

Proposition de sujet de thèse 2024

(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 * : Etude du cycle de vie des microplastiques dans l'océan par des approches in situ et ex situ : le littoral marseillais comme site pilote

Encadrant(s) * : Vidal Laurence (vidal@cerege.fr), Jérôme Labille (labille@cerege.fr)

Laboratoire * : CEREGE

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)*	Laurence Vidal (HDR), Jérôme Labille (HDR)
Laboratoire*	CEREGE
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	Projet PLASMA -Inst. Carnot Eau & Environnement, LV PI ANR NanoGate (JL, PI CEREGE) Projet Inst. Carnot Eau & Environnement (prévu 2024)

FINANCEMENTS du doctorat : Institut OCEAN / Région SUD

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé* : Etude du cycle de vie des microplastiques dans l'océan par des approches in situ et ex situ : le littoral marseillais comme site pilote

Descriptif *:

Les microplastiques (MP) sont présents dans tous les réservoirs océaniques. Depuis la dernière décennie, les études se sont concentrées sur la compréhension des apports et de la distribution des MP dans l'océan de surface. Le cycle de vie des MP dans l'océan et les processus qui régissent leur transport vertical et leur accumulation à long terme dans les sédiments ne sont que partiellement compris. Pour résoudre les questions sous-tendues par le "missing plastic paradox" (les stocks de MP dans l'océan ne représentent qu'une partie des flux entrants), il est nécessaire d'obtenir une estimation précise des flux et des stocks de plastique dans les sédiments. Le transport vertical des MP dans la colonne d'eau dépend fortement des propriétés physicochimiques telles que la densité, la taille et la forme des polymères. Les facteurs biologiques marins (par exemple la formation de biofilms, l'agrégation) peuvent également exercer une influence majeure sur le flux vertical des MP, mais restent peu documentés. Les zones côtières représentent un intérêt majeur car elles concentrent la plupart des plastiques et agissent comme un piège pour de nombreux polluants. Dans ce contexte,

nous proposons un projet doctoral interdisciplinaire avec 2 axes principaux : 1/ l'estimation des flux et des stocks de plastique dans les sédiments et 2/ l'étude des processus d'agrégation entre MP et phytoplancton (basée sur des expériences *in situ* et *ex situ*). **Pour atteindre ces objectifs, nous collecterons des échantillons d'eau et de sédiments et utiliserons des pièges à sédiments déployés dans la Baie de Marseille, la plus grande agglomération côtière de France, et dans la zone adjacente du Parc National des Calanques.** Cette approche fournira des données pour une estimation quantitative et une caractérisation des flux verticaux de MP et pour l'étude des interactions entre les MP et les facteurs biologiques. **En parallèle, des expériences contrôlées en laboratoire seront réalisées pour étudier les processus d'agrégation entre MP et phytoplancton (conditions environnementales et cinétique).** La caractérisation des MP et des microalgues collectées *in situ* fournira les conditions nécessaires à l'étude des processus d'agrégation et des vitesses de chute en laboratoire. Le stock et le devenir des particules enfouies dans les sédiments seront également étudiés par carottage des sédiments. Ces résultats permettront de quantifier les flux de MP aux sédiments, de comprendre les processus à l'origine de leur transport vertical et enfin de permettre un suivi quantitatif de la pollution historique.

L'enjeu actuel est de déterminer le cycle de vie des plastiques dans l'océan en estimant les flux verticaux, et de comprendre comment les interactions entre les MP et les micro-organismes marins influencent leur transport dans la colonne d'eau jusqu'à leur enfouissement dans le sédiment. **En utilisant une approche originale basée sur la collecte d'échantillons d'eau et de sédiments et sur des pièges à particules déployés dans la Baie de Marseille et le parc National des Calanques, le projet doctoral permettra (1) de quantifier les flux verticaux de MP, (2) de documenter le rôle des facteurs biologiques et du type de polymère dans le transfert des particules et (3) d'estimer l'accumulation historique de plastique dans le réservoir sédimentaire.**

Trois sites ont été identifiés : 1/ le site SNO COAST-HF, (environ 60 mètres de profondeur) situé dans le sud de la Baie de Marseille, reçoit des influences "littoral-anthropiques", tout en étant baigné par les eaux du large (e.g. Courant Nord) ; 2/ le site RECIFS-PRADO situé au-dessus des récifs artificiels installés dans les années 2000 (projet RECIFS-PRADO). Ces récifs offrent un point d'ancrage peu profond (environ 30 m de profondeur) pour fixer un piège au fond de la mer. L'intérêt du site réside dans sa proximité avec la côte et la présence d'herbiers de posidonies. **Un troisième site est prévu dans le Parc National des Calanques;** le choix exact du site et les moyens de prélèvement qui seront mis en jeu par la collecte des échantillons en surface, dans la colonne d'eau, l'ancrage du piège et le carottage sédimentaire repose sur le travail de collaboration qui sera engagé avec le Parc national des Calanques dans le cadre de la thèse.

Les échantillons collectés seront utilisés pour réaliser des études sur les MP et l'analyse de la biomasse sur les mêmes échantillons avec un suivi temporel. Des carottes de sédiments seront prélevées à proximité des sites instrumentés afin d'étudier l'évolution historique de la contamination.

De plus, la Baie de Marseille fournit déjà des données sur la pollution par les MP dans les eaux de surface (e.g. Collignon et al., 2012 ; Schmidt et al., 2021 ; Gérigny et al., 2022, Alcaïno et al., soumis) et concentre une grande partie de la pollution plastique, comme l'indiquent des travaux récents sur les zones côtières (Onink et al., 2021 ; Harris, 2020). Les prélèvements prévus dans le périmètre du Parc National des Calanques constitueront un point de référence par rapport à ceux prélevés dans la Baie de Marseille.

Le travail doctoral se concentrera sur 2 objectifs principaux :

Partie 1 : analyse MP et Biomasse *in situ* - Transfert vertical

Les échantillons collectés dans les pièges à sédiments seront analysés selon un protocole qui reste à définir plus précisément car la quantité de matériel disponible est difficilement prévisible. Les analyses devront suivre des étapes permettant d'éviter la destruction de la biomasse présente dans l'échantillon (biofilm sur MP et biomasse planctonique), de traiter le biofilm et le zooplancton pour ensuite étudier la MP.

En priorité, l'étudiant(e) réalisera l'analyse physico-chimique du MP. Il/elle réalisera un protocole d'extraction déjà appliqué avec succès à des échantillons de la Baie de Marseille pour des MP allant de 250µm à 5mm (thèse en cours de A. Alcaïno, CEREGE) et caractérisera les MP (forme, taille, nature) par observation visuelle (stéréomicroscopie) et FTIR/µFTIR (au CEREGE et/ou en collaboration avec le LCE). De plus, pour chaque échantillon, la biomasse planctonique sera quantifiée et le phyto- et zooplancton seront caractérisés (taille et taxons) (protocoles à discuter avec D. Thibaut, MIO).

Ces résultats seront combinés avec les données mesurées pendant la période d'instrumentation (T, S, Fluorescence, turbidité) sur le site 1 (SNO COAST-HF) et le site 2 (récifs artificiels). Les données actuellement disponibles dans la Baie de Marseille : paramètres environnementaux et biologiques de SOMLIT (Garcia et al., 2023) ; concentrations en MP dans les eaux de surface et dans la colonne d'eau (thèse de A. Alcaïno, en cours, projet PLASMA), suivi de la biomasse du zooplancton dans la baie de Marseille (D. Thibault) et modélisation hydrodynamique à haute résolution

(Fraisse et al., 2013) seront intégrées dans le jeu de données. En parallèle, d'autres analyses (biofilms par exemple) pourront être réalisés dans le cadre de collaboration avec les laboratoires M.I.O. et MAPIEM.

La partie 1 comprendra également l'analyse sédimentaire et historique de la contamination par les microplastiques. Les carottes sédimentaires prélevées à proximité du site 1 et dans le Parc National des Calanques seront datées (^{210}Pb) (réalisé par le CEREGE) et un échantillonnage à haute résolution permettra de documenter la contamination séculaire par les MP. Il sera crucial de suivre un protocole "propre" pour l'échantillonnage de la carotte afin d'éviter toute contamination.

Partie 2 : approche ex situ / expériences contrôlées en laboratoire -> cinétique des processus d'agrégation

L'approche en laboratoire permettra d'étudier les processus d'agrégation et de sédimentation, avec un contrôle des conditions environnementales telles que les types et les concentrations de plastique et d'algues. Le protocole expérimental testera les interactions entre les particules de plastique et les algues phytoplanctoniques. Des techniques optiques (diffraction laser et sédimentomètre) seront utilisées pour mesurer la cinétique d'agrégation et de sédimentation en fonction des paramètres contrôlés (au CEREGE). Différents protocoles seront mis en œuvre avec des plastiques synthétiques (de la majorité des types extraits d'échantillons collectés en mer), mais aussi avec des fragments de microplastiques extraits des échantillons. Des micro-algues phytoplanctoniques seront cultivées et utilisées dans le dispositif expérimental le plus proche possible des conditions in situ (également caractérisées dans les échantillons prélevés en mer).

Cette partie de la thèse bénéficiera de l'interaction avec une tâche du projet ANR Nano-Gate mené au CEREGE, qui se concentrera sur les interactions entre les nano-plastiques et les microalgues à proximité immédiate de la glace de mer.

Détail du Programme finançant la recherche* :

Le projet doctoral fait suite au Projet **PLASMA** « Dynamique temporelle et spatiale des microplastiques dans la Baie de Marseille : approche expérimentale et lien avec la modélisation » (soutenu par la FR-ECCOREV et l'Institut Carnot Eau & Environnement, 2021-2025, L. Vidal PI) et sera mis en œuvre dans le cadre du Projet **PLASTITRAP** (demande de financement prévue 2024/2025 Inst. Carnot Eau & Environnement et/ou autres AAP) et du projet Nano-Gate (Jérôme Labille, PI CEREGE). Le projet bénéficiera du soutien du Parc Nationale des Calanques (PNC) (choix et connaissances des sites, implication dans les actions de sensibilisation sur la pollution microplastique initiés par le PNC). Les 3 ans de doctorat seront financés via un co-financement obtenu par l'Institut des Sciences de l'Océan (A*MIDEX) et la Région Sud (programme EJD, 2024).

Les candidats doivent être titulaires d'un master en géosciences ou en chimie environnementale, ou en océanographie. Une expérience (en mer si possible) ainsi qu'une expérience en laboratoire (capacité à travailler en laboratoire (avec des manipulations répétées) sont prévues. Les étudiants doivent avoir de bonnes capacités de communication et un bon niveau d'anglais (écrit et oral) avec le désir de travailler en équipe mais aussi de manière indépendante. De bonnes connaissances générales en géosciences et en biogéochimie océanique sont les bienvenues.

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 : Vidal Laurence

Corps : Professeure AMU

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

Adresse mail : vidal@cerege.fr

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

Cartier R., L. Vidal, F. Sylvestre, C. Sonzogni, F. Guiter, E. Brisset, C. Miramont, (2022) Paleohydrological history of Lake Allos (2200 m a.s.l) since 13500 cal a BP in the Mediterranean Alps inferred from an ostracod $\delta^{18}\text{O}$ record, J. Quat. Science, [Doi: 10.1002/jqs.3425](https://doi.org/10.1002/jqs.3425)

Moulin A., L. Benedetti, L. Vidal, J. Hage-Hassan, A. Elias, J. Van der woerd, I. Schimmelpfennig, P. Tapponnier (2022) LGM glaciers in the SE Mediterranean? First evidence from glacial landforms and ^{36}Cl dating on Mount Lebanon, Quat. Sc. Reviews, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107502>

Adallal R., H. Id Abdallah, A. Benkaddour, C. Vallet-Coulomb, A. Rhoujjati, C. Sonzogni, L. Vidal (2022), Hydrogeochemical processes of Azigza Lake System (Middle Atlas, Morocco) inferred from monthly monitoring, Aquatic Geochemistry, <https://doi.org/10.1007/s10498-022-09409-6>

Pérez-Asensio J.N., K. Tachikawa, L. Vidal, T. de Garidel-Thoron, C. Sonzogni, A. Guihou, P. Deschamps, S. Jorry, M.T. Chen, (2023) Glacial expansion of carbon-rich deep waters into the southwestern Indian Ocean over the 630 kyr, Global and Planetary Change 230, [10.1016/j.gloplacha.2023.104283](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104283)

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

Nom : ALCAINO Anaëlle

Intitulé : « Dynamique spatio-temporelle des microplastiques dans la baie de Marseille : approches expérimentales et lien avec la modélisation »

Type d'allocation : Bourse Institut Carnot Eau & Environnement

Date de début de l'allocation de doctorat : Février 2022

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : soutenance prévue février 2025

Programme finançant la recherche : Projet PLASMA Institut Carnot Eau & Environnement

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

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction 60 % (co-encadrement avec L. Licari)

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

Nom : IDABDELLAH, Hanane

Intitulé : « Caractérisation géochimique du réseau karstique de la haute Oum R'Bia (Moyen Atlas marocain) »

Type d'allocation : Thèse en co-tutelle (AMU / Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc) Bourse d'excellence marocaine + Projet PHC Toubkal (pour séjour en France)

Date de début de l'allocation de doctorat : 2025

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : Mars 2021

Programme finançant la recherche : Projet PHC Toubkal

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

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction 50 % (co-encadrement avec A. Benkaddour)

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : Jérôme LABILLE

Corps : DR-CNRS

Adresse mail : labille@cerege.fr

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

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

1. Levard C., ... Labille J., Silica-clay nanocomposites for the removal of antibiotics in the water usage cycle. *Environmental Science and Pollution Research* (2020) 28, 6, 7564-7573
2. Labille J., et al., Assessing sunscreen lifecycle to minimise environmental risk posed by nanoparticulate UV-filters - A review for safer-by-design products, *Frontiers in Environmental Science* (2020) 8, 101 doi: 10.3389/fenvs.2020.00101
3. Labille J., Harns C., Bottero J.-Y., Brant J., Heteroaggregation of titanium dioxide nanoparticles with natural clay colloids. *Environ. Sci. Technol* (2015) 49 (11) 6608-6616, IF 5.39
4. Labille J., Fatin-Rouge N., Buffle J. Local and average diffusion of nanosolutes in agarose gel: the effect of gel/solution interface structure. *Langmuir* (2007) vol. 23 (4), p. 2083 – 2090
5. Labille J., Thomas F., Milas M., Vanhaverbaeke C., Flocculation of colloidal clay by bacterial polysaccharides. Effect of macromolecule charge and structure. *Journal of Colloid and Interface Science* (2005) vol. 284, p. 149

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

Nom : Delphine Thallinger

Intitulé : Emission, devenir et effets environnementaux des filtres UV issus de crèmes solaires – Avantages et risques des substances chimiques ou nanoparticulaires

Type d'allocation : CNRS

Date de début de l'allocation de doctorat : 2021

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : prévue fin 2024

Programme finançant la recherche : ANSES PRST Filtre-UV

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

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 100%

Nom : Nour Ben Haj Yahia

Intitulé : Mise en évidence et caractérisation des propriétés antibactériennes des argiles

Type d'allocation : Contrat partenarial Protis Valor

Date de début de l'allocation de doctorat : 2023

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : prévue fin 2025

Programme finançant la recherche : IPSEN Argiles Antibactériennes

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

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 90%

Nom : Riccardo Catalano

Intitulé : Impact environnemental des filtres UV

Type d'allocation : DOC2AMU

Date de début de l'allocation de doctorat : 2017

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : juin 2020

Programme finançant la recherche : DOC2AMU

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : CDI privé Capsudev LAB

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