

UM5MRM12 SEDIMENTS COTIERS : ÉCOLOGIE ET FONCTIONNEMENT		
6 ECTS	<i>Mots clefs</i>	couplage benthopélagique, relation organismes-environnement, rôle fonctionnel des espèces ingénieures, réponses aux perturbations environnementales, marqueurs lipidiques, méiofaune
M2	<i>Responsables</i>	Audrey PRUSKI, Jadwiga ORIGNAC (LECOB, Banyuls)
Banyuls	<i>Intervenants</i>	François LANTOINE, Laurence MÉJANELLE (LECOB, Banyuls)
	<i>Parcours</i>	Biodiversité et conservation des écosystèmes marins ET Fonctionnement des écosystèmes marins et changements globaux

Descriptif

Format de l'UE

Modalités d'enseignement

Les enseignements sont organisés en deux ateliers thématiques équivalents à 30h de travaux pratiques et 13h de travaux dirigés. 17h de cours permettent d'introduire les concepts fondamentaux et de consolider le socle commun de connaissances.

L'ensemble des supports de cours/TD est disponible sur le site Moodle de l'UE.

Modalités d'évaluation

Examen écrit (60/100)

Restitution du travail de groupe (40/100) : présentation orale des résultats des ateliers et de leur interprétation associée à une recherche bibliographique permettant de confronter les résultats obtenus à ceux de la littérature.

Résumé

Plongez au cœur des écosystèmes sédimentaires pour comprendre leur rôle fondamental dans les zones côtières !

Les sédiments marins côtiers forment l'un des habitats les plus vastes des zones littorales et jouent un rôle clé dans le cycle du carbone, la régulation des flux biogéochimiques et le maintien de la biodiversité benthique. Comprendre leur fonctionnement est essentiel pour évaluer leur réponse aux impacts humains et leur rôle dans l'équilibre des écosystèmes côtiers.

Cette unité d'enseignement propose une approche intégrée des processus écologiques et biogéochimiques qui structurent les sédiments marins et influencent les échanges entre le fond marin et la colonne d'eau, plus particulier dans le contexte du système microtidal de la mer Méditerranée. L'accent est mis sur la production et la transformation de la matière organique, la minéralisation, ainsi que sur le rôle clé des organismes benthiques –en particulier la méiofaune/macrofaune– dans le cycle des éléments nutritifs.

Pourquoi choisir cette UE ?



Une approche intégrée et appliquée

Cette unité d'enseignement propose une approche intégrée des processus écologiques et biogéochimiques qui structurent les sédiments marins et influencent les échanges entre le fond marin et la colonne d'eau, plus particulier dans le contexte du système microtidal Méditerranéen. L'accent est mis sur la production et la transformation de la matière organique, la minéralisation, ainsi que sur le rôle clé des organismes benthiques –en particulier la méiofaune– dans le cycle des éléments nutritifs.

L'apprentissage se fait par une approche active, combinant cours théoriques, travaux dirigés, expérimentations et analyses en laboratoire. Deux ateliers pratiques permettent d'explorer le fonctionnement des sédiments à travers des expériences concrètes :

Atelier 1 : Couplage benthopélagique et réponse des sédiments à un bloom phytoplanctonique

- Expérimentation en mésocosmes pour observer l'effet d'un apport de phytoplancton sur les processus microbiens dans les sédiments. L'étude porte sur la consommation d'oxygène, la reminéralisation et la transformation biochimique de la matière organique sous l'action des bactéries.

Atelier 2 : Rôle fonctionnel de la méiofaune et interactions « sédiments-organismes »

- Analyse des relations entre méiofaune et matière organique dans trois habitats côtiers. Les étudiants caractériseront les sources organiques via des biomarqueurs lipidiques et évalueront l'impact fonctionnel de la méiofaune sur les flux biogéochimiques.

À travers ces activités, les étudiants développeront une compréhension approfondie des mécanismes qui régissent la dynamique des fonds meubles côtiers en Méditerranée et acquerront des compétences pratiques en analyse environnementale. Cette UE s'adresse autant aux étudiants souhaitant poursuivre une carrière en recherche qu'à ceux intéressés par la gestion et la conservation des milieux littoraux

À qui s'adresse ce module ?

Que vous envisagiez une carrière en recherche, en gestion des écosystèmes côtiers ou en conservation marine, ce module vous apportera des compétences essentielles et une expertise directement applicable.

Objectifs d'apprentissage

Au terme de l'UE, l'étudiant-e sera capable de :

1. Expliquer les processus de production, transformation et minéralisation de la matière organique dans les environnements côtiers, en identifiant les sources, les voies de synthèse et les processus de dégradation sous conditions oxiques et anoxiques.
2. Analyser les dynamiques du couplage benthopélagique en interprétant les variations spatio-temporelles de la biomasse phytoplanctonique et leurs implications sur les processus biogéochimiques et écosystémiques.
3. Décrire le rôle fonctionnel des organismes benthiques, en particulier les ingénieurs d'écosystèmes (suspensivores, bioturbateurs), et leur influence sur la biogéochimie des sédiments et le devenir de la matière organique.
4. Examiner la diversité et les rôles écologiques de la méiofaune, en mettant en relation leur structure trophique et leur contribution aux flux de matière et d'énergie dans les sédiments côtiers.
5. Appliquer des méthodologies analytiques pour l'étude des interactions entre la matière organique et la faune benthique, en utilisant des approches telles que l'analyse des biomarqueurs lipidiques par GC/MS, la spectrofluorimétrie des pigments, et les mesures de flux biogéochimiques.
6. Maîtriser un ensemble de compétences pratiques et d'outils transférables lui permettant de mener à bien une étude en milieu côtier en incluant les différentes étapes de la démarche scientifique du prélèvement des échantillons, à l'expérimentation, les mesures en laboratoire et l'interprétation critique des résultats.

Prérequis

Aucun prérequis particulier, mais un niveau de licence scientifique en Chimie et/ou Sciences de la Vie et/ou de la Terre et/ou de l'Environnement est nécessaire.

Bibliographie

- Ecology of Coastal Marine Sediments: Form, Function, and Change in the Anthropocene. 2021. S. Thrush, J. Hewitt, C. Pilditch, and A. Norkko
- Strong, J.A., Andonegi, E., Bizsel, K.C., Danovaro, R., Elliott, M., Franco, A., Garcés, E., Little, S., Mazik, K., Moncheva, S., Papadopoulou, N., Patricio, J., Queirós, A.M., Smith, C., Stefanova, K., Solaun, O., 2015. Marine biodiversity and ecosystem function relationships: The potential for practical monitoring applications. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 161, 46 - 64.

Fonctionnement

Les enseignements sont dispensés en anglais.

L'unité d'enseignement est organisée autour de trois thématiques et de deux ateliers en laboratoire (Lab. 1 et 2).

Introduction (A. Pruski) 1h30

1. Course organisation, targeted learning objectives, and assessment methods
2. Definition of coastal zones and related terminology
3. Marine sediment productivity
4. Presentation of Mediterranean coastal ecosystems: their specificities, biodiversity, threats, and specific outcomes for emblematic habitats in the Gulf of Lion

TOPIC 1 : Processes of production and transformation of organic matter in coastal ecosystems (A. Pruski/ L. Méjanelle) - 5H Lec. + 5H Prac.

I- Origins of organic matter in marine sediments (1h30 lecture + 1 h tutorial):

1. Pathways of synthesis and transfer of organic matter + Quiz
2. Sources and characteristics of organic matter in the benthic environment with an emphasis on the methods + Quiz

Group activity: students apply their learnings on trophic fatty acid markers to identify the diet of different animals

II- Fate of organic matter in coastal ecosystems (1h30):

1. Fates of organic matter in marine sediments: Sedimentation, redox conditions, processes of oxic and anoxic degradation, early diagenesis, notions of apparent redox continuity and mixed layer, methods for the estimation of organic matter degradation
2. Organic matter preservation vs remineralisation: Influence of accumulation rates, mechanisms of selective preservation, redox oscillations and priming effect

III- Mineralization in coastal zones (2h inverted class + 4h tutorial)

3. Mineralization in the coastal zone
4. Suite of redox-reactions
5. Oxic respiration and nitrification
6. Denitrification
7. Other nitrate reduction processes
8. Metal oxide reductions
9. Sulfate reduction

In class, students apply and test their knowledge by participating in group activities to reconstruct the sequence of reactions involving electron acceptors.

Tutorial (group work): students apply these learnings to analyse a scientific publication understanding the method developed, characterising a given mineralization process, and explaining it to the others.

TOPIC 2 : Benthic-pelagic coupling (F. Lantoin, A. Pruski) - 4H30 Lec.

I- Illustration of Spatial-Temporal Variations in Phytoplankton Biomass (1h30):

1. Spatial Variations: Biomass gradient (coast-offshore gradient), Qualitative aspects: size classes/composition of phytoplankton and their consequences on coupling
2. Temporal Variations: Nycthemeral to seasonal variations, Long-term time series in the gulf of Lions

II- Importance, Techniques, and Methods of Pigment Analysis (1h):

1. Importance of pigment analysis as a tool for quantifying and characterizing phytoplankton biomass
2. Overview of pigment quantification methods
3. Implications for sediment biogeochemistry and benthic-pelagic coupling

III- Coastal pelagic-benthic coupling from the perspectives of benthic ecology (2h):

1. What is benthic-pelagic coupling?
2. Benthic-pelagic coupling in ecosystem-based management
3. Responses of the deep-sea floor to pulses of organic matter
4. Impairment of microbial processes and diffusive fluxes by human activities and consequences on benthic-pelagic coupling
5. From Theory to Practice: Investigating Benthic-Pelagic Coupling in Banyuls Bay

TOPIC 3 : Functional role of marine organisms (A. Pruski / J. Orignac) - 6h lec.

I- Benthic organisms as ecosystem engineers of marine sediments (3h):

1. Trophic ecology of benthic ecosystems: Marine sediments as hot spots of biodiversity, Trophic guilds, The trophic mutual exclusion hypothesis, Optimal foraging, Suspension & deposit feeders are ecosystem engineers
2. The paramount role of Benthic suspension feeders in coastal ecosystems: Impact on organic matter cycling: seston depletion effect and top-down control, Biogeochemical significance of biodeposits (organic matter remineralisation and nutrient recycling), Influence on element cycling, Suspension feeders as biofilters Impacts on pelagic and benthic food webs.
3. Deposit feeders as "bioturbating" elements: Bioturbation the last idea of Darwin, Functional groups, impacts on the physical environment, Modifications of sediment characteristics, Impacts on soft bottom communities, Impacts of benthic organisms on the fate of sedimentary OM, Soft bottom stabilisers
4. Conclusions: a conceptual view of the impacts of benthic organisms on the fate of sedimentary organic matter

II- Exploring the diversity and ecological roles of meiofauna in soft sediments (3h):

1. Introduction: understanding meiofauna and its habitat. Definition of meiofauna, Overview of their habitat and distribution in marine habitats
2. Exploring meiofaunal diversity. Major taxonomic groups of meiofauna, Adaptations of meiofauna to their benthic environments, Spatial and temporal distribution patterns of meiofauna
3. In-depth examination of free-living marine nematodes. Taxonomic diversity, Feeding strategies and exploitation of food resources
4. The ecological role of meiofauna in benthic ecosystems. Meiofauna and nutrient cycling, Meiofauna's role within the food web, Energy transfer and energetics of meiofauna populations
5. Conclusions: a discussion on the diversity and ecological contributions of meiofauna, highlighting their essential role in maintaining the balance of soft sediment ecosystems

LAB 1 : Benthic response to a phytoplankton bloom - oxygen dynamics and organic matter processing (A. Pruski / F. Lantoine) - 19H (lab. and tutorial)

In this mesocosm experiment, students will investigate how the benthic boundary layer responds to a phytoplankton bloom. The experiment involves inducing a phytoplankton bloom in closed sediment cores and monitoring the kinetics of oxygen uptake from the water column. Students will quantify changes in nutrient fluxes over time, linking them to enhanced bacterial activity triggered by the bloom. Additionally, they will analyse the biochemical composition of organic matter in both control and phytoplankton-enriched mesocosms, assessing how its quantity and quality evolve during degradation.



This practical allows students to design an experiment, measure oxygen consumption and nutrient fluxes, analyse organic matter transformations, and collaborate in data interpretation. By the end of the session, students will synthesize their findings to construct a conceptual model of benthic-pelagic coupling in response to a phytoplankton bloom.



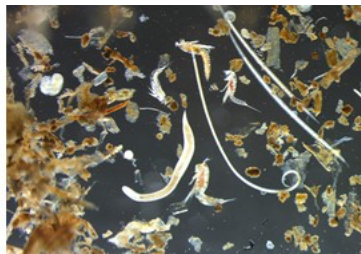
LAB 2 : Meiofauna and organic matter cycling in Mediterranean coastal sediments (J. Orignac / A. Pruski / F. Lantoiné) - 19H (lab. and tutorial)

This practical explores the intricate interactions between particulate organic matter (POM) and meiofauna across three distinct coastal habitats. Students will examine how variations in the quantity and quality of organic matter influence meiofaunal size and abundance, while also evaluating how meiofauna might, in turn, influence the composition and reactivity of organic matter.

The first part of the practical focuses on characterizing organic matter sources and reactivity using lipid biomarkers. Students will analyse fatty acids by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and pigments by spectrofluorimetry, gaining hands-on experience in applying these techniques to sediment samples collected from the studied habitats.

In the second part, students will investigate the functional role of meiofauna. They will extract meiofaunal organisms from sediments, estimate the abundances and biomass, identify different taxa, and classify them into trophic groups. Using these data, they will apply specific formulas to calculate meiofaunal production rates, linking this parameter to organic matter dynamics.

🎯 Throughout this practical, students will analyse organic matter sources using lipid biomarkers, interpret meiofaunal community structure and apply formulas to quantify meiofaunal production. By integrating these approaches, they will evaluate the functional role of meiofauna in organic matter cycling and synthesize their findings to explain sediment-organism interactions in coastal ecosystems.



NB : Ce document est indicatif. Les détails du contenu et de la forme des enseignements et des évaluations peuvent évoluer d'une année à l'autre.