences sur les flux de carbone en zone côtière de Méditerranée nord-occidentale. Approche par modélisation couplée physique – biogéochimie (RESM¹).

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail *:

DIAZ Frédéric (HDR), frederic.diaz@mio.osupytheas.fr

PINAZO Christel (HDR), christel.pinazo@mio.osupytheas.fr

Laboratoire *: M.I.O., Institut Méditerranéen d'Océanologie

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*	
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	Frédéric DIAZ (HDR), Christel PINAZO (HDR)
Laboratoire*	M.I.O.
Programme finançant la recherche	« Évaluer l'Impact de la métropole Aix-Marseille sur l'Acidification de la baie de Marseille et les conséquences sur les microorganismes marins. Approche par Modélisation » (IAMM). Financement (acquis) par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (oct. 2020–oct. 2022).

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé : Impacts des variabilités environnementales sur la biodiversité fonctionnelle du plancton mixotrophe et conséquences sur les flux de carbone en zone côtière de Méditerranée nord-occidentale. Approche par modélisation couplée physique – biogéochimie (RESM¹).

Contexte de la recherche et objectif de la thèse : Les protistes marins sont ubiquistes dans l'océan contemporain et développent des stratégies écologiques très diverses pour survivre et se développer. On sait depuis plusieurs décennies maintenant qu'ils sont, par ailleurs, des contributeurs essentiels aux réseaux trophiques et aux cycles biogéochimiques des éléments biogènes (e.g. Sherr *et al.*, 2007). Cependant, même s'il

¹ RESM : Regional Earth System Model

existe une image de plus en plus précise de leur diversité fonctionnelle, on ne sait pas comment cette diversité, qui structure, en partie, les communautés des protistes, répond aux variabilités environnementales. Cette problématique reste aujourd'hui un verrou important à percer en océanographie biogéochimique, en particulier, dans la perspective d'une meilleure compréhension du fonctionnement des écosystèmes planctoniques face aux changements globaux en cours et à venir.

Bien que de très nombreuses études sur les répartitions, les abondances ou encore les rôles écologiques des protistes marins aient déjà été menées, beaucoup d'inconnues restent à dévoiler en particulier sur les capacités d'adaptation trophique des protistes face aux variations environnementales. Les protistes marins sont le plus usuellement classés soit comme photo-autotrophes (photosynthétiques), soit comme organo-hétérotrophes, (ingérant des proies). Cette dichotomie stricte des régimes trophiques au sein des protistes est aujourd'hui à reconsidérer en raison du grand nombre d'études, depuis presque maintenant trois décennies (*e.g.* Dolan, 1992 ; Thingstad *et al.*, 1996 ; Burkholder *et al.*, 2008), qui montrent qu'un nombre important d'espèces de phytoplancton est capable d'ingérer des proies et qu'une gamme tout aussi importante d'espèces de zooplancton a la capacité de séquestrer des chloroplastes à partir de proies photo-autotrophes, s'assurant ainsi un métabolisme photosynthétique, au moins temporaire. Cette plasticité trophique, appelée dans le cas présent, *mixotrophie*, semble donc d'après les dernières études être très répandue parmi les protistes marins (Mitra *et al.*, 2016 ; Anderson *et al.*, 2017 ; Fischer *et al.*, 2017) et dans divers milieux océaniques. Le plancton mixotrophe, compte tenu de sa capacité à exercer une prédation intra-gilde et de sa stratégie métabolique généraliste, aurait un rôle central dans le transfert de matière et d'énergie vers les plus hauts niveaux trophiques (Ptacnick *et al.*, 2004), dans l'exportation du carbone vers les profondeurs (Ward & Follows, 2016) et dans la stabilisation de la dynamique des communautés planctoniques (Jost *et al.*, 2004). Il existe peu d'études, en revanche, sur les effets de la variabilité des paramètres environnementaux (température, salinité, pH, lumière, sels nutritifs) liés aux forçages naturels (*e.g.* régimes de vent, hydrodynamique) et anthropiques (CO₂, apports continentaux en sels nutritifs) dans la structuration spatiale et temporelle des mixotrophes planctoniques.

L'objectif général de cette thèse est d'améliorer la compréhension des conditions environnementales d'émergence des planctons mixotrophes grâce à l'outil de modélisation couplée physique-biogéochimie et d'analyser les éventuelles modifications des flux et bilans de carbone (production communautaire nette, formes et quantité de la matière exportée, flux air-mer de CO₂, etc...) lorsque ces organismes sont présents au sein des communautés planctoniques. L'outil de modélisation est très approprié dans ce genre d'études car il permet la déconvolution des effets d'un processus ou des variations d'un paramètre environnemental donné sur l'écosystème planctonique modélisé et les flux associés. La zone d'étude retenue dans ce travail de thèse est une zone océanique incluant la baie de Marseille et alentours car elle présente plusieurs intérêts notables, (i) abondance de données liée à la présence d'observatoires pérennes (*e.g.* SOMLIT, observatoire SSL@MM) et donc une évaluation facilitée des résultats du modèle, (ii) connaissances précises de la variabilité des forçages naturels et anthropiques et de leurs conséquences sur la biogéochimie marine de la zone d'étude (*e.g.* Fraysse *et al.*, 2013, 2014 ; Ross *et al.*, 2016 ; Lajaunie-Salla *et al.*, 2020), (iii) existence de gradients et variations des paramètres environnementaux sur de petites échelles de temps et d'espace (*e.g.* Wimart-Rousseau *et al.*, 2020) font de cette zone un laboratoire idéal pour tester les conditions d'émergence et d'activité du plancton mixotrophe.

Étapes du travail de thèse : L'étudiant(e) devra, en premier lieu, coder dans un modèle biogéochimique d'écosystème planctonique préexistant (modèle Eco3M-CarbOx, Lajaunie-Salla *et al.*, 2020), le trait fonctionnel de la mixotrophie. Ce code biogéochimique a été développé sur la plate-forme Eco3M (Baklouti *et al.*, 2006) et permet, en outre, de représenter l'ensemble du système des carbonates marins et des flux de CO₂ associés. Pour couvrir la majorité des stratégies trophiques du plancton mixotrophe, un compartiment de mixotrophes dits « constitutifs » et un autre de mixotrophes dits « non constitutifs » (Stickney *et al.*, 2000 ; Ghyoot *et al.*, 2017) seront ajoutés. Les premiers sont prioritairement des nano-flagellés photo-autotrophes mais ils peuvent ingérer des proies par phagotrophie notamment quand les sels nutritifs deviennent limitants pour leur croissance (Stoecker, 1998), ceci a été démontré pour le phosphore en Méditerranée (Christaki *et al.*, 1999). Les seconds sont, quant à eux, prioritairement des ciliés phago-hétérotrophes mais ils peuvent compléter leur nutrition en carbone en incorporant, temporairement dans leur cellule, des chloroplastes issus de l'ingestion de phytoplancton et donc devenir des organismes capables de photosynthèse (Stoecker, 1998). Toute une batterie de tests sur des situations académiques et avec des forçages simplifiés devra être menée en configuration « 0D » à la suite de l'implémentation des nouveaux traits fonctionnels et pourra donner lieu à une première publication.

En second lieu, ce nouveau code biogéochimique sera implémenté dans le « Regional Earth System Model » (RESM) qui existe pour la zone d'étude et qui est utilisé dans le cadre du programme IAMM finançant la recherche autour de ce travail doctoral. Ce RESM sera constitué du modèle hydrodynamique MARS3D (Lazure et Dumas, 2008) dans sa configuration RHOMA à haute résolution spatiale, 400m (*e.g.* Fraysse *et al.*, 2013) couplé au modèle biogéochimique Eco3M-CarbOx (Lajaunie-Salla *et al.*, 2020) augmenté de la fonction mixotrophique. Cet outil permettra une prise en compte fine de l'effet des dynamiques atmosphériques et des apports continentaux sur le système océanique au sens large sur différentes échelles de temps et d'espace.

Enfin, le doctorant devra entreprendre une analyse des simulations en vue d'établir les conditions d'émergence et d'activité du plancton mixotrophe dans la zone d'étude et de mettre en évidence (i) d'éventuelles modifications dans les successions saisonnières des communautés planctoniques, notamment lors de l'efflorescence printanière, (ii) leur structuration spatiale et temporelle en lien avec des processus hydrodynamiques de (sub)méso-échelle (eddy) présents dans la zone d'étude (Schaeffer *et al.*, 2011) et (iii) leur impact sur la productivité primaire et les bilans de carbone (*e.g.* production communautaire nette, formes et quantité de la matière exportée, flux air-mer de CO₂). Dans le projet de recherche IAMM, sont prévues des simulations prospectives jusqu'à 30 ans ce qui pourrait permettre au doctorant bénéficiant de cette base de simulation, de dégager des tendances à moyen terme sur l'évolution de la structure des communautés, et parmi elles, celles du plancton mixotrophe et de son influence sur les flux et bilans de carbone dans la zone d'étude.

Collaborations : Les collaborations attendues se feront en particulier pour supporter la validation du modèle autour des organismes planctoniques (énumération, biomasse, flux trophiques) avec plusieurs chercheurs de l'équipe CYBELE (F. Van Wambeke, M. Thyssen, G. Grégori). Les sites SOLEMIO et le SSL@MM permettront des échantillonnages ponctuels de plancton dans la baie de Marseille. A partir de ces sites d'échantillonnage, des mesures d'abondances de flagellés mixotrophes pourront être réalisées, en mettant en œuvre la technique FLB (Fluorescent Labelled Bacteria, Christaki *et al.*, 1999) pour énumérer les nano-flagellés photo-autotrophes en capacité de bactériovorie dans des situations saisonnières contrastées. *Le doctorant ne participera pas directement à ces expérimentations* mais il bénéficiera des résultats pour la validation du modèle, ces expériences seront menées *via* l'encadrement d'un stagiaire de Master 2 ou en DUT (*e.g.* IntechMer) au cours de l'année 2021. D'autres techniques existent pour énumérer et évaluer la biomasse des ciliés mixotrophes non constitutifs (*e.g.* Karayanni *et al.*, 2004) en croisant ces techniques avec une observation en microscopie. La station SOLEMIO du réseau SOMLIT permet un échantillonnage temporel régulier des populations microphytoplanctoniques, et du picoplancton par cytométrie (données en accès libre), et grâce au nouveau cytomètre CYTOFLEX (plate-forme PRECYM), une énumération des nano-flagellés hétérotrophes est désormais possible. Des accords de collaboration sont établis avec des collègues spécialistes en mixotrophie ayant déjà acquis des données en Méditerranée (U Christaki : LOG, Université du Littoral Côte d'Opale, S Psarra : Hellenic Center for Marine Research, Crète, et J Dolan, Laboratoire d'Océanologie de Villefranche).

Mots clefs : Méditerranée nord occidentale, biodiversité fonctionnelle, mixotrophie, plancton, RESM, flux de carbone.

Moyens mis à disposition : Cluster de calcul de l'OSU Institut Pythéas. Aide technique de l'ingénieur d'étude en modélisation Camille Mazoyer. Cytomètres et aide technique (A. Barani) de la plateforme de cytométrie PRECYM.

Détail du Programme finançant la recherche : Le projet IAMM (« Évaluer l'Impact de la métropole Aix-Marseille sur l'Acidification de la baie de Marseille et les conséquences sur les microorganismes marins. Approche par Modélisation ») est financé à hauteur de 281000 € (en coût consolidé) par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée pour une durée de 2 années à partir d'octobre 2020. Ce programme finance, entre autres coûts (missions, frais de publication, consommables), un contrat postdoctoral de deux ans dont le contour de recherche sera d'étudier les effets de l'acidification sur les communautés planctoniques à long terme en baie de Marseille par une approche de modélisation avec un modèle RSEM identique à celui utilisé dans le présent travail de thèse. Une étroite collaboration entre le doctorant et le chercheur post-doctorant sera donc nécessaire à la réussite du projet de recherche IAMM.

Profil du candidat(e)

Motivé(e) par les problématiques de recherche à l'interface entre processus physiques et biogéochimiques et l'interdisciplinarité. Goût pour la modélisation numérique. Autonomie. Maîtrise de l'environnement linux et d'un langage de programmation (e.g. Matlab®, R, Python, Fortran 90/95). Aptitude au travail en équipe.

Bibliographie

- Anderson, R., Jürgens, K., Hansen, P.J., (2017). Mixotrophic phytoflagellate bacterivory field measurements strongly biased by standard approaches: a case study. *Frontiers in Microbiology* 8, 1–12.
- Baklouti, M., Faure, V., Pawlowski, L., Sciandra, A., (2006). Investigation and sensitivity analysis of a mechanistic phytoplankton model implemented in a new modular numerical tool (Eco3M) dedicated to biogeochemical modelling. *Progress in Oceanography* 71, 34–58.
- Burkholder, J.A.M., Glibert, P.M., Skelton, H.M., (2008). Mixotrophy, a major mode of nutrition for harmful algal species in eutrophic waters. *Harmful Algae* 8, 77–93.
- Christaki, U., Van Wambeke, F., Dolan, J.R., (1999). Nanoflagellates (Mixotrophs, Heterotrophs, Autotrophs) in the oligotrophic eastern Mediterranean: standing stocks, bacterivory and relationships with Bacterial Production. *Marine Ecology Progress Series* 181, 297–307.
- Dolan, J., (1992). Mixotrophy in ciliates: a review of *Chlorella* symbiosis and chloroplast retention. *Marine Microbial Food Webs* 6, 115–132.
- Dolan, J.R., Pérez, M.T., (2000). Costs, benefits and characteristics of mixotrophy in marine oligotrichs. *Freshwater Biology* 45, 227–238.
- Fischer, R., Giebel, H.A., Hillebrand, H., Ptacnik, R., (2017). Importance of mixotrophic bacterivory can be predicted by light and loss rates. *Oikos* 126, 713–722.
- Fraysse, M., Pinazo, C., Faure, V., Fuchs, R., Lazzari, P., Raimbault, P., Pairaud, I.L., (2013). 3D coupled physical-biogeochemical model development around Marseille's coastal area (NW Mediterranean Sea): What complexity is required in coastal zone? *Plos One*, 8(12), e80012. doi: 10.1371/journal.pone.0080012
- Fraysse, M., Pairaud I., Ross O., Faure V., Pinazo C., (2014). Intrusion of Rhone River diluted water into the Bay of Marseille: Generation processes and impacts on ecosystem functioning. *Journal of Geophysical Research Oceans* 119, doi:10.1002/2014JC010022
- Ghyoot, C., Flynn, K.J., Mitra, A., Lancelot, C., Gypens, N., (2017). Modeling Plankton Mixotrophy: A Mechanistic Model Consistent with the Shuter-Type Biochemical Approach. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5, 1–16. doi: 10.3389/fevo.2017.00078
- Jost, C., Lawrence, C.A., Campolongo, F., van de Bund, W., Hill, S., DeAngelis, D.L., (2004). The effects of mixotrophy on the stability and dynamics of a simple planktonic food web model. *Theoretical Population Biology* 66, 37–51.
- Karayanni, H., Christaki, U., Van Wambeke, F., Dalby, A.P., (2004). Evaluation of double formalin-Lugol's fixation in assessing number and biomass of ciliates: an example of estimations at mesoscale in NE Atlantic. *Journal of Microbiological Methods* 56, 349–358.
- Keeling, P.J., Campo, J.D., (2017). Marine protists are not just big bacteria. *Current Biology* 27, R541–R549. doi: 10.1016/j.cub.2017.03.075
- Lajaunie-Salla, K., Diaz, F., Wimart-Rousseau, C., Wagener, T., Lefèvre, D., Yohia, C., Remy-Xueref, I., Nathan, B., Armengaud A., Pinazo C., (2020). Implementation and assessment of a carbonate system model (Eco3M-CarbOx) in a highly-dynamic Mediterranean coastal site (Bay of Marseille, France). *Geoscientific Model Development Discussions*.
- Lazure, P., Dumas F., (2008). An external–internal mode coupling for a 3D hydrodynamical model for applications at regional scale (MARS). *Advances in Water Resources* 31, 233–250.
- Mitra, A., Flynn, K.J., Tillmann, U., Raven, J.A., Caron, D., Stoecker, D.K., Not, F., Hansen, P.J., Hallegraeff, G., Sanders, R., Wilken, S., McManus, G., Johnson, M., Pitta, P., Våge, S., Berge, T., Calbet, A., Thingstad, F., Jin Jeong, H., Burkholder, J.-A., Glibert, P.M., Granéli, E., Lundgren, V., (2016). Defining planktonic protist functional groups on mechanisms for energy and nutrient acquisition: Incorporation of diverse mixotrophic strategies. *Protist* 167, 106–120. doi : 10.1016/j.protis.2016.01.003
- Ross, O., Fraysse, M., Pinazo, C., Pairaud, I., (2016). Impact of an intrusion by the North-ern Current on the biogeochemistry in the eastern Gulf of Lions, NW Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 170, 1–9. doi: 10.1016/j.ecss.2015.12.022
- Schaeffer, A., Molcard, A., Forget, P., Fraunié, P., Garreau, P., (2011). Generation mechanisms for mesoscale eddies in the Gulf of Lions: Radar observation and modeling. *Ocean Dynamics* 61(10), 1587–1609. doi : 10.1007/s10236-011-0482-8
- Sherr, B.F., Sherr, E.B., Caron, D.A., Vaultot, D., Worden, A.Z., (2007). Oceanic protists. *Oceanography* 20, 130–134. doi:10.5670/oceanog.2007.57
- Stickney, H.L., Hood, R.R., Stoecker, D.K., 2000. The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecological Modelling* 125, 203–230. doi:10.1016/S0304-3800(99)00181-7
- Stoecker, D.K., 1998. Conceptual models of mixotrophy in planktonic protists and some ecological and evolutionary implications. *European Journal of Protistology* 34, 281–290. doi:10.1016/S0932-4739(98)80055-2

- Thingstad, F., Havskumm, H., Garde, K. Riemann, B., (1996). On the strategy of “eating your competitor”: a mathematical analysis of algal mixotrophy. *Ecology* 77, 2108–2118.
- Ward, B.A., Follows M. J., (2016). Marine mixotrophy increases trophic transfer efficiency, mean organism size, and vertical carbon flux. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113, 2958–2963.
- Wimart-Rousseau, Lajaunie-Salla, K., Marrec, P., Wagener, T., Raimbault, P., Lagadec, V., Lafont, M., Garcia, N., Diaz, F., Pinazo, C., Yohia, C., Garcia, F. Xueref-Remy, I., Blanc, P.-E., Armengaud, A., Lefèvre, D., In press. Temporal variability of the carbonate system and air-sea CO₂ exchanges in a Mediterranean human-impacted coastal site. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 236, 106641. doi: 10.1016/j.ecss.2020.106641

Directeurs de thèse proposés

Directeur HDR proposé

Corps : MCF-HDR

Laboratoire : MIO – Equipe de recherche CYBELE

Adresse mail : frederic.diaz@mio.osupytheas.fr

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

- Diaz F., Bănaru D., Verley P., Shin Y.-J., (2019). Implementation of an end-to-end model of the Gulf of Lions ecosystem (NW Mediterranean Sea). II. Investigating the effects of high trophic levels on nutrients and plankton dynamics and associated feedbacks. *Ecological Modelling* 405, 51-68. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2019.05.004
- Bănaru, D., Diaz, F., Verley, P., Campbell, R., Navarro, J., Yohia, C., Oliveros-Ramos, R., Mellon-Duval, C., Shin, Y.-J., (2019). Implementation of an end-to-end model of the Gulf of Lions ecosystem (NW Mediterranean Sea). I. Parameterization, calibration and evaluation. *Ecological Modelling* 401, 1-19. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2019.03.005.
- Leblanc K., Queguiner B., Diaz F., Cornet-Barthaux V., Michel-Rodriguez M., Durrieu de Madron X., Bowler C., Malviya S., Thyssen M., Gregori G., Rembauville M., Grosso O., Poulain J., de Vargas C., Pujo-Pay M., Conan P., (2018). Nanoplanktonic diatoms are globally overlooked but play a role in spring blooms and carbon export. *Nature Communications* 9, 953. doi: 10.1038/s41467-018-03376-9
- Ulses, C., Auger P.-A., Soetaert K., Marsaleix P., Diaz F., Coppola L., Herrmann M.J., Kessouri F., Estournel C., (2016). Budget of organic carbon in the North-Western Mediterranean open sea over the period 2004–2008 using 3-D coupled physical-biogeochemical modeling. *Journal of Geophysical Research Oceans* 121, 7026–7055. doi: 10.1002/2016JC011818
- Guyennon A., Baklouti M., Diaz F., Palmieri J., Beuvier J., Lebaupin-Brossier C., Arsouze T., Béranger K., Dutay J.-C., Moutin T., (2015). New insights into the organic carbon export in the Mediterranean Sea from 3-D modeling. *Biogeosciences* 12, 7025-7046. doi: 10.5194/bg-12-7025-2015

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

Aucune.

Autre directeur proposé

Nom - Prénom : PINAZO Christel

Corps : MCF-HDR

Adresse mail : christel.pinazo@mio.osupytheas.fr

Laboratoire : MIO – Equipe de recherche OPLC

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

- Frayse, M., Pinazo, C., Faure, V., Fuchs, R., Lazzari, P., Raimbault, P., Pairaud, I.L., (2013). 3D coupled physical-biogeochemical model development around Marseille’s coastal area (NW Mediterranean Sea): What complexity is required in coastal zone? *Plos One* 8 (12), e80012. doi: 10.1371/journal.pone.0080012
- Frayse M., Pairaud, I.L., Ross, O.N., Faure, V., Pinazo, C., (2014). Intrusion of Rhone River diluted water into the Bay of Marseille: generation processes and impacts on ecosystem functioning. *Journal of Geophysical Research Oceans* 119(10), 6535–6556. doi: 10.1002/2014JC010022
- Ross O.N., Frayse, M., Pinazo, C., Pairaud, I., (2016). Impact of an intrusion by the Northern Current on the biogeochemistry in the eastern Gulf of Lion, NW Mediterranean. *Estuarine and Continental Shelf Research* 170, 1-9. doi: 10.1016/j.ecss.2015.12.022

- Millet, B., Pinazo, C., Banaru, D., Pagès, R., Guiart, P., Pairaud, I., (2018). Unexpected spatial impact of treatment plant discharges induced by episodic hydrodynamic events: modelling Lagrangian transport of fine particles by Northern Current intrusions in the bays of Marseille (France). *Plos One* 13(4), e0195257. doi: 10.1371/journal.pone.0195257
- Drouzy M., Douillet, P., Fernandez, J-M., Pinazo, C.,. (2019). Hydrodynamic time parameters response to meteorological and physical forcings: Toward a stagnation risk assessment device in coastal areas. *Ocean Dynamics* 69(8), 967–987. doi:10.1007/s10236-019-01283-1

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

Nom : DROUZY Marion
Intitulé : Etude de l'impact terrigène naturel et anthropique sur un système lagonaire tropical grâce à une approche de Modélisation 3D hydro-sédimentaire liée à un réseau de mesures
Type d'allocation : CIFRE
Date de début de l'allocation de doctorat : 10/2015
Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 12/12/2019
Programme finançant la recherche : LEFE-GMMC ILIAC, GORO-Nickel, DYNAMINE
Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : CDI dans l'entreprise A.E.L. qui a financé la CIFRE
Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : ...50...%

Nom : SECEH Claire
Intitulé : Modélisation 3D physique-biogéochimique des atolls perlicoles de Polynésie Française
Type d'allocation : ANR Blanc
Date de début de l'allocation de doctorat : 10/2018
Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :
Programme finançant la recherche : ANR MANA
Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) :
Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : ...50...%