

MASTER BIOLOGIE

**PARCOURS SCIENCES BIOLOGIQUES MARINES (SBM)**

**semestre 9 Biologie SBM**

**Spécialité "Populations"**

# Ecophysiologie approfondie animale

## Présentation

Cette UE traite de l'étude de la réponse des animaux marins face aux contraintes environnementales (disponibilité en oxygène, température, disponibilité en nourriture, présence de pathogène, d'algues toxiques, de polluants, changement global ...). Leurs capacités d'acclimatation sont étudiées par l'angle des modifications physiologiques à plusieurs échelles d'intégration biologique, du gène à l'individu. L'enseignement est basé sur des cours magistraux présentant ces problématiques et les méthodes utilisées dans cette discipline (expérimentation, modélisation...) ainsi que des cas d'études pris dans les recherches récentes mais également sur des travaux en laboratoire de mise en pratique. Une visite dans une éclosérie expérimentale de bivalves est organisée afin que les étudiants découvrent les possibilités expérimentales associées à ce type d'outils.

### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Travaux Dirigés : 12h

Travaux Pratiques : 10h

## Objectifs

- > Appréhender la modulation des fonctions physiologiques face à un environnement changeant afin de déterminer les capacités d'acclimatation des animaux, notamment dans un contexte de changement global et ce, à différents niveaux d'organisation biologique, du gène à l'individu
- > Préparer l'immersion des étudiants dans le domaine de la recherche, en proposant des enseignements en relation directe avec les thématiques scientifiques, voir les projets en cours dans les laboratoires de recherche

## Pré-requis nécessaires

Connaissances des grandes fonctions physiologiques et sur l'importance des flux d'énergie pour le fonctionnement écophysiologique des organismes

## 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 des outils permettant une recherche reproductible
- > Analyser les processus moléculaires, cellulaires et physiologiques pour appréhender le fonctionnement des organismes, leur variabilité génétique et plasticité phénotypique
- > Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles méthodologies et intégrer les savoirs de différents domaines
- > Utiliser les outils de biologie cellulaire et moléculaire, génomique fonctionnelle et post-génomique appliqués au fonctionnement des organismes

## Descriptif

Les cours dispensés dans cette UE traitent des sujets suivants :

- > Approche intégrée des effets des modulations de l'environnement sur la physiologie des bivalves marins
- > Bioénergétique, écophysiologie : Lien entre bilan énergétique et stress environnementaux
- > Rythmes biologiques et chronologie
- > Maîtrise du cycle de développement par la gestion des paramètres de l'environnement la qualité des gamètes,
- > Ecloséries de bivalves

Les TP (« Terrain au labo ») proposés dans le cadre de l'UE se focalisent sur des travaux d'expérimentation en laboratoire

## Modalités de contrôle des connaissances

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

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral - exposé	30	100%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	20	100%	

# Bioinformatique et génomique des populations

## Présentation

Ce cours constitue une introduction à l'utilisation de méthodes d'analyses bioinformatiques ciblant les données génomiques. Le cours sera focalisé sur l'analyse de données permettant de répondre à des questions fondamentales en génomique des populations.

**4 crédits ECTS**

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Travaux Dirigés : 22h

## Objectifs

- > Utiliser les outils de bioinformatique appliqués à la génomique des populations
- > Conduire une analyse statistique permettant d'étudier la diversité et la différenciation génétique des populations à partir de données issues de séquençage de nouvelle génération

## Pré-requis nécessaires

- > Connaissances fondamentales en biologie (biologie cellulaire, biologie moléculaire, écologie, génétique, statistiques)
- > Introduction à la génétique des populations S7 (ou équivalent)
- > Approches analytiques en écologie des individus et populations S8 (ou équivalent)

## Compétences visées

- > Utiliser et développer des outils d'analyse / modélisation dans des langages de programmation adaptés à la problématique
- > Utiliser les outils de bioinformatique appliqués à la génomique des populations
- > Analyser les processus moléculaires, cellulaires et physiologiques pour appréhender le fonctionnement des organismes, leur variabilité génétique et plasticité phénotypique
- > Utiliser des outils permettant une recherche reproductible
- > Conduire une analyse statistique de la distribution spatio-temporelle de la diversité génétique des populations
- > 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

## Descriptif

Ce cours fournit des bases pratiques sur les méthodes d'analyses bioinformatiques ciblant les données génomiques individuelles et populationnelles. Le cours sera organisée autour des parties suivantes :

- > Introduction sur le séquençage de nouvelle génération et les données brutes qui en résultent
- > Description et utilisation de différents pipelines bioinformatiques couramment utilisés pour obtenir des SNPs (single nucleotide polymorphisms) à partir de données brutes de séquençage de nouvelle génération (données RADseq)
- > Description et utilisation d'outils d'assemblage et d'annotation de mitogénomes pour des analyses comparatives
- > Mise en pratique (TD) sur des jeux de données existants.

## 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 - rapport		2/3	Rapport de travaux dirigés
	CT	Oral	30	1/3	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit - devoir maison		2/3	
	CT	Oral	30	1/3	

# Modeling for the conservation of marine megafauna

## Présentation

The marine megafauna is not a taxonomically defined group, as it includes sea mammals, birds, reptiles, large fish and elasmobranchs. Marine megafauna species are large vertebrates that depend on marine food resources. These mobile species are generally at the top of their trophic food webs and have none or few predators. Our perception of marine megafauna as a coherent group is based on ecological similarities and shared conservation issues. These species are exposed to a myriad of threats and generally show limited resilience due to their intrinsic life history traits such as low fecundity rates and high longevity, which often limit the capacity of collapsed populations to quickly recover. Consequently, they share common conservation challenges, and their current conservation status often results from pressures of the last century cumulated with current pressures.

Marine megafauna are a key element of many marine conservation strategies. Large marine vertebrates are generally used as flagships to mobilize society at large on conservation issues. They can function as umbrella species due to their large home ranges and high trophic level. Conservation measures focusing on marine megafauna often benefit lower trophic level species, positively impacting marine habitat protection. They also have the potential to act as sentinel species and inform the ecological status of other less visible compartments of marine ecosystems. Focusing on marine megafauna as a target of conservation strategies is thus rational and ecologically motivated.

However, despite their large body size, marine megafauna can be very elusive, undermining our ability to document crucial parameters for effective conservation such as population size (abundance), distribution, or vital rates (fecundity, survival or mortality). The presence or absence of a species across a set of spatial units is a fundamental concept in ecology, conservation biology and wildlife management (e.g., species range or distribution changes, habitat use, resource selection functions). An important sampling issue, however, is that a species may not always be detected when present at a spatial unit. Unaccounted for, 'false absences' can lead to misleading inferences about patterns and dynamics of species occurrence, and the factors that influence them. Similarly, abundance and population vital rates (mortality, breeding frequency, dispersal among habitat 'patches' or suitable areas) are fundamental quantities required to address questions about population dynamics and assess population 'health' state. Imperfect detectability of individuals during sampling sessions can also plague inferences about patterns and processes underlying population dynamics.

## Objectifs

This course will cover the design of sampling protocols and the modeling of species occurrence and population processes in marine megafauna in classical situations where the detectability of species or individuals is imperfect, with a particular emphasis on marine mammals and seabirds. The course will address the estimation of quantities needed in the modeling effort, and the application of these estimates and models to monitoring and conservation problems. Students will be introduced to the models through worked examples, with a particular emphasis on state-of-the-art inference techniques in the Bayesian framework. The main pieces of software that will be used are R, JAGS or NIMBLE (to fit models to real-life datasets and estimate parameters of interest). All models that will be detailed fall under the umbrella of 'hierarchical models' with latent parameters separating population and observation processes. The conceptual and philosophical foundations of such models will be briefly detailed to enable users to build a subsequent in-depth understanding with regular practice.

## Pré-requis nécessaires

- > Knowledge of the R language
- > Bases in statistical theory and Generalized linear models
- > Bases in population dynamics

## Compétences visées

- > Formalize demographic processes governing population fluctuations in situations of anthropogenic pressures and environmental variation
- > Develop models for population size to address population trajectory under different scenarios of global change
- > Use quantitative methods to model processes operating at the population level.
- > Use statistical theory to design monitoring programs, population and occupancy models, and to draw inferences about model parameters; quantitative ecology skills

**4 crédits ECTS**

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Travaux Pratiques : 20h

- > Use and develop analytical tools in programming languages that are relevant to the question
- > Use statistical theory to design monitoring programs, population and occupancy models, for decision making in conservation biology, and to draw inferences about model parameters; quantitative ecology skills
- > Critically address interactions between human beings and marine ecosystems (global change, species interactions, ecosystem services)
- > Use reproducible research methods
- > Contextualize and write scientific results in formats relevant to knowledge transfer or to teaching

## Descriptif

This course will cover the design of sampling protocols and the modeling of species occurrence and population processes in marine megafauna in classical situations where the detectability of species or individuals is less than one, with a particular emphasis on marine mammals and seabirds. The course will address the estimation of quantities needed in the modeling effort, and the application of these estimates and models to monitoring and conservation problems. Students will be introduced to the models through worked examples, with a particular emphasis on state-of-the-art inference techniques in the Bayesian framework. The main software that will be used is R (to handle data) and JAGS (to fit models to real-life datasets and estimate parameters of interests). All models that will be detailed fall under the umbrella of 'hierarchical models' with latent parameters. The conceptual and philosophical foundations of such models will be briefly detailed to enable users to build a subsequent in-depth understanding with regular practice.

## 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 - rapport		100%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Ecrit et/ou Oral	60	100%	

# Ecophysiologie approfondie végétale

## Présentation

Cette UE a pour objectif de présenter et analyser les réponses physiologiques des organismes végétaux marins (micro- et macroalgues, halophytes...) en réponse aux modifications de paramètres environnementaux abiotiques.

## Objectifs

Comprendre la physiologie des végétaux marins au niveau individuel et au sein de leur habitat, afin d'appréhender le fonctionnement d'un écosystème/ communauté

## Pré-requis nécessaires

- > Connaissances de base en biologie et physiologie végétale acquises en Licence de biologie
- > Ecophysiologie 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
  - > 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
  - > Caractériser la structure et la dynamique spatio-temporelle des communautés et des écosystèmes (biodiversité, interactions biotiques, etc) - Analyser les processus moléculaires, cellulaires et physiologiques pour appréhender le fonctionnement des organismes, leur variabilité génétique et plasticité phénotypique
  - > Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles méthodologies et intégrer les savoirs de différents domaines
  - > Utiliser les outils de biologie cellulaire et moléculaire, génomique fonctionnelle et post-génomique appliqués au fonctionnement des organismes

## Descriptif

Cette UE est constituée de CM illustrés par des TD et des TP. Les concepts abordés en cours seront mis en pratique par des séances de travaux dirigés ou lors d'expérimentations sur des organismes végétaux marins.

## 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 - rapport		1/3	Rapport travaux pratiques
	CT	Oral	20	2/3	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	Report de notes	Ecrit - rapport		1/3	Rapport travaux pratiques
	CT	Oral	20	2/3	

# Flux d'énergie et cycles biogéochimiques

## Présentation

Cette UE a pour objectif de former les étudiants à la conceptualisation et la quantification des stocks et des flux d'énergie et d'éléments au sein des écosystèmes; en intégrant différentes échelles spatiales et temporelles (i.e de l'échelle individuelle à l'échelle globale)

## Objectifs

- > Conceptualiser et quantifier les stocks et les flux d'énergie et d'éléments
- > Caractériser les flux de matière et d'énergie au sein des communautés et des écosystèmes
- > Utiliser les traceurs biogéochimiques, les indicateurs écologiques et des outils de modélisation

### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 20h

Autres : 4h

## Pré-requis nécessaires

- > Communautés et écosystèmes S7 ou équivalent
- > Introduction à la chimie marine S7 ou équivalent
- > Traitement des données biologiques S7 ou équivalent
- > Océanographie Physique S7 ou équivalent
- > Pratiques analytiques de l'écologie des communautés et écosystèmes S8 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)
- > Respecter les principes d'éthique, de déontologie et de responsabilité environnementale
- > Caractériser les flux de matière et d'énergie au sein des communautés et des écosystèmes
- > Utiliser les traceurs biogéochimiques, les indicateurs écologiques et des outils de modélisation

## Descriptif

L'UE est organisée autour de CM qui abordent la biogéochimie marine aux différentes échelles à travers quelques exemples concrets issus de la recherche à l'IUEM. Ces cours sont par la suite approfondis par des cours pratiques (suivi de cultures, mésocosmes, et mesures de paramètres biogéochimiques).

Partie cours magistraux:

- > Introduction générale: Approches expérimentales pour l'étude des flux d'énergie et des cycles biogéochimiques (microcosmes et mésocosmes)
- > Utilisation des isotopes stables dans l'étude des flux de matière au sein des écosystèmes marins. Les étudiants abordent les concepts de base (dilution, fractionnement) permettant l'application du traçage isotopique (naturel et enrichi) pour l'étude quantitative des flux biogéochimiques au sein de différents écosystèmes (zones d'upwelling, estuaires, récifs coralliens)
- > Cycle du mercure en milieu marin; utilisation des éléments chimiques comme traceurs du mouvement des organismes (microchimie des otolithes), ou des événements rencontrés (proxy des événements hypoxiques)
- > Principes fondamentaux de la création d'un "modèle en boîtes" biogéochimique (flux, sources de données, cycles élémentaires). Les étudiants appliquent ces connaissances et créent un "modèle en boîtes", en utilisant les informations d'une étude de cas sur le cycle de l'azote
- > Concept de rétroaction biogéochimique océanique en lien avec le système climatique : Hypothèse Gaia et hypothèse du fer / Production d'aérosols soufrés d'importance climatique : de l'échelle cellulaire à l'échelle planétaire

Partie Pratique:

- > Métabolisme des biocénoses benthiques : cet atelier permet la réalisation de bilans métaboliques (production brute, respiration, notions d'auto- et hétérotrophie) sur plusieurs biocénoses (maërl, vase, herbiers, sable), en utilisant pour cela des enceintes expérimentales permettant le suivi, en circuit fermé, de la concentration en oxygène dissous. La partie pratique sera suivie de séances d'exploitation des données lors de travaux dirigés.



> Approches expérimentales des flux d'énergie et des cycles biogéochimiques dans les systèmes pélagiques: Comparaisons de conditions expérimentales distinctes (communautés distinctes; témoin versus perturbation, etc.) - mesure des paramètres biologiques (abondance des organismes planctoniques, détermination des groupes majeurs) et biogéochimiques (oxygène, sels nutritifs, DMSP...)

## 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 - mémoire		50%	
	CT	Oral - exposé	60	50%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

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