

MASTER BIOLOGIE

**PARCOURS SCIENCES BIOLOGIQUES MARINES (SBM)**  
**semestre 8 Biologie Sciences biologiques marines**

**Spécialité "Écosystèmes"**

**16 crédits ECTS**

# Pratiques analytiques de l'écologie des communautés et écosystèmes

## Présentation

Cette UE vise à apprendre aux étudiants à manipuler certains des outils les plus couramment utilisés en écologie et océanographie

**4 crédits ECTS**

Volume horaire

Travaux Dirigés : 36h

## Objectifs

- > Savoir analyser la structuration d'un réseau trophique
- > Savoir manipuler des équations différentielles dans le cadre de modèles mécanistes
- > Savoir extraire, manipuler et traiter des données océanographiques spatialisées

## Pré-requis nécessaires

- > Connaissances de base en biologie (biologie cellulaire, biologie moléculaire, écologie, statistiques)
- > Notions de base en langages de programmation

## Compétences visées

- > Intégrer les informations (concepts et données) obtenues à différents niveaux d'organisation pour comprendre le fonctionnement des systèmes biologiques et leurs interactions
- > Utiliser et développer des outils d'analyse / modélisation dans des langages de programmation adaptés à la problématique
- > Appliquer les méthodes quantitatives adaptées à l'analyse et la modélisation des systèmes et processus de la biologie marine aux échelles des individus, des populations, des communautés et des écosystèmes
- > Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles méthodologies et intégrer les savoirs de différents domaines

## Descriptif

Cette UE s'articule autour de plusieurs ateliers :

- > **Atelier 1** : Cet atelier aborde différentes approches d'étude de la structure et du fonctionnement des réseaux trophiques marins, depuis la caractérisation de la nature des interactions trophiques par des approches directes (analyse des contenus stomacaux) et indirectes (biomarqueurs élémentaires, isotopiques et lipidiques), jusqu'à l'identification des grandes propriétés structurelles des réseaux trophiques par des approches de modélisation. L'accent est donné sur la prise en main par les étudiants des outils et concepts numériques associés à ces approches (modèles de mélange bayésiens, modèles de niche écologique, modèle ECOPATH).
- > **Atelier 2** : Cet atelier permet aux étudiants d'aborder les transferts d'énergie et de matière par la modélisation mécaniste à un ou plusieurs compartiments. Les différentes composantes d'un modèle à compartiments sont présentées: variables d'état, conditions initiales, flux entrants/flux sortants, paramètres, équations différentielles, variables forçantes, observables/données. Les exemples du modèle bioénergétique de croissance de von Bertalanffy (échelle de l'individu) et d'un modèle de communauté/écosystème sont discutés. Un temps est accordé aux méthodes d'intégration numérique des équations différentielles qui sous-tendent ces modèles. Les étudiants, répartis en groupe, développent ensuite leur propre modèle et l'utilisent pour réaliser quelques simulations.
- > **Atelier 3** : Cet atelier permet aux étudiants de comprendre la structuration de fichiers NetCDF dans lesquels sont rassemblées des données spatialisées de SST, chlorophylle, couverture de glace, altimétrie, etc... en trois ou quatre dimensions (latitude, longitude, temps + profondeur). Les étudiants apprennent à visualiser ces données à l'aide de différents logiciels (Panoply, R), et à les manipuler sur R pour extraire des séries temporelles en un point donné de l'océan et pour réaliser des cartes pour une date donnée.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Ecrit - devoir maison		100%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Pratique - examen en ligne	120	100%	

# Organisation fonctionnelle des communautés de micro-organismes

## Présentation

Les communautés microbiennes (procaryotes et micro-eucaryotes), phototrophes, autotrophes, hétérotrophes et mixotrophes, sans oublier les virus, sont fortement impliquées dans les grands cycles biogéochimiques. L'objectif est de mieux appréhender la diversité de ces communautés et leurs rôles ainsi que celui des virus dans les différents compartiments de l'écosystème marin.

## Objectifs

- > Connaître les grandes fonctions associées aux microorganismes et les principaux acteurs impliqués (archées, bactéries, microalgues, virus...) afin de les intégrer dans le fonctionnement des écosystèmes marins
- > Appréhender les outils qui permettent d'étudier ces groupes de microorganismes et les fonctions associées (metabarcoding, métagénomique, culture, PAM, etc.) afin d'étudier la structure, la distribution spatiale, le fonctionnement, et la dynamique des composantes microbiennes des écosystèmes marins

### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 12h

Travaux Dirigés : 8h

Travaux Pratiques : 16h

## Pré-requis nécessaires

Connaissances de base concernant les microorganismes (UE Ecologie des systèmes marins ou UE équivalente)

## Compétences visées

- > Intégrer les informations (concepts et données) obtenues à différents niveaux d'organisation pour comprendre le fonctionnement des systèmes biologiques et leurs interactions
- > Gérer des contextes professionnels ou d'études complexes, imprévisibles et qui nécessitent des approches stratégiques nouvelles
- > Prendre des responsabilités au sein d'une équipe pour contribuer à la réalisation d'un objectif commun
- > Respecter les principes d'éthique, de déontologie et de responsabilité environnementale
- > Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles méthodologies et intégrer les savoirs de différents domaines
- > Utiliser les outils pour caractériser la diversité et le fonctionnement des systèmes biologiques
- > Identifier les données expérimentales ou observationnelles nécessaires pour alimenter des modèles aux différents niveaux d'intégration

## Descriptif

Les enseignements se font sous forme de CM pour acquérir les notions de base. Les TD avec analyse de publications et restitution de travail personnel servent à mettre en pratique l'acquisition des connaissances vues en CM. Des TP sont réalisés afin d'acquérir les notions de base sur l'analyse (biologie moléculaire) et la manipulation aseptique de microorganismes marins (culture). Dans l'ensemble l'UE aborde les sujets suivants :

- > Biodiversité des microorganismes marins (bactéries, archées, microalgues, protozoaires et virus)
- > Cycles biogéochimiques (e.g. cycle du carbone)
- > Hétérotrophie, phototrophie, autotrophie et mixotrophie
- > Production primaire photosynthétique et chimiosynthétique
- > Réseau trophique, boucle microbienne et shunt viral dans la colonne d'eau
- > Méthodes d'analyses des microorganismes marins (diversité et fonctions)
- > Liens entre diversité, fonction, distribution spatiale et dynamique temporelle
- > Exemples d'écosystèmes : sources hydrothermales, écosystèmes polaires, sédiments, colonne d'eau, microbiotes associées aux organismes supérieurs...

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Ecrit - devoir maison		1/4	
	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	3/4	

## Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Report de notes	Ecrit - devoir maison		1/4	
	CT	Oral	20	3/4	

# Ecologie évolutive et dynamiques éco-évolutives

## Présentation

L'écologie évolutive incorpore les concepts et approches de la biologie évolutive et de l'écologie pour caractériser la variation dans les systèmes naturels, comprendre les mécanismes qui sont à l'origine de cette variation, et étudier des scénarios de réponse de ces systèmes aux changements globaux. L'Humain crée des forces évolutives sans précédent dans l'histoire de la vie et les exemples d'évolution contemporaine se multiplient. Cette UE vise à construire le socle de connaissances nécessaire pour comprendre les dynamiques éco-évolutives issues de l'interaction entre processus écologiques et évolutifs opérant dans les systèmes biologiques marins de manière contemporaine.

### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 12h

Travaux Dirigés : 12h

Travaux Pratiques : 12h

## Objectifs

Acquérir une maîtrise conceptuelle et expérimentale des mécanismes conditionnant l'origine, la mise en place, le maintien, la régulation et l'évolution de la diversité biologique au sein des populations et des communautés marines

## Pré-requis nécessaires

- > Connaissances de base en écologie, biologie moléculaire, dynamique et génétique des populations
- > Connaissances de base dans l'utilisation du langage R

## Compétences visées

- > Intégrer les concepts et données correspondant à différents niveaux d'organisation pour comprendre le fonctionnement des systèmes biologiques
- > Formaliser les processus démographiques et évolutifs gouvernant la viabilité des populations face aux pressions anthropiques environnementales
- > Utiliser et développer des outils d'analyse / modélisation dans des langages de programmation adaptés à la problématique
- > Mettre la théorie statistique au service de la conception de l'étude, de la décision, et de l'inférence ; compétences en biologie quantitative
- > Développer des modèles populationnels pour étudier des scénarios de trajectoires face aux changements globaux
- > Appliquer les méthodes quantitatives adaptées à l'analyse et la modélisation des systèmes et processus de la biologie marine aux échelles des individus, des populations, des communautés et des écosystèmes
- > Caractériser la structure et la dynamique spatio-temporelle des communautés et des écosystèmes (biodiversité, interactions biotiques, etc)
- > Appréhender avec un regard critique les interactions entre l'Homme et les écosystèmes marins (changement global, interaction d'espèces, service écosystémique)
- > Respecter les principes d'éthique, de déontologie et de responsabilité environnementale. Utiliser des outils permettant une recherche reproductible
- > Communiquer à des fins de formation ou de transfert de connaissances, par oral et par écrit, en français et en langue étrangère et dans un temps et un format restreint, un travail scientifique abouti en le contextualisant

## Descriptif

Cette UE est organisée autour de CM pour introduire les concepts, ainsi que de TD et TP pour compléter l'apprentissage par des études de cas (analyse de documents, exercices avec R). Des TD sont dédiés à la recherche bibliographique et la rédaction d'un essai scientifique sur un thème d'écologie évolutive choisi en concertation avec l'équipe pédagogique, et la préparation d'une présentation orale. Le travail réalisé au cours de l'UE aborde les thèmes suivants :

- > Sélection naturelle : conditions, mesure de l'héritabilité, mesure de la réponse à la sélection
- > Interactions entre plasticité phénotypique, adaptation locale et sélection sexuelle
- > Allocation des ressources
- > Interactions entre individus - niche écologique
- > Evolution des cycles biologiques et histoires de vie
- > Evolution du sex ratio
- > Interactions durables entre espèces et coadaptation
- > Conflits d'intérêt
- > Coévolution
- > Spéciation
- > Evolution et fonctionnement des communautés
- > Feedback éco-évolutif
- > Intégration de l'écologie évolutive en biologie de la conservation

## Modalités de contrôle des connaissances

---

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - rapport		60%	
	CT	Oral - exposé	30	40%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	45	100%	

## Observation de la diversité marine sur le terrain

### Présentation

Dans cette UE les étudiants mettent en place un projet permettant l'acquisition de données d'observation sur le phytoplancton ou le macrobenthos (animal ou végétal) et des variables environnementales. Ces projets permettent d'alimenter des séries d'observations et de répondre, à l'aide de ces séries, aux questions scientifiques posées au début du projet.

**4 crédits ECTS**

Volume horaire

Terrain : 36h

### Objectifs

- > Amener les étudiants à réfléchir sur une question scientifique posée et les amener à y répondre en mettant en place un plan d'expérimentation
- > Utiliser des séries d'observations et des outils statistiques pour explorer des questions relatives à l'écologie des systèmes marins

### Pré-requis nécessaires

- > Biostatistiques (UE Traitement des données biologiques S7 ou équivalent)
- > Ecologie marine (UE Communautés et écosystèmes marins S7 ou équivalent)
- > Chimie Marine (UE Introduction à la chimie marine S7 ou équivalent)

### Compétences visées

- > Intégrer les informations (concepts et données) obtenues à différents niveaux d'organisation pour comprendre le fonctionnement des systèmes biologiques et leurs interactions
- > Communiquer à des fins de formation ou de transfert de connaissances, par oral et par écrit, en français et en langue étrangère et dans un temps et un format restreint, un travail scientifique abouti en le contextualisant
  - > Prendre des responsabilités au sein d'une équipe pour contribuer à la réalisation d'un objectif commun
  - > Concevoir des expérimentations (terrain, laboratoire) fiables et reproductibles pour tester des hypothèses (de travail)
  - > Analyser ses actions en situation professionnelle, s'autoévaluer pour améliorer sa pratique
  - > Respecter les principes d'éthique, de déontologie et de responsabilité environnementale
  - > Utiliser et développer des outils d'analyse / modélisation dans des langages de programmation adaptés à la problématique
  - > Appliquer les méthodes quantitatives adaptées à l'analyse et la modélisation des systèmes et processus de la biologie marine aux échelles des individus, des populations, des communautés et des écosystèmes. Caractériser la structure et la dynamique spatio-temporelle des communautés et des écosystèmes (biodiversité, interactions biotiques, etc). Caractériser les flux de matière et d'énergie au sein des communautés et des écosystèmes
    - > Appréhender avec un regard critique les interactions entre l'Homme et les écosystèmes marins (changement global, interaction d'espèces, service écosystémique)
    - > Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles méthodologies et intégrer les savoirs de différents domaines
    - > Mettre la théorie statistique au service de la conception de l'étude, de la décision, et de l'inférence ; compétences en biologie quantitative. Développer des modèles populationnels pour étudier des scénarios de trajectoire face aux changements globaux. Conduire une analyse statistique de la distribution spatio-temporelle de la diversité génétique des populations
      - > Utiliser les traceurs biogéochimiques, les indicateurs écologiques et des outils de modélisation. Utiliser les outils de biologie cellulaire et moléculaire, génomique fonctionnelle et post-génomique appliqués au fonctionnement des organismes
      - > Identifier les données expérimentales ou observationnelles nécessaires pour alimenter des modèles aux différents niveaux d'intégration

### Descriptif

Ces projets sont réalisés sur le terrain et/ou au laboratoire en fonction du sujet choisi. Les étudiants travaillent en petits groupes et sont encadrés par des enseignants afin de les aider dans la conduite du projet (méthode et mise en place de l'échantillonnage, taxonomie et détermination, acquisition de données, utilisation de séries d'observations, traitement des données acquises). La finalité de ce travail consiste en une présentation du projet réalisé par les étudiants.

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Ecrit et/ou Oral		100%	

## Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral - soutenance	60	100%	