

**CONTRAT QUADRIENNAL 2008-2011**  
**DEMANDE D'HABILITATION DU DIPLÔME DE MASTER**  
Mention : Océanographie

**1 - Fiche d'identité**

**1.1 Statut**

**1.1.1 Création**

**1.1.2 Reconduction à l'identique**

**1.1.3 Reconduction avec modifications**

**1.2 Libellé**

**1.2.1 Domaine : Sciences de l'Univers**

**1.2.2. Mention: Océanographie**

**1.2.3. Spécialité :**

**1.2.x.1** ↴

| spécialité  | Université(s) d'Aix-Marseille dispensant la spécialité | Orientation principale (R/P/R&P) | Régime de formation (Initial, apprentissage, FC, VAE, enseignement à distance) |
|---|--|----------------------------------|--|
| Océanographie Physique, Chimique et Biologique (OPCB) | Aix-Marseille II                                       | R                                | Initial, FC, VAE   |
| Biologie et Ecologie Marines (BEM)                    | Aix-Marseille II                                       | R                                | Initial, FC, VAE   |

**1.2.x.2** ↵

**1.3 Localisation des enseignements, à préciser éventuellement par spécialité**

|             | M1   | M2   |
|-------------|--|--|
| Mention     | Centre d'Océanologie de Marseille – Campus de Luminy | Centre d'Océanologie de Marseille – Campus de Luminy |
| Spécialités | Centre d'Océanologie de Marseille – Campus de Luminy | Centre d'Océanologie de Marseille – Campus de Luminy |

## 1.4 Etablissements partenaires

### 1.4.1 Etablissements français

| Noms des établissements partenaires français<br>(Une ligne par spécialité) | Cohabités | Conven-<br>tionnés |
|--|-----------|--------------------|
| Université de Toulon   |           | X                  |
| IRD (Sète)   |           | X                  |
|  |           |                    |

### 1.4.2 Etablissements étrangers co-délivrant le diplôme

| Noms des établissements partenaires étrangers co-délivrant le diplôme avec lesquels une convention spécifique d'échange a été établie (cursus intégrés) (une ligne par spécialité) |
|--|
|  |
|  |

## 1.5 Secteurs de référence

### 1.5.1 Secteur SISE : 5

### 1.5.2 Secteur DES principal : 14002

### 1.5.3 Secteur DES secondaire : 14005

## 1.6 Disciplines principales enseignées

| Spécialités | Disciplines (5 maximum)                                      |
|-------------|--|
| OPCB        | Océanographie physique, biogéochimie, modélisation numérique |
| BEM         | Ecologie marine, biologie marine, modélisation mathématique  |

### 1.7 Place de la formation dans la carte régionale (licence) et/ou nationale (master) des formations

Peu d'universités françaises proposent des formations master en océanographie (Paris VI, Brest). Ce master, associé à la Licence de Sciences de la Mer et de l'Environnement du COM, constitue une formation unique au niveau national.

#### 1.7.1 Laboratoires auxquels est adossée la mention

| Nom du laboratoire   | Sigle | N°       | Directeur    | Adresse   | E.mail   |
|--|-------|----------|--------------|---|--|
| Diversité, Evolution et Ecologie Fonctionnelle Marine            | DIMAR | UMR 6540 | J.P. FERAL   | Station Marine d'Endoum<br>– Rue de la Batterie de<br>Lions – 13007 Marseille | <a href="mailto:jean-pierre.feral@univmed.fr">jean-pierre.feral@univmed.fr</a> |
| Laboratoire d'Océanographie et Biogéochimie                      | LOB   | UMR 6535 | B. Queguiner | Case 901 – Campus d<br>Luminy – 13288 Marseille                               | <a href="mailto:bernard.queguiner@univmed.fr">bernard.queguiner@univmed.fr</a> |
| Laboratoire de Microbiologie, de Géochimie et d'Ecologie Marines | LMGEM | UMR 6117 | R. Sempéré   | Case 901 – Campus d<br>Luminy – 13288 Marseille                               | <a href="mailto:richard.sempere@univmed.fr">richard.sempere@univmed.fr</a>     |

#### 1.7.2 Partenaires professionnels

| Nom de l'entreprise | Sigle | Coordonnées | Contact | E.mail | Convention<br>de<br>partenariat<br>Oui/non |
|---------------------|-------|-------------|---------|--------|--|
|                     |       |             |         |        |  |

- 1.8 Structures de validation**
- 1.8.1 Composante portant le projet : Centre d’Océanologie de Marseille**
- 1.8.2 Composante(s) contribuant au projet :**
- 1.8.3 Equipe de mention**
- 1.8.3.1.1 Responsable(s) de mention : Pr. Ivan Dekeyser**
- 1.8.3.1.2 Correspondants des autres établissements partenaires :**
- 1.8.3.2 Correspondant FC/VAE:**
- 1.8.3.3 Correspondant RNCP:**
- 1.8.3.4 Spécialité**

| Intitulé de spécialité | Responsable (nom, qualité, courriel, tel, section CNU)  | Autre membre qualifié de l’équipe de mention (à renseigner si orientation P) |
|------------------------|---|--|
| OPCB                   | B. Queguiner – Professeur – <a href="mailto:bernard.queguiner@univmed.fr">bernard.queguiner@univmed.fr</a> – 0491829115 – Section 67 du CNU             |  |
| BEM                    | C.-F. Boudouresque – Professeur – <a href="mailto:charles.boudouresque@univmed.fr">charles.boudouresque@univmed.fr</a> – 0491829131 – Section 67 du CNU |  |

## 2 – Objectifs de la formation

### 2.0 Résumé du projet

Descriptif sous forme de texte : objectifs généraux de la formation (les savoirs fondamentaux et les savoir-faire seront à détailler dans les rubriques suivantes).

Cette formation est adaptée aux récentes évolutions des sciences intervenant dans la compréhension des processus physiques, chimiques et biologiques, qui gouvernent la dynamique des océans.

L’objectif de la formation est d’apporter aux étudiants la base des connaissances leur permettant de développer des activités de recherche dans l’une des spécialités du diplôme et faisant partie du domaine scientifique concerné par l’étude des processus qui pilotent l’évolution de l’environnement marin. Ceci nécessite la compréhension des mécanismes de l’environnement naturel, des perturbations qu’il subit à travers l’activité anthropique, notamment dans le contexte des changements globaux.

Le master prépare à des carrières de recherche dans l’enseignement supérieur, dans les grands organismes de recherche publics (CNRS, IRD, IFREMER, INRA, ...) et dans des entreprises ou bureaux d’études privés. Il vise à former des spécialistes de haut niveau des différents domaines de l’océanographie physique et biologique. Les disciplines enseignées, dont certaines sont récentes, sont à la base des études de nombreux problèmes environnementaux d’actualité. On peut citer :

- les processus dynamiques et biogéochimiques dans le milieu océanique (circulations océaniques, transferts de matière, flux des éléments biogènes, ...)
- les effets de l’action de l’homme sur l’environnement
- la variabilité naturelle des systèmes biologiques
- la variabilité climatique et sa prévisibilité : composantes naturelle et anthropique

Ces différents domaines sont abordés au moyen de méthodes modernes d’observation *in vitro* et *in situ*, ainsi qu’au moyen de la modélisation mathématique et/ou numérique.

Ce master recherche bénéficie d’un contexte extrêmement favorable à Marseille au centre de l’arc méditerranéen et ouvert sur la Méditerranée. Il s’appuie sur des laboratoires de recherche mixtes Université – CNRS reconnus comme faisant partie des meilleurs dans leur domaine par le C.O.S. des universités d’Aix-Marseille. Il bénéficie de collaborations fortes des unités de l’IRD et du centre Méditerranée de l’IFREMER. De plus, le Centre d’Océanologie de Marseille et ses laboratoires participent d’une part à OCEANOMED,

regroupant les acteurs en océanographie de la région PACA et d'autre part au pôle de compétitivité MER PACA.

La poursuite en thèse se fait dans le cadre de l'Ecole Doctorale « Sciences de l'Environnement » actuellement à l'Université d'Aix – Marseille III, qui fait partie du Collège Doctoral d'Aix-Marseille universités regroupant les 3 universités d'Aix – Marseille, dont la fusion est prévue pour janvier 2010.

### Spécificités DE LA MENTION :

scriptif sous forme de texte : éléments de différenciation du diplôme par rapport au même diplôme proposé par une autre université : enseignements particuliers (modules de recherche d'emploi, langues,...), options envisageables, organisation des cours, organisation de rencontres avec des professionnels, séminaires, etc.

- Modélisation couplée physique – biogéochimie
  - Ecologie mathématique, appliquée à l'écologie marine
  - Microbiologie marine
  - Certaines UE de l'option Océanographie Physique Côtière sont assurées conjointement par les enseignants – chercheurs du COM et de l'Université de Toulon - Var.
  - Dans la spécialité Biologie et Ecologie marine, une UE d'halieutique est assurée par les chercheurs de la Station IRD de Sète.
  - Ce diplôme associé à la Licence des Sciences de la Mer et de l'Environnement du COM, constitue une formation LM unique au niveau national et peu d'universités françaises proposent des formations Master en océanographie (Paris VI, Brest).
  - Une UE d'anglais en Master 1, avec présentation de travail personnel en anglais.
  - Deux spécialités :
    - o Océanographie Physique, Biogéochimie et Biologique (OPBB)
    - o Biologie et Ecologie Marines (BEM)
- proposant aux étudiants les cinq options :
- o Océanographie physique côtière
  - o Modélisation couplée physique et biogéochimie
  - o Océanographie biogéochimique et biologique
  - o Biologie et Ecologie marine théorique
  - o Biologie et écologie marines fondamentales et appliquées
- les cours sont organisés par semestre de l'année universitaire. Le premier semestre, commun à l'ensemble des étudiants, quelle que soit leur spécialité/option ultérieurement choisie, est généraliste. Chacun des deux premiers semestres (12 semaines de cours) est constitué de 250h/étudiant (30 ECTS, UE obligatoires, optionnelles et libres). Le 3<sup>ème</sup> semestre (12 semaines de cours) est de 150h/étudiant (30 ECTS, UE obligatoires, optionnelles). Le 4<sup>ème</sup> semestre consiste en un stage d'initiation d'environ 5 mois (30 ECTS) à la recherche/développement en laboratoire (universitaire, EPST, EPIC, notamment dans les OSU – Marseille, Roscoff, Banyuls, Villefranche/Mer – et à l'IFREMER, l'IRD ou au CEA) ou en entreprises (ACRI, PRINCIPIA, Simag développement, CREOCEANS, CETIIS) dont les domaines d'activités traitent de l'ingénierie de l'environnement. Les stages peuvent être effectués à l'étranger (universités étrangères, entreprise localisées à l'étranger) ou dans les laboratoires Outre-Mer de l'IRD.
  - les séminaires du Centre d'Océanologie de Marseille sont ouverts aux étudiants du Master. Les étudiants de Master deuxième année sont fortement incités à y assister.
  - Les enseignements sont effectués en français et la majeure partie des séminaires est présentée en anglais. De nombreuses UE proposent des travaux personnels sur base d'article en anglais avec présentation orale.
  - Un module de « Rédaction et communication scientifiques »

## 2.1 Objectifs

### 2.1.1 Objectifs en termes de connaissance :

#### 2.1.1.1 Objectifs de la mention en termes de connaissance :

Les connaissances concernent les études d'hydrodynamique côtière, des écosystèmes et de leurs évolutions, des cycles biogéochimiques en liaison avec les évolutions climatiques, des propriétés biologiques des organismes marins et leur rôle dans le fonctionnement des écosystèmes, des perturbations naturelles et liées à l'homme et de la préservation du milieu marin. L'acquisition des grands concepts attachés à ces disciplines se fera sur la base d'une très bonne connaissance des techniques d'observation du milieu naturel.

#### 2.1.1.2 Objectifs spécifiques de la spécialité en termes de connaissance :

| Spécialité | Objectifs   |
|------------|---|
| OPCB       | <p>Cette spécialité sera réalisée à travers les trois options suivantes.</p> <p><b>Option : Océanographie Physique Côtière (OPC)</b></p> <p>Cette option a pour vocation de présenter l'état de l'art et les recherches actuelles menées en dynamique de la circulation côtière et sur les phénomènes d'échelle plus fine tels que la turbulence marine dans les milieux stratifiés (débouchés de fleuves), les vagues et les houles. Il s'appuie sur les principes de l'hydrodynamique marine, et apporte les connaissances indispensables à l'étude du suivi des masses d'eau, et aux échanges en leurs interfaces en domaine côtier. La connaissance des techniques les plus récentes de mesure <i>in situ</i>, les techniques de télédétection, et les méthodes de traitement moderne des données océanographiques, notamment les techniques d'interaction forte entre résultats de modèles numériques et mesures (méthodes dites " d'assimilation ") sont également approfondies pour former aux approches récentes de l'océanographie moderne.</p> <p><b>Option Océanographie Biogéochimique et Biologique (OBB)</b></p> <p>Les enseignements de cette option ont pour vocation de présenter l'état de l'art et les recherches actuelles menées sur les cycles du carbone et des éléments associés (aussi bien dans les écosystèmes hauturiers que dans les écosystèmes côtiers). Cette présentation est orientée en particulier vers le rôle des processus biologiques et chimiques dans ces cycles, et leur prospective, dans le contexte de la modification actuelle du climat et du changement global. La connaissance des processus biogéochimiques actuels à l'aide des outils modernes (traceurs isotopiques naturels ou artificiels, analyse d'image, sondes moléculaires ...) et leur mise en équation dans les modèles numériques sont présentées comme une méthodologie permettant l'interprétation des modifications environnementales, globales, régionales ou locales, passées ou futures, préalable indispensable à une nécessaire gestion des écosystèmes marins.</p> <p><b>Option Modélisation Couplée Physique – Biogéochimie (MCPB)</b></p> <p>Le cursus de l'option « Modélisation couplée physique-biogéochimie » est à l'interface entre les deux options précédentes. Il a pour objectif l'étude des écosystèmes marins par une approche intégrée via la modélisation couplée. Cette approche a pour but de sensibiliser les étudiants à l'influence de différents forçages physiques sur la structuration des réseaux trophiques marins. Les enseignements dispensés au sein de cette option auront pour objectif de former à la construction, à la manipulation et à l'utilisation de modèles alliant la représentation de la dynamique physique de l'océan à celle de différentes variables biogéochimiques. Au-delà de la manipulation d'outils numériques, cet enseignement est destiné à mettre en parallèle des équations des modèles avec les processus biogéochimiques qu'ils représentent afin d'appréhender les hypothèses inhérentes à ces modèles (qu'ils soient empiriques ou de connaissance). Ces enseignements tiendront compte des évolutions les plus récentes de la modélisation des écosystèmes pélago-benthiques marins. Le but est de former des spécialistes ayant acquis une capacité d'analyse critique sur le fonctionnement et les résultats d'un modèle couplé. Cette option a aussi pour vocation de former des étudiants à l'utilisation d'outils numériques destinés à l'aide décisionnelle dans le cadre d'études d'impact de systèmes marins soumis à des perturbations d'origine anthropique (changement global).</p> |
| BEM        | <p>Cette spécialité sera réalisée à travers les deux options suivantes.</p> <p><b>Option Ecologie Marine Théorique (EMT)</b></p> <p>L'écologie est une discipline dont la composante théorique s'est fortement</p>  |

développée depuis les années 1960s. Cette tendance associée au développement de la microinformatique, s'est accompagnée par l'utilisation massive de la modélisation mathématique et informatique des processus écologique, notamment dans les domaines de la dynamique et de la génétique des populations et de l'évolution. Cette option a pour objectif de former des spécialistes de l'écologie théorique dans le domaine marin, capable de manipuler les concepts de l'écologie, de développer et d'interpréter des modèles dans but de comprendre le rôle des organismes vivants dans le fonctionnement des écosystèmes, d'intégrer les connaissances en écologie marine dans la modélisation et de comprendre l'évolution de la biodiversité. Une attention particulière sera portée aux fluctuations et perturbations, naturelles et anthropiques, dans un contexte de changement global et aux techniques et méthodes spécialement adaptées aux sciences de la vie et de l'environnement (statistiques spatiales et temporelles, modélisation).

**Option Biologie et Ecologie Marines Fondamentales et Appliquées (BEMFA)**

Dans cette option, la contribution des modèles spécifiques au milieu marin (modèles biologiques, adaptations, modèles d'écosystèmes) au fonctionnement de la biosphère sera mise en avant. Là également, une attention particulière sera portée aux fluctuations et perturbations, naturelles et anthropiques dans le contexte du changement global, en s'appuyant sur des méthodologies modernes (outils moléculaires, informatique). Les enseignements porteront sur les méthodes permettant de tirer les informations d'un ensemble de données pour en émettre des hypothèses, sur l'analyse critique des conclusions, en particulier à partir de la littérature scientifique et sur l'approche scientifique de la biologie de la conservation.

**2.1.2 Objectifs en termes de compétence :**

**2.1.2.1 Objectifs de la mention en termes de compétence :**

L'objectif est de former des étudiants aux outils et méthodes modernes permettant d'aborder les sciences de l'environnement marin et tout particulièrement celles de l'océanographie.

**2.1.2.2 Objectifs spécifiques de la spécialité en termes de compétence :**

| Spécialité | Objectifs  |
|------------|--|
| OPCB       | Cette spécialité a pour objectif de préparer des spécialistes en océanographie physique côtière et en océanographie biologique et géochimique. Elle s'adresse aux étudiants désireux de mener un parcours pédagogiques orienté soit vers l'océanographie physique côtière, soit vers la biogéochimie marine fondamentale ou encore vers l'approche de la modélisation couplée physique – biogéochimie.   |
| BEM        | Le cursus de la spécialité "Biologie et écologie marines" a pour objectif de préparer des spécialistes capables de maîtriser les concepts et les outils dans des domaines fortement porteurs de la biologie marine et de l'écologie marine (diversité du vivant et son rôle dans le fonctionnement des écosystèmes, microbiologie et écologie microbienne, écologie mathématique, génétique des populations, dynamique des écosystèmes, bases scientifiques de la conservation). |

**2.2 Débouchés / Poursuites d'études**

**2.2.x.1 Poursuite d'études**

Renseigner si possible :

- Domaine de formation
- Diplômes
- Etablissements ou laboratoires partenaires
- Statistiques : données existantes relatives aux poursuites d'études

| Spécialité | Poursuites d'études/Lien avec d'autres certifications |
|------------|---|
|            |   |
|            |   |
|            |   |

## 2.2.x.2

### Métiers visés (pour les diplômes en création) ou constatés (pour les diplômes déjà existants)

Renseigner si possible :

- Secteurs d'activité
- Métiers envisagés
- Entreprises partenaires : entreprises qui accueillent des stagiaires, qui recrutent....
- Statistiques : données existantes relatives au suivi des étudiants et stagiaires (adéquation formation/emploi à l'issue de la formation, réussite études supérieures.....)

| Spécialité | Métiers visés   |
|------------|---|
| OPCB       | Recherche, enseignement supérieur, bureaux d'études, réseaux de surveillance et gestion, monitoring et prévision, services techniques de collectivités, PME/PMI                                 |
| BEM        | Recherche, enseignement supérieur, bureaux d'études, surveillance et gestion, services scientifiques de collectivités, bureaux d'études, parcs nationaux ou régionaux, Aires Marines Protégées. |

**(Si possible joindre fiche RNCP)**

### 2.1.3 Compétences transversales :

Exemples : Certification informatique et internet (C2i), certifications en langues étrangères

### 3 – Données statistiques descriptives

#### Effectifs attendus pour la mention et pour chaque spécialité (Pour les créations uniquement)

|               |      | M1      | M2      |
|---------------|------|---------|---------|
| Total mention |      | 80 – 90 | 40 – 45 |
| Spécialités   | OPCB | 20 – 30 | 15 – 20 |
|               | BEM  | 60      | 25      |

#### Inscrits, présents et admis aux différents niveaux de la mention (Pour les renouvellements)

| 2004/2005 |          |       |                           | 2005/2006 |          |       |                           | 2006/2007 |
|-----------|----------|-------|---------------------------|-----------|----------|-------|---------------------------|-----------|
|           | Inscrits | Admis | Admis/<br>présents<br>(%) |           | Inscrits | Admis | Admis/<br>présents<br>(%) | Inscrits  |
| Master 1  | 86       | 77    | 89,5%                     | 86        | 66       | 76,7% | 77                        |           |
| Master 2  | 38       | 34    | 89,5%                     | 36        | 33       | 91,7% | 46                        |           |

#### Inscrits et admis aux spécialités (Master 1)

| Spécialité                  | 2004/2005 |       | 2005/2006 |       | 2006/2007 |
|-----------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
|                             | Inscrits  | Admis | Inscrits  | Admis | Inscrits  |
| Biogéochimie                | 11        | 11    | 11        | 11    | 8         |
| Physique                    | 15        | 15    | 4         | 4     | 4         |
| Biologie – Ecologie Marines | 60        | 51    | 71        | 51    | 65        |



## 4 – Organisation de la formation initiale

### 4.1 De quelles mentions de licence (éventuellement de parcours) acceptez-vous les étudiants de plein droit

Les domaines possibles sont ceux des Sciences et Sciences et Technologies.

### 4.2 Pré requis PAR MENTION, PAR SPECIALITE (M):

- Nombre de crédits et diplôme précédent requis : Pour intégrer le Master, une Licence ou équivalent (180ECTS) est exigée. Un examen de dossier sera effectué pour tous les étudiants ayant une Licence ou équivalent relevant d'un autre champ disciplinaire.
- Modalités particulières d'accès : réorientation en cours de parcours de formation, validation d'études, de parcours professionnels par la VAP 85
- Maîtrise de connaissances et/ou capacités spécifiques :

### 4.3 Répartition des enseignements par semestre et par spécialité (indiquer si vous renseignez la première année par mention ou par spécialité) :

#### 4.3.1 Master 1: Si vous renseignez par spécialité, dupliquez cette page autant de fois que nécessaire

#### Volume total estimé par étudiant :

##### Semestre 1

| Cours (en heures) | TP (en heures) | TD (en heures) | Stage(en semaines/mois) | Mémoire (en crédits) |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------------|
| 125H00            | 50H00          | 75h00          |                         |                      |

##### Semestre 2

| Cours (en heures) | TP (en heures) | TD (en heures) | Stage(en semaines/mois) | Mémoire (en crédits) |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------------|
| 125H00            |                | 125H00         |                         |                      |

#### 4.3.2 Master 2

Spécialité : OPCB

#### Volume total estimé par étudiant :

##### Semestre 3

| Cours (en heures) | TP (en heures) | TD (en heures) | Stage(en semaines/mois) | Mémoire (en crédits) |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------------|
| 80H00             |                | 80H00          |                         |                      |

## Semestre 4

| Cours (en heures) | TP (en heures) | TD (en heures) | Stage(en semaines/mois) | Mémoire (en crédits) |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------------|
|                   |                |                | 4,5 mois                | 30 ECTS              |

Spécialité : BEM

Volume total estimé par étudiant :

## Semestre 3

| Cours (en heures) | TP (en heures) | TD (en heures) | Stage(en semaines/mois) | Mémoire (en crédits) |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------------|
| 80H00             |                | 80H00          |                         |                      |

## Semestre 4

| Cours (en heures) | TP (en heures) | TD (en heures) | Stage(en semaines/mois) | Mémoire (en crédits) |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------------|----------------------|
|                   |                |                | 4,5 mois                | 30 ECTS              |

### 4.4 Stage

|                | Type (obligatoire/optionnel) | Milieu (choix multiple) (secteur activité de l'entreprise /laboratoire) | Durée    | Stage pouvant être effectué à l'étranger (O/N) |
|----------------|------------------------------|---|----------|--|
| M1/ Spécialité | optionnel                    | Industriel ou Laboratoire de recherche                                  | 50H00    | N  |
| M2/Spécialité  | obligatoire                  | Laboratoire de recherche public ou privé                                | 4,5 mois | O  |

### 4.5 Modalités de mise en place du tutorat :

|  |
|--|
|  |
|--|

### 4.6 Modalités de contrôle des connaissances :

#### ➤ Inscription aux UE

Dans un semestre, l'étudiant s'inscrit à un ensemble d'UE correspondant à 30 crédits. Chaque spécialité du Master laisse libre à l'étudiant le choix d'un certain nombre d'unités d'enseignement qui lui permettent soit d'approfondir ses connaissances dans cette spécialité, soit de choisir un certain nombre des unités d'enseignement proposées par les autres spécialités dans une liste prédéfinie (voir liste des UE obligatoires et optionnelles de chaque spécialité détaillé dans la maquette d'habilitation). Ces choix sont effectués en concertation avec l'équipe pédagogique de la spécialité.

Aucune modification dans le choix des UE ne sera possible.

La date limite des inscriptions pédagogiques est fixée au 1<sup>er</sup> octobre (pour le 1<sup>er</sup> semestre), et au 15 décembre (pour le 2<sup>e</sup> semestre).

#### ➤ CAPITALISATION

Au sein d'un parcours de formation, les unités d'enseignement sont définitivement acquises et capitalisables dès lors que l'étudiant y a obtenu la note moyenne de 10/20 calculée sur l'ensemble de ses éléments constitutifs et sur les diverses formes de contrôle des connaissances (examen écrits, TP, projets, soutenance orale, ...). L'acquisition de l'unité d'enseignement entraîne l'acquisition des crédits correspondants.

## ➤COMPENSATION

Les Unités d'enseignement (UE) sont *notées* ; Il y a compensation entre les éléments constitutifs (EC) d'une même Unité d'Enseignement.

La règle de la compensation s'applique entre les différentes UE d'un même semestre (sur la base de la moyenne générale des notes obtenues pour les diverses UE, pondérées par les coefficients correspondants à leurs nombres de crédits), à condition que les UE auxquelles l'étudiant est inscrit, additionnées aux UE du même semestre capitalisées par le passé, totalisent 30 crédits.

Le M1 (resp. M2) est obtenu sur la base de l'obtention des deux semestres qui le constituent. Les mentions sont attribuées par niveaux (M1 ou M2) par le Jury de diplôme, avec les seuils habituels: AB pour une note moyenne entre 12/20 et 14/20, B entre 14/20 et 16/20, TB au delà de 16/20, cette note moyenne étant calculée comme moyenne générale des deux semestres. (réf maquette d'habilitation)

Lorsqu'une UE non acquise est représentée à une nouvelle session, toutes les épreuves de cette unité doivent être repassées ; la note nouvellement obtenue remplaçant la précédente.

Lorsqu'une unité a été acquise, que ce soit par validation ou par compensation, l'étudiant n'est pas autorisé à la repasser (pour améliorer sa note par exemple).

## ➤NOMBRE DE SESSIONS

2 sessions d'examen sont organisées par an. Les examens concernant chaque UE sont organisés à la fin du semestre au cours duquel s'est déroulée l'UE envisagée. Une session de rattrapage est organisée en fin d'année Universitaire, à l'exception du stage de M2 en laboratoire de recherche ou en entreprise, et des activités de TP et de projet en M1 ou en M2. Les étudiants qui souhaitent se présenter à la seconde session devront impérativement s'inscrire.

## ➤REGLES DE PROGRESSION

3 inscriptions annuelles sont autorisées au maximum pour l'obtention de la totalité du Master (M1+M2); L'admission en M2 sera assujettie à l'examen, par l'équipe pédagogique de la spécialité demandée, du dossier du candidat. Celui-ci devra avoir validé les UE constitutives du M1 avec un niveau de réussite jugé suffisant pour pouvoir suivre la formation à la recherche du M2\_R ou la formation professionnelle du M2\_P. (cf maquette d'habilitation)

Les étudiants qui ont interrompu leurs études depuis trois ans au moins bénéficient de nouveau du droit aux inscriptions semestrielles.

## ➤JURYS

Un Jury de semestre, composé des responsables d'UE du semestre et du responsable de la spécialité, est mis en place pour chaque spécialité. Un Jury de diplôme par niveau (M1 ou M2), composé de l'équipe de pilotage pédagogique, est également mis en place. Les Jurys de 3eme et 4eme semestres des spécialités co-habilitées au niveau du M2 (finalité recherche: « océanographie et météorologie côtière » avec L'université du Sud Toulon-Var et finalité professionnelle: « Environnement et Economie » avec l'UFR de Sciences Economique) sont mis en place conjointement avec ces différents établissements.

## ➤REGIME SPECIAL D'ETUDES

Le conseil d'administration, sur proposition du président et après avis du conseil des études et de la vie universitaire, fixe un régime spécial d'études au bénéfice notamment des étudiants engagés dans la vie active ou assumant des responsabilités particulières dans la vie universitaire ou étudiante, des étudiants effectuant leur service national, des étudiants chargés de famille, des étudiants engagés dans plusieurs cursus, des handicapés et des sportifs de haut niveau (aménagement d'emplois du temps, choix du mode de contrôle, etc.).

**4.7 Technologies de l'information et de la communication**

**4.7.1 Description du dispositif d'auto-formation en ligne:**



**4.7.2 Description des TIC utilisées en présentiel :**



## 5 Procédures d'aide à la réussite

### 5.1 Passerelles et réorientations

De quelle(s) mentions d'un autre M1, de quels intitulés de diplôme acceptez-vous les étudiants au titre des passerelles et réorientations?

L'admission en Master 2 sera assujettie à l'examen du dossier du candidat par l'équipe pédagogique de la spécialité demandée. Le candidat devra avoir validé les UE constitutives du M1 (60 ECTS) avec un niveau de réussite jugé suffisant pour pouvoir poursuivre la formation à la recherche dispensée dans le M2, dont l'objectif est d'alimenter la filière de formation doctorale. Cette appréciation se fera en fonction de la spécialisation demandée par le candidat. Une admission sur dossier d'un certain nombre de candidats issus d'autres Master français ou étrangers, ou d'écoles d'ingénieurs est également prévue sur la base du fonctionnement actuel.

### 5.2 Orientation vers des spécialités professionnalisantes

Les étudiants de M1 non admis en M2 et souhaitant une réorientation professionnelle pourront si leur dossier le permet être intégré dans le master professionnel que nous proposons. Ils pourront y être admis en 2<sup>ème</sup> année s'ils ont validé le M1, soit en 1<sup>ère</sup> année. La réorientation vers d'autres Master ou des écoles d'ingénieurs est également envisagée comme c'est déjà le cas actuellement.

### 5.5 Développement du dispositif d'aide à la réussite

| Nature                    | Oui/non | Si oui, nombre d'heures par étudiant éligible |
|---------------------------|---------|---|
| Module d'adaptation en M1 | oui     | 50h00   |
| Tutorat                   | non     |   |

## 6 Evaluation des enseignements

**Spécialité : Dupliquer cette page autant de fois que nécessaire**

**6.1 Dispositif existant : O/N**

**6.2 Si « oui », description succincte du dispositif :**

Des questionnaires sont distribués dans certaines UE aux étudiants. Cette démarche devra être généralisée et une analyse des résultats pourra être établie par le CEVU du COM.

## 7 Apprentissage

**7.1 Nom du CFA gestionnaire :**

**7.1.x ↓ spécialité ouverte en apprentissage : Dupliquer autant de fois que nécessaire**

**7.1.x.1 Date de création de la section :**

## 8 Enseignement à distance

**8.1 Service gestionnaire :**

**8. x ↓ Spécialité : dupliquer autant de fois que nécessaire**

# MASTER d'OCÉANOGRAPHIE

## Spécialité « Océanographie Physique, Chimique et Biologique »

Responsable : Prof. B. Quéguiner (Centre d'Océanologie de Marseille)

### Objectifs de la formation demandée :

Compréhension, prévision d'état et gestion des écosystèmes marins sont les maîtres mots de la formation. Les déséquilibres écologiques croissants des systèmes marins se font aujourd'hui sentir à toutes les échelles d'observation, des impacts locaux voire maintenant régionaux liés à l'eutrophisation croissante du domaine marin jusqu'aux impacts globaux engendrés par les autres activités anthropiques que sont l'émission de composés chimiques divers impactant la température moyenne du globe mais aussi déjà la structure et la diversité fonctionnelle des écosystèmes.

La formation proposée donnera aux futurs gestionnaires scientifiques des écosystèmes marins et aux chercheurs dont les travaux en ce domaine ne manqueront pas de devoir progresser, les éléments conceptuels de connaissance du fonctionnement physique, chimique et biologique des écosystèmes marins. La formation a aussi pour objectif de fournir les outils : outils d'étude modernes des écosystèmes (mesures physiques, chimiques et biologiques) de l'échelle microscopique à l'échelle globale ; outils numériques, en évolution constante mais qui permettent déjà de tracer des scénarios d'évolution des systèmes océaniques et côtiers face au changement global (perturbations des cycles biogéochimiques, modifications des peuplements, impacts sur les services rendus, notamment sur la ressource halieutique). Le but de la formation est ainsi d'amener les étudiants qui la suivront à porter leur réflexion dans une approche *end-to-end* défendue par les grands programmes internationaux (*IGBP-GLOBEC* et *IGBP-IMBER* qui fusionneront à court terme). Il s'agit dans un premier temps de développer l'approche pluri-disciplinaire au cours du premier semestre de master. Il s'agit ensuite d'orienter les étudiants vers l'excellence disciplinaire au sein de trois parcours individualisés dès le second semestre et bien différenciés au cours du troisième semestre, dans des approches pluridisciplinaires conjointes.

### Débouchés de la formation demandée :

Les débouchés des formations en sciences de l'environnement sont une véritable préoccupation. Elles existent pourtant, nombreuses et diverses, et se développeront dans un futur proche. La récente prise de conscience politique des enjeux environnementaux amène logiquement à penser que ce secteur devra connaître un développement dans les années à venir au sein des organisations nationales et internationales qui prendront en charge la gestion de l'environnement planétaire et mettront en œuvre les outils nécessaires pour aboutir à cet objectif à moyen/long terme. Les débouchés des étudiants des filières actuelles concernent les secteurs publics (organismes de recherche : CNRS, IRD, Université, ..., collectivités en charge de la gestion environnementale ...), semi-publics (EDF, Ifremer, Agences de l'Eau ...) et privés (chargés d'études ou de missions « environnement » de grandes entreprises comme la SNCM).

L'université de la Méditerranée, notamment par l'intermédiaire de son Centre d'Océanologie, a la capacité de délivrer cette formation de haut niveau sur les plans national et international, réunissant ainsi dans le cadre de cette seule spécialité, pas moins de 29 spécialistes reconnus des différents domaines de l'océanographie. L'Université joue ici pleinement son jeu, assurant le lien entre une recherche en vue d'objectifs à long terme (augmentation des connaissances, souvent perçue comme la recherche « fondamentale ») et celle permettant des progrès sociétaux à court et moyen termes (outils de surveillance de l'environnement, outils de prévisions et outils de gestion, souvent perçus comme la recherche « appliquée »).

## Année M1

1° semestre – 30 crédits parmi :

parcours

horaires

crédits<sup>1</sup>

|         |  |             |         |      |   |
|---------|--|-------------|---------|------|---|
|         | Anglais  | Obligatoire | général | 50 h | 6 |
| OPCB-01 | Océanographie générale   | Obligatoire | général | 50 h | 6 |
| OPCB-02 | Océanographie chimique <sup>1</sup>  | Obligatoire | général | 50 h | 6 |
| OPCB-03 | Océanographie Biologique 1 – Structure et fonctionnement des écosystèmes pélagiques marins | Optionnelle | général | 50 h | 6 |
| OPCB-04 | Océanographie Biologique 2 – Structure et fonctionnement des écosystèmes benthiques marins | Optionnelle | général | 50 h | 6 |
| OPCB-05 | Initiation à la modélisation et aux statistiques pour l'écologie                           | Optionnelle | général | 50 h | 6 |

2° semestre – 30 crédits parmi :

|          |  |             |                 |       |    |
|----------|--|-------------|-----------------|-------|----|
| OPCB-06  | Formation embarquée  | Obligatoire | général         | 50 h  | 6  |
| OPCB-07  | Initiation aux techniques numériques                                   | Obligatoire | Physique        | 50 h  | 6  |
|          |  | Obligatoire | Modèles couplés |       |    |
|          |  | Optionnelle | Chimie Biologie |       |    |
| OPCB-08  | Houle, vagues, échanges air/mer, dynamique sédimentaire                | Obligatoire | Physique        | 50 h  | 6  |
|          |  | Optionnelle | Chimie Biologie |       |    |
| OPCB-09  | Eléments de dynamique marine   | Obligatoire | Physique        | 50 h  | 6  |
| OPCB-14  | Océanographie Chimique 2   | Obligatoire | Chimie Biologie | 50 h  | 6  |
| OPCB-15  | Océanographie Biologique 3 – Écophysiologie des microorganismes marins | Obligatoire | Chimie Biologie | 50 h  | 6  |
| OPCB-12  | Fonctionnement des écosystèmes et modélisation                         | Obligatoire | Chimie Biologie | 50 h  | 6  |
|          |  | Optionnelle | Physique        |       |    |
| OPCB-10  | Projet de modélisation de la circulation régionale 3D                  | Optionnelle | tous parcours   | 50 h  | 6  |
| OPCB-11  | Initiation à la modélisation côtière hydrodynamique et sédimentaire    | Optionnelle | tous parcours   | 50 h  | 6  |
| OPCB-13  | Paléoclimatologie, paléocéanographie                                   | Optionnelle | tous parcours   | 50 h  | 6  |
| OPCB-16  | Caractérisation et devenir de la matière organique en milieu marin     | Optionnelle | Chimie Biologie | 50 h  | 6  |
| OPCB-18  | Modélisation en écologie marine  | Optionnelle | Chimie Biologie | 50 h  | 6  |
| total M1 |  |             |                 | 500 h | 60 |

<sup>1</sup> crédits ECTS (European Credit Transfer System)



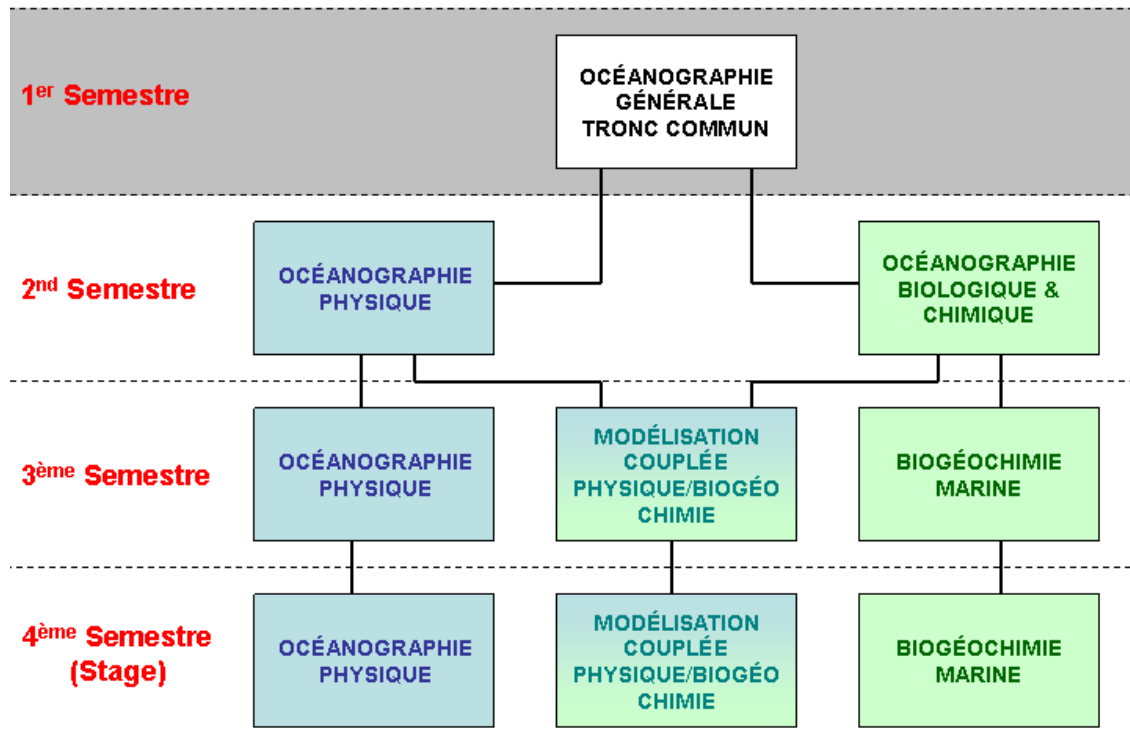
3° semestre – 30 crédits parmi :

|         |   |             |                 |      |   |
|---------|---|-------------|-----------------|------|---|
| OPCB-22 | Optique marine  | Obligatoire | Physique        | 32 h | 6 |
|         |   | Obligatoire | Biogéochimie    |      |   |
|         |   | Optionnelle | Modèles couplés |      |   |
| OPCB-19 | Modélisation de la turbulence   | Obligatoire | Physique        | 16 h | 3 |
|         |   | Optionnelle | Modèles couplés |      |   |
| OPCB-20 | Mésos-échelle océanique   | Obligatoire | Physique        | 16 h | 3 |
|         |   | Obligatoire | Modèles couplés |      |   |
| OPCB-21 | Océanographie côtière   | Obligatoire | Physique        | 16 h | 3 |
| OPCB-23 | Modèles à particules lagrangiennes  | Obligatoire | Physique        | 16 h | 3 |
|         |   | Optionnelle | Modèles couplés |      |   |
| OPCB-24 | Circulation générale en Méditerranée  | Obligatoire | Physique        | 16 h | 3 |
| OPCB-31 | Introduction à l'assimilation de données dans les modèles numériques  | Obligatoire | Physique        | 16 h | 3 |
|         |   | Obligatoire | Modèles couplés |      |   |
| OPCB-26 | Traceurs géochimiques   | Obligatoire | Biogéochimie    | 32 h | 6 |
|         |   | Optionnelle | Physique        |      |   |
|         |   | Optionnelle | Modèles couplés |      |   |
| OPCB-27 | Rôle de l'océan dans le contrôle du CO <sub>2</sub> atmosphérique   | Obligatoire | Biogéochimie    | 32 h | 6 |
| OPCB-28 | Cycles des éléments biogènes associés au cycle du carbone   | Obligatoire | Biogéochimie    | 32 h | 6 |
| OPCB-25 | Modélisation couplée des processus physiques et biogéochimiques benthos-pélagiques en milieu côtier peu profond | Obligatoire | Modèles couplés | 32 h | 6 |
|         |   | Optionnelle | Physique        |      |   |
| OPCB-30 | Modélisation mécaniste des premiers échelons trophiques et échanges verticaux                                   | Obligatoire | Modèles couplés | 32 h | 6 |
|         |   | Optionnelle | Physique        |      |   |
| OPCB-32 | Structure des réseaux trophiques et changement climatique   | Obligatoire | Modèles couplés | 16 h | 3 |
| OPCB-29 | Interactions continent-océan-atmosphère   | Obligatoire | Biogéochimie    | 16 h | 3 |
|         |   | Optionnelle | Modèles couplés |      |   |

4° semestre

|                                   |             |               |       |    |
|-----------------------------------|-------------|---------------|-------|----|
| Stage de recherche en laboratoire | Obligatoire | Tous parcours |       | 30 |
| total M2                          |             |               | 150 h | 60 |

## ORGANISATION GÉNÉRALE DU CURSUS



### Equipe pédagogique :

|                     |                    | <b>responsabilités d'unités</b>                 |
|---------------------|--------------------|---|
| M. Baklouti         | MCF                | OPCB-09, 30                                     |
| S. Blain            | PR2                | OPCB-14, 25, 26                                 |
| D. Botha            | MCF                | OPCB-31   |
| C.-F. Boudouresque  | PRCE               |   |
| H. Branger          | CR1 CNRS IRPHE/IOA |   |
| F. Carlotti         | DR2 CNRS LOB       |   |
| P. Cuny             | MCF                | OPCB-16   |
| I. Dekeyser         | PRCE               | OPCB-07, 18                                     |
| F. Diaz             | MCF                | OPCB-12,29                                      |
| A. Doglioli         | MCF                | OPCB-10, 19, 21, 22, 23                         |
| M. Goutx            | DR2 CNRS LMGEM     |   |
| C. Guieu            | DR2 CNRS LOV       |   |
| C. Jeandel          | DR2 CNRS LEGOS     |   |
| K. Leblanc          | CR1 CNRS LOB       |   |
| Y. Letourneur       | MCF                | OPCB-04   |
| B. Millet           | PR2                | OPCB-01, 11                                     |
| T. Moutin           | MCF                | OPCB-02   |
| M. Pagano           | DR IRD CYCROCO     |   |
| C. Panagiotopoulos, | CR2 CNRS LMGEM     |   |
| A. Petrenko         | MCF                | OPCB-06, 21                                     |
| C. Pinazo           | MCF                | OPCB-08, 24                                     |
| J.-C. Poggiale      | PR2                | OPCB-05,17                                      |
| B. Quéguiner        | PR2                | OPCB-03, 15, 27, 28 + responsable de spécialité |
| C. Robert           | PR2                |   |
| R. Sempéré          | DR2 CNRS LMGEM     |   |
| C. Tamburini        | CR1 CRNS LMGEM     |   |
| N. Thouveny         | PR1                | OPCB-13   |

A.-F. Yao

MCF

ATER « Océanographie Physique » remplacement J.-L. Devenon mis à disposition

## Liste des Unités d'Enseignement :

|   |    |
|---|----|
| OPCB-01 : Océanographie Générale .....  | 20 |
| OPCB-02 : Océanographie Chimique 1 .....  | 21 |
| OPCB-03 : Océanographie Biologique 1 – Structure et fonctionnement des<br>écosystèmes pélagiques marins.....                        | 22 |
| OPCB-04 : Océanographie Biologique 2 – Structure et fonctionnement des<br>écosystèmes benthiques marins.....                        | 23 |
| OPCB-05 : Initiation à la modélisation et aux statistiques pour l'écologie .....  | 23 |
| OPCB-06 : Formation embarquée.....  | 24 |
| OPCB-07 : Méthodes de calcul numérique.....   | 25 |
| OPCB-08 : Houle, vagues, échanges air/mer et dynamique sédimentaire.....  | 26 |
| OPCB-09 : Eléments de dynamique marine .....  | 27 |
| OPCB-10 : Projet de modélisation de la circulation régionale 3D .....   | 28 |
| OPCB-11 : Initiation à la modélisation côtière hydrodynamique et sédimentaire .....   | 29 |
| OPCB-12 : Fonctionnement des écosystèmes et modélisation .....  | 29 |
| OPCB-13 : Paléoclimatologie - Paléocéanographie. ....   | 30 |
| OPCB-14 : Océanographie Chimique 2 .....  | 31 |
| OPCB-15 : Océanographie Biologique 3 – Écophysiologie des microorganismes<br>marins.....  | 32 |
| OPCB-16 : Caractérisation et devenir de la matière organique en milieu marin.....   | 34 |
| OPCB-18 : Modélisation en écologie marine .....   | 35 |
| OPCB-19 : Modélisation de la turbulence .....   | 35 |
| OPCB-20 : Mésos-échelle océanique .....   | 36 |
| OPCB-21 : Océanographie côtière.....  | 37 |
| OPCB-22 : Optique marine.....   | 38 |
| OPCB-23 : Modèles à particules lagrangiennes .....  | 39 |
| OPCB-24 : Circulation générale en Méditerranée .....  | 39 |
| OPCB-25 : Modélisation couplée des processus physiques et biogéochimiques benthos-<br>pélagiques en milieu côtier peu profond ..... | 40 |
| OPCB-26 : Traceurs géochimiques.....  | 41 |
| OPCB-27 : Rôle de l'océan dans le contrôle du CO <sub>2</sub> atmosphérique.....  | 42 |
| OPCB-28 : Cycles des éléments biogènes associés au cycle du carbone. ....   | 42 |
| OPCB-29 : Interactions continent-océan-atmosphère. ....   | 44 |
| OPCB-30 : Modélisation mécaniste des premiers échelons trophiques et échanges<br>verticaux.....                                     | 45 |
| OPCB-31 : Introduction à l'assimilation de données dans les modèles numériques.....   | 46 |
| OPCB-32 : Structure des réseaux trophiques et changement climatique.....  | 46 |

### ➤OPCB-01 : Océanographie Générale

|                 |  |               |                  |
|-----------------|--|---------------|------------------|
| Type de cours : | <b>CM et TD</b>  | Responsable : | <b>B. Millet</b> |
| Durée :         | <b>50 heures</b>                                       | Intervenant : | <b>B. Millet</b> |
| Crédits :       | <b>6 ECTS</b>  |               |                  |
| Période :       | <b>1<sup>ère</sup> année – 1<sup>er</sup> semestre</b> |               |                  |

Type d'enseignement : **obligatoire** – Tronc commun du M1 «Océanographie»

Objectif : **La compréhension du fonctionnement de la machine thermodynamique couplée océan-atmosphère et des principaux types de circulation océanique à grande et méso-échelle qui conditionnent la dynamique des écosystèmes.**

Méthode pédagogique :



des éléments majeurs. Les éléments biologiquement actifs (oxygène et macronutriments) : stock, flux, distribution et relation avec la circulation générale. Le système des carbonates (pH de l'eau de mer, alcalinité, équilibre thermodynamique du système, variables et grandeurs mesurables).

#### **Travaux dirigés : 12 heures**

Notion de salinité (utilisation des tables océanographiques internationales, équation d'état de l'eau de mer), Oxygène dissous (dosages, expression des résultats, solubilité, notion d'AOU, étude de profils), Macronutriments (fractions mesurables de l'azote et du phosphate, méthodes de mesure, calculs de concentration et de gradients, notion de flux), Equilibre des carbonates (construction des diagrammes log-log).

#### **Travaux pratiques : 20 heures**

Détermination des variables suivantes dans l'eau de mer: oxygène dissous, salinité, masse volumique, sels nutritifs, chlorophylle a, pH, alcalinité, calcium, azote organique dissous et particulaire.

---

### **➤OPCB-03 : Océanographie Biologique 1 – Structure et fonctionnement des écosystèmes pélagiques marins**

|                 |  |                |                               |
|-----------------|--|----------------|-------------------------------|
| Type de cours : | <b>CM, TP et TD</b>                                    | Responsable :  | <b>B. Quéguiner</b>           |
| Durée :         | <b>50 heures</b>                                       | Intervenants : | <b>B. Quéguiner, D. Botha</b> |
| Crédits :       | <b>6 ECTS</b>  |                |                               |
| Période :       | <b>1<sup>ère</sup> année – 1<sup>er</sup> semestre</b> |                |                               |

Type d'enseignement : **optionnel** – Tronc commun du M1 «Océanographie»

Objectif : **montrer l'importance des producteurs primaires pélagiques à l'échelon mondial, faire acquérir les connaissances permettant de distinguer les grands systèmes de production, notamment sous l'angle de la structuration des réseaux trophiques et donner les éléments permettant d'appréhender les principaux facteurs contrôlant la variabilité spatio-temporelle du milieu pélagique.**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux à l'aide de supports informatiques, travaux pratiques à la mer sur l'Antedon II et au laboratoire (examen de pêches planctoniques), travaux dirigés sur documents.**

Prérequis : **Licence SdU ou SdV**  
Modalités de contrôle des connaissances : **Remise d'un rapport à l'issue des travaux pratiques et épreuves écrites (CM et TD) en fin de semestre**  
Ressources pédagogiques fournies : **- cours de B. Quéguiner en libre accès sur internet, - documents de TD fournis.**

Ouvrage(s) de référence :

**Jacques G.** 2006. Écologie du plancton. *Lavoisier ed., TEC & DOC*, 283 pp. ISBN : 2743009330.

**Quéguiner B.** 2007. Structure et Fonctionnement des Ecosystèmes Pélagiques Marins. *Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université ; CNRS ; LOBUMR 6535, Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, OSU/Centre d'Océanologie de Marseille*, 103 pp.

Plan de cours :

#### **Cours théoriques : 25 heures**

- 1) Les grands ensembles végétaux et la production primaire marine : notions de biomasse et de production, production et lumière, les grands ensembles végétaux marins, estimations de la production primaire marine,
- 2) Les organismes planctoniques : le phytoplancton eucaryote (diatomées, dinoflagellés, prymnésiophytes, "nanoflagellés") et procaryote (cyanobactéries), la chimiotaxinomie, le bactérioplancton, le zooplancton,



Crédits : **6 ECTS**  
Période : **1<sup>ère</sup> année – 1<sup>er</sup> semestre**

Type d'enseignement : **optionnel – Tronc commun du M1 «Océanographie»**

Objectif : **Mettre à niveau les étudiants sur les méthodes mathématiques et statistiques pour les applications en écologie, leur fournir également une initiation à la modélisation.**

Méthode pédagogique : Cours et travaux dirigés

Prérequis : **Licence SdU ou SdV**  
Modalités de contrôle des connaissances : **Epreuve écrite en fin de semestre**  
Ressources pédagogiques fournies : **Livres disponibles à la bibliothèque universitaire**  
Ouvrage(s) de référence : **Ouvrages de mathématiques et de statistiques de base**

Plan de cours :

- 1) Introduction à la modélisation en écologie : démarche et principe de construction d'un modèle en écologie
- 2) Exemples de modèles à une variable : objectifs de ces modèles, principe de leur étude
- 3) Introduction aux modèles à plusieurs variables, algèbre linéaire et systèmes différentiels linéaires
- 4) Analyse de modèles classiques en écologie
- 5) Apport de la modélisation à l'établissement de relations entre la biogéochimie et l'écologie des communautés
- 6) Statistiques descriptives
- 7) Rappels sur les probabilités et lois usuelles – Comparaison de distributions
- 8) Introduction aux tests statistiques

---

## ➤OPCB-06 : Formation embarquée

Type de cours : **CM, TP et TD**                      Responsable : **A. Petrenko**  
Durée : **50 heures**                                      Intervenants : **A. Petrenko, S. Blain, ATER**  
Crédits : **6 ECTS**  
Période : **1<sup>ère</sup> année – 2<sup>ème</sup> semestre**

Type d'enseignement : **obligatoire – Parcours « Océanographie Physique » du M1**  
**obligatoire – Parcours « Océanographie Biologique et Chimique » du M1**

Objectif : **Obtenir les connaissances indispensables en instrumentation (océanographique physique et biogéochimique) pour compléter les cours théoriques et effectuer une expérience sur le terrain sous la forme d'une formation embarquée.**

Résumé : **Description, et utilisation lors d'une formation embarquée, d'instruments océanographiques de mesure in situ (CTD, ADCP, PAR, fluorimètre, transmissiomètre,...) et de technique de prélèvement et échantillonnage (rosette). Analyse des données acquises en mer par les étudiants (et des archives des données acquises par les étudiants les années précédentes).**

**L'un des avantages de ce programme sera l'utilisation à but d'enseignement des équipements mis à disposition à bord du Téthys (ADCP de coque, thermo-salinographe, fluorimètre) et de la chaîne de traitement mise en place par l'INSU dans le cadre du programme SAVED (Système d'Acquisition de Validation et d'Exploitation des Données ADCP).**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux, travaux pratiques à la mer sur le Téthys II, travaux dirigés sur ordinateur avec utilisation du logiciel de visualisation et d'analyse MATLAB<sup>®</sup>.**



Prérequis : **Océanographie physique élémentaire  
Océanographie chimique 1 (ou équivalent)**  
Modalités de contrôle des connaissances : **Epreuve écrite en fin de semestre**  
Ressources pédagogiques fournies : **- documents de cours, TP et TD (équations, graphes, textes d'exercices).**

Ouvrage(s) de référence :  
**Emery W.J. (Ed.) & Thomson R.E. (Ed.).** 1998. *Data analysis methods in physical oceanography*, Pergamon Press, 283 pp. ISBN : 0444507566.  
**Aminot A. & Chaussepied M.** 1983. *Manuel des analyses physico-chimiques en milieu marin, CNEXO, BNDO/ Documentation, Brest*, 479 pp.

Plan de cours :

### **Techniques instrumentales en océanographie physique**

**Cours théoriques : 10 heures**  
**Travaux dirigés : 5 heures**  
**Travaux pratiques : 5 heures**

- 1) Historique,
- 2) Référentiel – cartographie (projection cartographique, projection de Mercator),
- 3) Position en mer (point à l'estime, navigation astronomique, cartes marines, orthodromie, loxodromie, GPS),
- 4) Instruments océanographiques (échantillonnage, mesures – T, S, p,  $\eta$  –, grandeurs dérivées, plateformes de déploiement des instruments – bathysonde, profileurs, flotteurs lagrangiens, *AUVs*, *gliders*, ...–, mesures satellitales),
- 5) Mesure de la vitesse des courants.

### **Techniques instrumentales en océanographie chimique**

**Cours théoriques : 10 heures**  
**Travaux dirigés : 5 heures**  
**Travaux pratiques : 5 heures**

---

## **➤OPCB-07 : Méthodes de calcul numérique**

Type de cours : **CM, TP et TD**                      Responsable : **I. Dekeyser**  
Durée : **50 heures**                                      Intervenants : **I. Dekeyser, X**  
Crédits : **6 ECTS**  
Période : **1<sup>ère</sup> année – 2<sup>ème</sup> semestre**

Type d'enseignement : **obligatoire** – Parcours « Océanographie Physique » du M1

Objectif : **Initiation aux techniques numériques.**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux, travaux dirigés et travaux pratiques sur ordinateurs.**

Prérequis : **Bases en mathématiques**  
Modalités de contrôle des connaissances : **Epreuve écrite en fin de semestre**  
Ressources pédagogiques fournies : **- documents de TP et TD.**  
Ouvrage(s) de référence :

Plan de cours :

**Cours théoriques : 16 heures**  
**Travaux dirigés : 20 heures**  
**Travaux pratiques : 14 heures**

- 1) Intégration numérique des intégrales (Méthodes de Newton-Cotes),











## **CEREGE (géochimie, paléobiologie, géophysique et accélérateur de particules pour les datations).**

Prérequis : **Formation de licence en sédimentologie, géochimie et géophysique.**

Modalités de contrôle des connaissances : **Examen écrit en fin de semestre + remise d'un rapport et présentation orale**

Ressources pédagogiques fournies :

Ouvrage(s) de référence :

**Bigg G.R.** 1996. *The Oceans and Climate. 2<sup>nd</sup> edition, Cambridge University Press, 286 pp. ISBN 10:0521016347. doi: 10.2277/0521016347.*

**Bradley R.S.** 1999. *Paleoclimatology – Reconstructing Climates of the Quaternary. 2<sup>nd</sup> edition, Academic Press, San Diego, 613 pp. ISBN 0-12-124010-X.*

**Wells N.** 1997. *The Atmosphere and Ocean: A Physical Introduction, 2<sup>nd</sup> edition, Wiley, 404 pp. ISBN 0471962168.*

Plan de cours :

### **Paléoclimatologie**

**Cours théoriques : 15 heures**

- 1) Insolation : variabilités spatiale et temporelle échelle annuelle,
- 2) Circulation générale atmosphérique dans la régulation du climat,
- 3) L'effet de serre naturel et son enrichissement anthropique,
- 4) Le climat historique de l'an mil au XXI<sup>ème</sup> siècle,
- 5) Variabilité à l'échelle multimillénaire : théorie astronomique des paléoclimats,
- 6) Réponses des environnements aux variations du climat : de la théorie à l'observation,
- 7) Traceurs géochimiques, géophysiques, minéralogiques et paléobiologiques dans les sédiments et les glaces,
- 8) Depuis 3 millions d'années : fortes amplitudes et rythmes lents,
- 9) Des événements climatiques « abrupts » à l'échelle millénaire.

### **Paléocéanographie**

**Cours théoriques : 15 heures**

- 1) Circulation générale océanique dans la régulation du climat,
- 2) Contraintes géodynamiques à long terme sur le Climat global : tectonique des plaques et paléocéans (Téthys, océan Austral),
- 3) Conséquences d'un impact : la limite Crétacé/Tertiaire, *Strangelove Ocean*,
- 4) Climats chauds et océans stratifiés du Crétacé,
- 5) Evénements du Miocène et développement du système océan/climat actuel.

**Travaux dirigés : 20 heures**

Détermination de l'insolation moyenne terrestre à partir de l'irradiance solaire mesurée hors de l'atmosphère : distribution et répartition des énergies ; variabilité de l'activité solaire : tâches solaires et irradiance ; insolation et saisons: analyse de diagrammes et de séries temporelles d'insolation en fonction de la latitude ; variations d'insolation en fonction des variations des paramètres orbitaux, liens avec les séries temporelles paléoclimatiques ; analyses de documents (films et articles scientifiques) ; préparation et présentation d'exposés ; application de méthodes analytiques à l'étude des paléoenvironnements.

---

## **➤OPCB-14 : Océanographie Chimique 2**

|                 |   |                |                            |
|-----------------|---|----------------|----------------------------|
| Type de cours : | <b>CM, Travail personnel</b>                            | Responsable :  | <b>S. Blain</b>            |
| Durée :         | <b>50 heures</b>  | Intervenants : | <b>S. Blain, T. Moutin</b> |
| Crédits :       | <b>6 ECTS</b>   |                |                            |
| Période :       | <b>1<sup>ère</sup> année – 2<sup>ème</sup> semestre</b> |                |                            |

Objectif : **Apporter des notions approfondies en chimie océanographique.**

Type d'enseignement : **obligatoire** – Parcours « Océanographie Biologique et Chimique » du M1

Méthode pédagogique :

Prérequis : **Licence SdU ou SdV (Chimie générale, chimie des solutions et chimie analytique) et UE OPCB-02 : Océanographie Chimique 1 du M1.**

Modalités de contrôle des connaissances : **Examen écrit en fin de semestre ( $\frac{2}{3}$ ) et présentation orale de la synthèse sur documents scientifiques ( $\frac{1}{3}$ ).**

Ressources pédagogiques fournies :  
- **Documents support du cours (15 pages).**  
- **Liste bibliographique et de sites Internet,**

Ouvrage(s) de référence :

**Riley/Skirrow**, volume 2, Chemical oceanography, Academic press, ISBN-0 12 588602-0.

**Oudot, C.** La distribution des gaz dissous dans l'océan, exemple de l'Atlantique tropical

Plan de cours :

**Cours théoriques : 25 heures**

- 1) Les éléments-traces (méthodes de d'échantillonnage et de mesure, distributions et spéciation chimique, puits et sources et impacts sur les distributions, assimilation biologique, *scavenging*, apports – continentaux et sédimentaires, atmosphériques, hydrothermaux –, rôle des métaux – fonctions biochimiques, mécanisme d'acquisition par les microorganismes, un exemple de cycle: le cas du fer),
- 2) Chimie organique (les grands groupes de molécules organiques, composition de la matière organique particulaire, composition de la matière organique dissoute – carbone organique dissous, azote organique dissous, phosphore organique dissous, colloïdes et les métaux-traces –),
- 3) Isotopes radioactifs (notions de radioactivité – désintégrations radioactives, loi de désintégration, familles radioactives et équilibre séculaire –, application à la détermination de la vitesse de *scavenging* des particules, applications à la datation et à la mesure de la vitesse de sédimentation,
- 4) Distribution des gaz dissous dans l'océan (gaz inertes et réactifs, composition dans l'atmosphère, dissolution et solubilité dans l'eau de mer, échange gazeux à l'interface – coefficients de transfert, modèle d'échange gazeux –, processus affectant les gaz conservatifs, étude comparée de la distribution d'un gaz conservatif et d'un gaz trace réactif – N<sub>2</sub>O –).

**Travaux personnel sur documentation scientifique : 25 heures**

---

## ➤ **OPCB-15 : Océanographie Biologique 3 – Écophysiologie des microorganismes marins**

Type de cours : **CM, TP et TD**

Responsable : **B. Quéguiner**

Durée : **50 heures**

Intervenants : **B. Quéguiner, D. Botha, K. Leblanc**

Crédits : **6 ECTS**

Période : **1<sup>ère</sup> année – 2<sup>ème</sup> semestre**

Type d'enseignement : **obligatoire** – Parcours « Océanographie Biologique et Chimique » du M1

Objectif : **Appréhender les relations liant la croissance des microorganismes (bactéries, phytoplancton) à la disponibilité en nutriments inorganiques (modèle de Monod, modèle à quota de Droop). Identifier les caractéristiques de la nutrition minérale des macronutriments (N, P et Si) et des métaux-traces et illustrer les concepts de facteur limitant (loi de von Liebig) et de co-limitation nutritionnelle. Formuler les lois mathématiques des différents modèles conceptuels en vue de leur application en modélisation numérique.**



Méthode pédagogique : **Cours magistraux, travaux dirigés et pratiques.**

Prérequis : **Licence SdU ou SdV (Physiologie des grandes fonctions, microbiologie).**

Modalités de contrôle des connaissances : **Examen écrit en fin de semestre (2/3) et moyenne des comptes-rendus de travaux pratiques (1/3).**

Ressources pédagogiques fournies :  
- **cours de B. Quéguiner en libre accès sur internet,**  
- **documents de TD fournis,**  
- **recueil de travaux pratiques.**

Ouvrage(s) de référence :

**Quéguiner B.** 2005. Microorganismes et cycles biogéochimiques – Rôle des microorganismes à l'échelle communautaire, populationnelle, cellulaire et moléculaire dans le fonctionnement des cycles biogéochimiques dans les écosystèmes marins. *Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université ; CNRS ; LOBUMR 6535, Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, OSU/Centre d'Océanologie de Marseille*, 64 pp.

**Reynolds C.S.** 1997. Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. *Excellence in Ecology volume 9, O. Kinne ed., Ecology Institute, Oldendorf/luhe*, 371 pp. ISSN 0932-2205.

**Smith R. & Waltman P.** 1995. The theory of the Chemostat : dynamics of microbial competition. *Cambridge University Press*, 312 pp. ISBN 0521470277.

**Tilman D.** 1982. Resource Competition and Community Structure. *Princeton University Press*, 296 pp. ISBN 0691083029.

Plan de cours :

**Cours théoriques : 26 heures**

- 1) Dynamique nutritionnelle du phytoplancton – caractères généraux (Introduction – le paradoxe du plancton, caractéristiques d'une culture en milieu fermé, principe de la culture continue – modèles à un compartiment, à deux compartiments, à plus de deux compartiments –),
- 2) Nutrition minérale : les macronutriments (absorption et assimilation de l'azote, diazotrophie des cyanobactéries, absorption et assimilation du phosphore, mobilité des organismes et compétitivité vis-à-vis du phosphore, métabolisme du silicium et morphogénèse du frustule des diatomées),
- 3) Compétition entre espèces (rapport nutritif optimal, coexistence et dominance, compétition dans un milieu variable),
- 4) Nutrition minérale : les métaux-traces (fonctions physiologiques des métaux, biodisponibilité des métaux, mécanismes d'absorption des métaux, relation avec la spéciation, compétition interspécifique et rôle des ligands, mécanismes de régulation de la concentration intracellulaire, compétition entre métaux et toxicité),
- 5) Les équilibres dissociation-diffusion-absorption : utilisation du carbone inorganique dissous (formes chimiques du carbone minéral dans l'eau de mer, processus d'absorption du carbone minéral, ...).

**Travaux dirigés : 16 heures**

Utilisation des isotopes stables et radioactifs dans les mesures de flux, principe des mesures (scintillation liquide, spectrométrie de masse), méthodes de calcul ; étude des facteurs limitants dans différents types d'écosystèmes pélagiques (variabilité spatio-temporelle, mise en évidence de co-limitations nutritionnelles et de limitations multiples) ; déterminisme des successions phytoplanctoniques ; compétitions bactéries/phytoplancton ; processus de *tunneling* et de *by-pass*.

**Travaux pratiques : 8 heures**

Nutrition azotée : mesure de l'activité de la nitrate-réductase du phytoplancton ; mesure à l'électrode à oxygène de l'action de certains polluants sur le phytoplancton ; détermination du facteur nutritionnel limitant par la méthode des enrichissements différentiels.

---

## ➤OPCB-16 : Caractérisation et devenir de la matière organique en milieu marin

Type de cours : **CM et TD**

Responsable : **P. Cuny**

Durée : **50 heures**

Intervenants : **P. Cuny, R. Sempéré, M. Goutx,  
C. Panagiotopoulos, C. Tamburini**

Crédits : **6 ECTS**

Période : **1<sup>ère</sup> année – 2<sup>ème</sup> semestre**

Type d'enseignement : **optionnel – Parcours « Océanographie Biologique et Chimique » du M1**

Objectif : **Connaître et comprendre les différents processus qui agissent sur le devenir de la matière organique en mer à différentes échelles de temps (de la seconde aux milliers d'années) et d'espace (de la cellule à la biosphère).**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux, travaux dirigés et pratiques.**

Prérequis : **OPCB-13 : Océanographie Chimique 2**

Modalités de contrôle des connaissances : **Examen écrit en fin de semestre et présentation orale d'article.**

Ressources pédagogiques fournies :  
- **documents photocopiés,**  
- **accès à des recherches informatisées**

Ouvrage(s) de référence :

**Kirchman D.L. (ed.)** 2000. Microbial Ecology of the Oceans. *John Wiley & Son*, 512 pp. ISBN 0471299928.

**Fenchel T., King G.M. & Blackburn H.** 1998. Bacterial Biogeochemistry: the Ecophysiology of Mineral Cycling. *Academic Press, 2<sup>nd</sup> edition*, 307 pp. ISBN 0121034550.

**Schultz H.D. & Zabel M.** 2000. Marine Geochemistry. Springer, 455 pp. ISBN 3-540-66453X.

**Hansell, D.A. & C. A. Carlson.** 2002. Biogeochemistry of Marine dissolved organic matter. Academic Press, San Diego, 774 pages. ISBN 0126312605.

**de Mora, S., S. Demers, S. & M. Vernet.** 2000. The effects of UV radiation in the marine environment. Cambridge University Press, Cambridge, 2000. 324 pp, (ISBN 0-521-63218-8).

Plan de cours :

**Cours théoriques : 20 heures**

- 1) Introduction (la MO dans l'eau de mer, place de la MO dans le fonctionnement des écosystèmes marins),
- 2) La MO : aspects qualitatifs et quantitatifs (la MO : définition, principaux constituants de la MO – acides aminés, peptides et protéines ; sucres et polysaccharides ; lipides ; nucléotides ; autres composés ; biomarqueurs et biogéoindicateurs ; matière organique complexe –, distribution générale de la MO),
- 3) Dégradation de la MO : une approche globale (principales phases intervenant successivement dans la biodégradation de la MO, devenir de la MOP – distribution verticale de la MOP, facteurs intervenant sur la nature et l'importance des transformations du tripton pendant sa sédimentation ; lace des réseaux trophiques dans le devenir de la MOP ; transformation de la MOP dans les sédiments –, production et dégradation de la MOD – sources de COD ;devenir du COD de faible poids moléculaire, production et dégradation de la MOD de poids moléculaire élevé ; distribution du COD en mer –, processus de séquestration de la MO),
- 4) Les processus de biodégradation : oxydations cellulaires et respirations (oxydations cellulaires – schéma général du cycle de la matière et du flux d'énergie au niveau cellulaire, réactions d'oxydoréduction et enthalpie libre molaire (énergie libre de Gibbs), processus d'obtention de l'énergie chez les organismes aérobies, dégradation (oxydation) anaérobie de la MO, réactions couplées de fermentations (syntrophie) – ; rôle des enzymes dans la biodégradation de la MO – cinétique des réactions catalysées par des enzymes : équation de Michaelis-Menten, enzymes digestives, activités exoenzymatique/ectoenzymatique bactériennes – ; dégradation de la MO en conditions d'oscillations redox : rôle de la bioturbation),
- 5) Les processus abiotiques de dégradation de la MO : auto-oxydation et photo-oxydation (auto-oxydation de la MO en absence d'oxygène, photo-oxydation de la MO – réactions de photo-oxydation (photo-oxygénation), théorie des réactions photochimiques, impact du rayonnement UV sur le devenir de la MO, réactions photo- induites de type I & II, nature des réactions photo-induites intervenant dans le milieu

marin, photo-oxydation des chlorophylles et des lipides phytoplanctoniques –, éléments de modélisation de la dégradation de la MO).

**Travaux dirigés : 30 heures**

Exercices suivis en parallèle aux cours.

---

### ➤ **OPCB-17 : Modélisation en écologie marine**

Type de cours : **CM et TD**

Responsable : **J.-C. Poggiale**

Durée : **50 heures**

Intervenants : **J.-C. Poggiale, D. Nérini, A.-F. Yao,**

Crédits : **6 ECTS**

Période : **1<sup>ère</sup> année – 2<sup>ème</sup> semestre**

Type d'enseignement : **optionnel** – Parcours « Océanographie Biologique et Chimique » du M1

Objectif : **Fournir aux étudiants les concepts et méthodes mathématiques et informatiques nécessaires aux développements et à l'utilisation de modèles permettant de comprendre les écosystèmes marins : systèmes dynamiques, analyse de séries temporelles, statistiques spatiales, modélisation biologique.**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux, travaux dirigés sur ordinateurs, lectures d'articles et exposés.**

Prérequis : **OPCB-05 : Initiation à la modélisation et aux statistiques pour l'écologie**

Modalités de contrôle des connaissances : **Examen écrit en fin de semestre.**

Ressources pédagogiques fournies : **- ordinateurs et bibliographie sur internet.**

Ouvrage(s) de référence :

Plan de cours :

**Cours théoriques : heures**

**Travaux dirigés : heures**

**Travaux pratiques : heures**

---

### ➤ **OPCB-18 : Modélisation de la turbulence**

Type de cours : **CM**

Responsable : **I. Dekeyser**

Durée : **16 heures**

Intervenants : **I.**

**Dekeyser**

Crédits : **6 ECTS**

Période : **2<sup>ème</sup> année – 1<sup>er</sup> semestre**

Type d'enseignement : **obligatoire** – Parcours « Océanographie Physique » du M2

Objectif : **Cet enseignement vise à fournir une présentation sur les méthodes statistiques de modélisation de la turbulence avec une application aux fluides géophysiques atmosphère et océan. La présentation s'appuie sur les concepts de base classiques de la phénoménologie de la turbulence en milieu fluide. Il est montré comment les modèles découlent des équations de Navier-Stokes et comment les différentes étapes de simplification aboutissent à des modèles applicables pour des simulations numériques réalistes. La méthodologie des fermetures en un point est développée jusqu'à son application aux modèles de transport des moments du second ordre.**

**Ce cours est destiné à un utilisateur potentiel des modèles intéressé par le calcul pratique des écoulements turbulents.**

OPCB-18 : Modélisation de la turbulence

Méthode pédagogique :

Prérequis : Equations des fluides géophysiques, mathématiques de base pour les sciences

Modalités de contrôle des connaissances : Examen écrit en fin de semestre

Ressources pédagogiques fournies :

Ouvrage(s) de référence : Ouvrages de modélisation de la turbulence en mécanique des fluides et pour les fluides géophysiques

Plan de cours :

**Cours théoriques : 16 heures**

Concepts de base pour la modélisation de la turbulence

- Aspects généraux de la modélisation statistique,
- Les équations statistiques en un point,
- Nécessité et méthodologie de la fermeture en un point,
- Classification des fermetures en un point,
- Modèles à viscosité et diffusivité effective,
- Modèles à longueur de mélange,
- Modèles à fermeture au second ordre,
- Modélisation algébrique des corrélations,
- Fonctions de paroi,
- Modèles à bas nombre de Reynolds,
- Succès et faiblesses des modèles statistiques.

---

## ➤OPCB-19 : Méso-échelle océanique

Type de cours : **CM**

Responsable : **A. Doglioli**

Durée : **16 heures**

Intervenant : **A.**

**Doglioli**

Crédits : **6 ECTS**

Période : **2<sup>ème</sup> année – 1<sup>er</sup> semestre**

Type d'enseignement : **obligatoire – Parcours « Océanographie Physique » du M2,**  
**obligatoire – Parcours « Modélisation Couplée Physique/Biogéochimie ».**

Objectif : **Introduction aux principaux phénomènes de la méso-échelle océanique et à leur rôle dans la circulation océanique et dans la distribution de grandeurs biogéochimiques. Familiarisation avec les échelles et les comportements typiques de la méso-échelle océanique (tourbillons, fronts, méandres, jets), les méthodes pour l'étude de ces phénomènes (observations satellitales, modèles, campagnes en mer) et les couplages avec les grandeurs biogéochimiques. Des applications pratiques pour des régions méditerranéennes seront mises en œuvre pendant le TD (analyse en odelettes, analyse des trajectoires, modèles couplés.**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux avec applications sur ordinateurs.**

Prérequis : **OPCB-09 : Projet de modélisation circulation régionale 3D.**

Modalités de contrôle des connaissances : **Remise d'un rapport et présentation orale.**

Ressources pédagogiques fournies : **- code de calcul,**  
**- données.**

Ouvrage(s) de référence :

Plan de cours :

**Cours théoriques : 16 heures**

- 1) Introduction (circulation générale et méso-échelle, échelles temporelles et spatiales),
- 2) Tourbillons isolés (interaction avec la topographie, propagation sur un plan  $\beta$ , tourbillons du *Gulf Stream*, anneaux du courant des Aiguilles),
- 3) Fronts,
- 4) Filaments et tourbillons (*squirts* et *jets* en comparaison aux *eddies*),
- 5) Distribution hétérogène du phyto- et du zooplancton (*patchiness*),
- 6) Dispersion turbulente des traceurs passifs (technique d'utilisation des traceurs passifs pour l'étude de la dispersion).
- 7) Application de la méthode en ondelettes pour l'identification et le suivi d'un tourbillon, analyse des trajectoires des particules lagrangiennes.



## ➤ **OPCB-20 : Océanographie côtière**

|                 |  |               |                    |
|-----------------|--|---------------|--------------------|
| Type de cours : | <b>CM</b>  | Responsable : | <b>A. Doglioli</b> |
| Durée :         | <b>16 heures</b>                                       | Intervenant : | <b>A. Doglioli</b> |
| Crédits :       | <b>6 ECTS</b>  |               |                    |
| Période :       | <b>2<sup>ème</sup> année – 1<sup>er</sup> semestre</b> |               |                    |

Type d'enseignement : **obligatoire** – Parcours « Océanographie Physique » du M2.

Objectif : **Formation de haut niveau en océanographie côtière : Étude approfondie des phénomènes côtiers tels que les ondes longues de gravité, les effets de stratification, les panaches fluviaux, les upwelling côtiers, la propagation des ondes internes, les courants de pente et de densité, les échanges côte-large, les tourbillons en aval des caps.**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux, séminaires d'approfondissement avec des chercheurs.**

Prérequis : **OPCB-08 : Eléments de dynamique marine,  
OPCB-09 : Projet de modélisation circulation régionale 3D.**

Modalités de contrôle des connaissances : **Remise d'un rapport et présentation orale.**

Ressources pédagogiques fournies : **- Polycopiés de cours et articles de recherche.**

Ouvrage(s) de référence :

**Csanady G.T.** Circulation in the Coastal Ocean (Environmental Fluid Mechanics). *Springer*, 292 pp. ISBN 9027714002.

Plan de cours :

**Cours théoriques : 16 heures**

- 1) Rappels (équations de la dynamique côtière – effet du frottement –)
  - 2) Ondes longues de gravité en eaux peu profondes (ondes sinusoïdales et ondes stationnaires, ondes de Sverdrup – polarisées, elliptiques –, ondes de Kelvin et de Proudman, superposition d'ondes, ondes de Poincaré, points amphidromiques),
  - 3) Courant levés par un vent au voisinage d'une côte (simplifications des équations et conditions aux limites et initiales, cas d'étude – vent perpendiculaire à la côte, vent parallèle à la côte),
  - 4) Tourbillons côtiers (solution d'écoulement potentiel, génération de la vorticité en eaux côtières, dynamique des tourbillons).
-



## ➤ **OPCB-21 : Optique marine**

Type de cours : **CM et TD**                                  Responsable : **A. Petrenko**  
Durée : **32 heures**    Intervenants : **A. Petrenko**  
Crédits : **6 ECTS**  
Période : **2<sup>ère</sup> année – 1<sup>er</sup> semestre**

Type d'enseignement : **optionnel – Parcours « Océanographie Physique » du M2,**  
**obligatoire – Parcours « Biogéochimie Marine »,**  
**optionnel – Parcours « Modélisation Couplée Physique/Biogéochimie ».**

Objectif : **Obtenir les connaissances indispensables à une utilisation correcte des données collectées in situ par des instruments océanographiques optiques (PAR, radiomètre etc.) ou fournies par des capteurs de télédétection ; comprendre les équations de transfert radiatif d'où découlent des lois plus simples de transmission de la lumière dans l'eau; connaître les instruments qui peuvent mesurer la lumière dans l'eau et à partir de satellites ; analyser des sets de données mesurées in situ pour mettre en pratique le cours théorique et effectuer une étude de processus physiques et/ou biogéochimiques à partir d'images satellitales de la Méditerranée.**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux, travaux dirigés sur ordinateurs.**

Prérequis : **OPCB-06 : Formation embarquée, maîtrise des équations différentielles et des opérateurs (gradient, rotationnel, divergence, laplacien) – calcul Scientifique de niveau Licence SdU ou SdV 2<sup>ème</sup> année.**

Modalités de contrôle des connaissances : **Examen écrit en fin de semestre.**

Ressources pédagogiques fournies : **- documents de cours et TD fournis (équations; graphes; exercices),**  
**- archives d'images satellitales de la Méditerranée.**

Ouvrage(s) de référence :

**Mobley C.D.** 1994. Light and Water: Radiative Transfer in Natural Waters. *Academic Press*, 592 pp. ISBN 0125027508.

**Kirk J.T.O.** 1994. Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems. *Cambridge University Press*, 2<sup>nd</sup> edition, 525 pp. ISBN 0521459664.

**Lillesand T.M. & Kiefer R.W.** 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. *Wiley*, 4<sup>th</sup> edition, 736 pp. ISBN 0471255157.

Plan de cours :

**Cours théoriques : 20 heures**

- 1) Couleur – Interaction de la lumière avec matériaux « transparents » (historique et rappels sur la lumière, couleur par radiation, interaction de la lumière avec matériaux « transparents », indice de réfraction – partie réelle et partie imaginaire –, couleur due à la réfraction – loi de Snell, couleurs créées par réfraction et dispersion –, couleur due à la réflexion – surface polie et film mince –, couleur due à la diffusion – diffusion de Rayleigh, diffusion de Mie, « diffusion » non sélective –, couleur due à la diffraction – diffraction de Fresnel, diffraction de Fraunhofer),
- 2) Radiométrie et IOPs (rappels de radiométrie – énergie solaire arrivant sur la terre, radiométrie géométrique –, propriétés optiques de l'eau, IOPs),
- 3) IOPs de l'eau marine (absorption, diffusion, vision énergétique des phénomènes),
- 4) La lumière à travers la colonne d'eau (couleur de l'eau, interface air /eau – surface plane, surface complexe –, devenir de la lumière dans l'eau – « règles » de disparition de la lumière –, profils verticaux – loi de Beer –),
- 5) AOPs de l'eau marine (normalisation de Gordon de Kd),
- 6) Devenir de la lumière dans l'eau – aspects qualitatifs (hypothèses pour la mise en équation, équation de transfert radiatif, méthodes de résolution numériques – Monte Carlo, plongement invariant, Eigen matrices –, méthode inverse – loi de Gershun –, modélisation bio-optique (production primaire...),

- 7) Instrumentation (mesures de radiométrie et dérivation d'AOPs, disque de Secchi, mesures d'IOPs et fluorimétrie – produits dérivés : taille des particules, ... –),
- 8) Instruments en télédétection océanographique (instrumentation, utilisation dans le visible – mesures effectuées et algorithmes, applications côtières –).

Travaux dirigés : 12 heures



### ➤OPCB-22 : Modèles à particules lagrangiennes

|                 |   |                |                          |
|-----------------|---|----------------|--------------------------|
| Type de cours : | CM  | Responsable :  | A. Doglioli              |
| Durée :         | 16 heures   | Intervenants : | A. Doglioli, F. Carlotti |
| Crédits :       | 3 ECTS  |                |                          |
| Période :       | 2 <sup>ème</sup> année – 1 <sup>er</sup> semestre |                |                          |

Type d'enseignement : **obligatoire** – Parcours « Océanographie Physique » du M2,  
**optionnel** – Parcours « Biogéochimie Marine »,  
**optionnel** – Parcours « Modélisation Couplée Physique/Biogéochimie ».

Objectif : Introduction aux techniques de modélisation à particules lagrangiennes. Intégration de particules lagrangiennes numériques, modèles de dispersion, modèles couplés physique/biogéochimie, modèles *IBM* (*Individual Based Models*).

Méthode pédagogique : Cours magistraux avec applications sur ordinateurs.

Prérequis : OPCB-09 : Projet de modélisation circulation régionale 3D.

Modalités de contrôle des connaissances : Remise d'un rapport et présentation orale.

Ressources pédagogiques fournies :  
- codes de calcul,  
- bases de données.

Ouvrage(s) de référence :

Plan de cours :

**Cours théoriques : 16 heures**

- 1) Introduction (comparaison des approches eulérienne et lagrangienne, modèles à particules lagrangiennes),
- 2) Techniques (calcul des trajectoires, calcul du transport, coefficients de dispersion et turbulence, modèle "random walk" et calcul de la dispersion, introduction aux modèles autorégressifs d'ordre supérieur),
- 3) Applications Océanographiques (échanges, temps de résidences, transport),
- 4) Modélisation couplée physique/biogéochimie (dispersion de polluants, de sédiments et de sels nutritifs, modèles *IBM*, dynamique du zooplancton, effets de la micro-turbulence).



### ➤OPCB-23 : Circulation générale en Méditerranée

|                 |   |               |             |
|-----------------|---|---------------|-------------|
| Type de cours : | CM  | Responsable : | A. Doglioli |
| Durée :         | 16 heures   | Intervenant : | A. Doglioli |
| Crédits :       | 3 ECTS  |               |             |
| Période :       | 2 <sup>ème</sup> année – 1 <sup>er</sup> semestre |               |             |

Type d'enseignement : **obligatoire** – Parcours « Océanographie Physique » du M2,  
**optionnel** – Parcours « Biogéochimie Marine »,  
**optionnel** – Parcours « Modélisation Couplée Physique/Biogéochimie ».

Objectif : Formation de haut niveau sur l'océanographie physique de la Méditerranée : caractéristiques des principaux bassins, principales masses d'eau et leur circulation, présentation des modèles de circulation générale et de bassin.

Méthode pédagogique : **Cours magistraux et séminaires d'approfondissement avec des chercheurs.**

Prérequis :

Modalités de contrôle des connaissances : **Examen écrit en fin de semestre.**

Ressources pédagogiques fournies : **documents de cours et articles scientifiques.**

Ouvrage(s) de référence :

Plan de cours :

**Cours théoriques : 16 heures**

- 1) Introduction (géographie, bathymétrie, climat, bref historique de l'océanographie méditerranéenne, fonctionnement général, les questions ouvertes sur la circulation),
- 2) Mesures expérimentales (données *in situ*, données satellitaires),
- 3) La circulation générale (les eaux de surface, les eaux intermédiaires, les eaux profondes et leur formation),
- 4) La circulation dans les différents bassins (bassin algérien, Mer Ionienne, Mer Adriatique, Mer Ligure, Golfe du Lion),
- 5) La modélisation (les modèles de circulation générale de la Méditerranée, les modèles régionaux).



➤ **OPCB-24 : Modélisation couplée des processus physiques et biogéochimiques benthopélagiques en milieu côtier peu profond**

Type de cours : **CM et TP**

Responsable : **C. Pinazo**

Durée : **32 heures**

Intervenants : **C. Pinazo, B. Millet**

Crédits : **6 ECTS**

Période : **2<sup>ème</sup> année – 1<sup>er</sup> semestre**

Type d'enseignement : **obligatoire – Parcours « Modélisation Couplée Physique/Biogéochimie », optionnel – Parcours « Océanographie Physique », optionnel – Parcours « Biogéochimie Marine ».**

Objectif : **Initiation à la mise en place ainsi qu'à la manière d'utiliser un modèle biogéochimique simplifié du cycle de l'azote dans la colonne d'eau et le sédiment superficiel en milieu peu profond.**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux, travaux pratiques sur ordinateurs.**

Prérequis :

Modalités de contrôle des connaissances : **Remise d'un rapport.**

Ressources pédagogiques fournies : **- code de calcul.**

Ouvrage(s) de référence :

Plan de cours :

**Cours théoriques : 16 heures**

- 1) Historique de la modélisation couplée physique–biogéochimie,
- 2) Différents types de couplage (modèles en compartiments ou « *box models* », modèles à maillage fin – 1-D verticaux, 2-D horizontaux et 3-D –, modes de couplage),
- 3) Le modèle couplé 2-DH,
- 4) Problématique de la mise en place d'un modèle biogéochimique en milieu peu profond,
- 5) Organigramme d'un modèle biogéochimique de transformation de la matière organique en milieu peu profond à 2 variables d'état dans la colonne d'eau et 2 variables d'état dans la colonne sédimentaire,







**élémentaires de l'échelle régionale à l'échelle globale. Présentation des cycles élémentaires à l'échelle globale et hiérarchisation des processus physiques et biogéochimiques. Originalités des mécanismes de production et de régénération selon les différents éléments (processus physico-chimiques/processus biologiques, équilibres régénération/absorption, différences de turn-over, ...).**

Méthode pédagogique : **Cours magistraux, études personnelles de documents, présentation orale, discussion en groupe et synthèse par les enseignants.**

Prérequis : **OPCB-01 : Océanographie Générale,  
OPCB-03 : Océanographie Biologique 1 – Structure et fonctionnement des écosystèmes pélagiques marins,  
OPCB-13 : Océanographie Chimique 2,  
OPCB-14 : Océanographie Biologique 3 – Écophysologie des microorganismes marins**

Modalités de contrôle des connaissances : **Epreuve écrite en fin de semestre.**

Ressources pédagogiques fournies : **- cours de B. Quéguiner en libre accès sur internet,  
- autres documents de cours fournis.**

Ouvrage(s) de référence :

**Schlesinger W.H. (ed.)** 2003. Biogeochemistry. in *“Treatise on Geochemistry”* (Holland H.D. & Turekian K.K. eds.), Volume 8, Pergamon Press, Oxford, 682 pp. ISBN 0080443435.

**Kirchman D.L. (ed.)** 2000. Microbial Ecology of the Oceans. *John Wiley & Son*, 512 pp. ISBN 0471299928.

Plan de cours :

**Cours théoriques : 32 heures**

- 1) Le cycle global de l'azote (différentes formes d'azote réactif et réactions biogéochimiques, réservoirs et flux – océan, continent, atmosphère–, perturbations anthropiques, bilan global – domaine continental, Océan Global –),
- 2) Processus de contrôle du cycle océanique de l'azote (réservoir profond de nitrates et circulation thermohaline, variabilité des réservoirs océaniques de surface, contrôle biologique, le modèle de Dugdale & Goering – productions nouvelle ou de régénération, production exportable, production exportée –, limitation et co-limitation de la production primaire marine par la disponibilité de l'azote),
- 3) Couplage diazotrophie/nitrification/dénitrification à l'échelle globale (rappel des mécanismes de la diazotrophie, diversité des microorganismes diazotrophes, apports de la biologie moléculaire dans l'identification des microorganismes diazotrophes, importance de la fixation d'azote dans les écosystèmes marins, facteurs naturels de contrôle de la diazotrophie et impacts anthropiques, diversité des microorganismes nitrifiants et dénitrifiants, facteurs de contrôle de la nitrification et de la dénitrification dans l'eau et les sédiments, zonation des processus dans les zones de minimum d'O<sub>2</sub>),
- 4) Distribution et facteurs de contrôle du phosphate dans les milieux marins (introduction – l'histoire du phosphore, le rôle du phosphate dans la limitation de la production océanique –, distribution, composition et disponibilité des pools de phosphate dans l'océan, les sources – fleuves, atmosphère, volcans, processus hydrothermaux – et les puits – enfouissement de la matière organique, adsorption sur les argiles et les oxohydroxydes de fer, enfouissement des phosphorites –, temps de résidence,
- 5) Le cycle biogéochimique du phosphate (cycle dans l'Océan Mondial – le modèle du 1<sup>er</sup> ordre de Broecker & Peng, cycle dans l'océan de surface – modèle de Thingstad, changement climatique et hypothèse du *shift* de Karl –, couplage avec les cycles des autres éléments biogènes (C, N, Si) : cas d'école – la station ALOHA (gyre du Pacifique Nord), le Pacifique tropical sud-ouest, la Méditerranée),
- 6) Le cycle biogéochimique du silicium (formes chimiques du silicium en solutions aqueuses, formes particulières – silice lithogénique et silice biogénique –, techniques d'étude des stocks et des flux, microorganismes marins producteurs de silice, impact de l'apparition des diatomées sur le cycle océanique du silicium à l'échelle géologique, les dépôts sédimentaires d'opale, métabolisme du silicium et morphogenèse du frustule des diatomées – facteurs de contrôle –, mécanismes d'absorption de l'acide silicique, dissolution de la silice dans le milieu naturel – réactivité de la silice particulaire et constantes de dissolution, effet de la température, relation avec les processus de dégradation bactérienne, influence de la teneur en aluminium –),
- 7) Le cycle global du silicium dans les océans – un cas d'école dans l'établissement d'un bilan biogéochimique (production et dissolution de la silice biogénique dans les océans – estimation de la







Plan de cours :

**Cours théoriques : 16 heures**

- 1) rôle du zooplancton dans les communautés pélagique à l'échelle globale. Introduction a la biodiversité de l'holoplancton et du méroplancton,
  - 2) Facteurs biotiques et abiotiques régulant la structure de la communauté de la micro- à la méso- échelle,
  - 3) Techniques de terrain et de laboratoire permettant l'analyse des abondances et de la biomasse,
  - 4) Rôle du zooplancton dans les réseaux trophiques (rôle du broutage, prédateurs, autres sources de
  - 5) nourriture, méthodes disponibles pour la mesure du broutage et des réponses métaboliques du zooplancton,
  - 6) Revue de la reproduction du zooplancton et des cycles de vie (stratégies) et méthodes de mesure de la production du zooplancton,
  - 7) Introduction des réponses du zooplancton aux mouvements des masses d'eau, advection et stratégies comportementale et physiologique permettant d'éviter le déplacement, migrations verticales journalière et ontogénique. Impact sur l'individu et la communauté,
  - 8) Le zooplancton, traceur de mouvements des masses d'eau, impact du changement climatique et des pollutions,
  - 9) Importance commerciale du zooplancton.
-

# MASTER d'OCÉANOGRAPHIE

## Spécialité « Biologie et Ecologie Marines »

Responsable : Prof. C.-F. Boudouresque (Centre d'Océanologie de Marseille)

### Objectifs de la formation demandée :

L'étude des écosystèmes marins, de leur composante biologique (espèces, ensembles fonctionnels) et des interactions avec les paramètres de l'environnement, constitue aujourd'hui une nécessité impérieuse pour plusieurs raisons. **(i)** L'exploitation anarchique de la ressource que constituent ces écosystèmes a atteint ses limites ; leur exploitation durable doit se baser sur la compréhension d'un fonctionnement très complexe dont on commence à peine à comprendre quelques mécanismes et processus. **(ii)** La variabilité naturelle des systèmes biologiques, à toutes les échelles d'organisation (du gène à l'écosystème), de temps et d'espace, est mal connue ; cela rend difficile la perception de la vraie dimension des perturbations, naturelles et anthropiques. **(iii)** Aux perturbations naturelles s'ajoutent des perturbations d'origine anthropique (exploitation des ressources, pollution, action de l'homme sur le climat, etc.) dont les mécanismes et les synergies sont mal connus. **(iv)** On commence à peine à entrevoir l'extraordinaire diversité, taxonomique et fonctionnelle, du compartiment microbien, dont le rôle est fondamental. **(v)** La demande sociétale en vue de la conservation et de la gestion exige des bases scientifiques et théoriques solides pour ne pas se contenter d'une perception naïve et de solutions inefficaces à moyen terme.

La formation proposée donnera aux futurs scientifiques, ainsi qu'à la catégorie de gestionnaires qui se positionne entre la science et sa déclinaison en termes de gestion, les bases conceptuelles et les outils leur permettant de répondre à ces défis. L'approche sera pluridisciplinaire, non seulement au premier semestre (tronc commun), mais aussi lors des 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup> semestre, afin de toujours réunir les dimensions biologiques et non-biologiques. L'accent sera mis en particulier sur les outils mathématiques (statistiques temporelles et spatiales), sur la modélisation, sur l'écologie microbienne fonctionnelle, sur la génétique des populations et sur une approche moderne de la théorie des perturbations.

### Débouchés de la formation demandée :

Les débouchés de la formation proposée se situent bien sur au niveau de la recherche fondamentale et appliquée. Les étudiants des 3 années d'existence du Master d'Océanographie, spécialité Biologie et Ecologie Marines, ont effectué leurs stages de M2, puis pour environ 50% d'entre eux sont en cours de thèse, dans les UMRs du Centre d'Océanologie de Marseille, ainsi que dans de nombreuses universités françaises (Bordeaux, Lyon, Montpellier, Nice, Rennes, Paris VI, etc.), outre-mer (Antilles, La Réunion, Nouvelle Calédonie), dans des organismes publics ou semi-publics (Ifremer, IRD) et à l'étranger (USA, Grande-Bretagne, Québec, Nouvelle Zélande, Australie, Espagne, Italie, etc.).

Les débouchés se situent également au niveau des bureaux d'étude qui ont maintenant besoin de chargés d'étude dotés d'une solide formation scientifique et des outils théoriques qui leur manquent pour mener à bien leurs études. Ils se situent enfin au niveau des gestionnaires de l'environnement, en France (collectivités territoriales, Ministère de l'Environnement, DIREN, Agence de l'eau, etc.), à l'étranger et dans les organismes internationaux ; ils ont en effet un besoin croissant de spécialistes capables de mettre en œuvre une gestion basée sur la science, et donc évolutive, et non sur des routines.



# Maquette S1

## Obligatoires

**UE 1 : Océanographie générale (OCEAN)**

**English for 1st year oceanography**

**UE 38 : Structure fonct. écosyst. benthiques (BENT)**

## Obligatoire pour arrivants

**UE 58 : Modélisation stat. écol. mar. (MODEM)**

## Obligatoire pour Licence SME

**UE 14 : Structure fonct. écosyst. pélagiques (PEL)**

## Optionnelles spécifiques BEM

**UE 33 : Diversité des organismes marins (DOM)**

**UE 34 : Génétique pop. Marines (GEN)**

## Optionnelles partagées

**UE 02 : Chimie marine (CHIM)**

# Maquette S2

## Optionnelles spécifiques BEM

**UE 13 : Modél. environ. marin : techniques avancées (MODA)**

**UE 30 : Ecosyst. Hétérogénéité : appr. théor. appl. (HET)**

**UE 35 : Ecologie microbienne fonct. écosyst. (EMFE)**

**UE 39 : Fluctuations pert. nat. anthrop. écosystèmes (FLUC)**

**UE 52 : Stratégies adaptatives organ. marins (STRAT)**

**UE 27 : Rôle org. perturb. écos. mar. côtiers (ROLE)**

**UE 31 : Anal. stat. processus temporels (TEMP)**

**UE 37 : Analyse donn. multivariées caract. quant. peupl. (STAT)**

**UE 46 : Stage court en laboratoire**

**UE 62 : Méthodes quant. avancées env. marin (MQA)**

## Optionnelles partagées

**UE 15 : Paléoocéanographie et paléoclimatologie (PAL)**

**UE 45 : Initiation économie environnement (ECON)**

# Maquette S3

## Optionnelles spécifiques BEM

**UE 28 : Systèmes dynamiques en écologie (SDE)**

**UE 36 : Ecologie microbienne marine (EMM)**

**UE 64 : Génétique pop. marines : notions avancées (GENA)**

**UE 66 : Biol. évolution et écol. en milieu marin (BEEMM)**

**UE 71 : Biodégrad. contamin. Organiques (BIOD)**

**UE 29 : Statistiques spatiales (SPAT)**

**UE 63 : Diversité organismes marins : notions avancées (DOMA)**

**UE 65 : Evolution adapt. et coévol. : appr. Théoriques (EVACO)**

**UE 68 : Prot. rest. gestion dur. II (PROT 2)**

## Optionnelles partagées

**UE 67 : Prot. rest. gestion dur. I (PROT 1)**

**UE 70 : Hydr. contam. org. : devenir impact (HYDR)**

**UE 72 : Apprentissage, classification et prévision (ACP)**

## Optionnelles partagées avec autres Universités

**UE 54 : Invasions et transferts biologiques : notions fondam. (INV 1)**

**UE 60 : Appr. écosyst. ressources mar. exploitées (AERME)**

**UE 69 : Invasions et transferts biologiques : appr. théoriques (INV 2)**

## Parcours M1

(les UE obligatoires ne sont pas mentionnées)

|             | Ecologie théorique | Ecologie fondamentale et appliquée |
|-------------|--------------------|------------------------------------|
| UE 02 CHIM  |                    | +                                  |
| UE 13 MODA  | +                  |                                    |
| UE 15 PAL   |                    | +                                  |
| UE 27 ROLE  |                    | +                                  |
| UE 30 HET   | +                  |                                    |
| UE 31 TEMP  | +                  |                                    |
| UE 33 DOM   |                    | +                                  |
| UE 34 GEN   | +                  | +                                  |
| UE 35 EMFE  | +                  | +                                  |
| UE 37 STAT  |                    | +                                  |
| UE 39 FLUC  | +                  | +                                  |
| UE 45 ECON  |                    | +                                  |
| UE 46 Stage |                    | +                                  |
| UE 52 STRAT |                    | +                                  |
| UE 62 MQA   | +                  |                                    |

## Parcours M2

|              | Ecologie théorique | Ecologie fondamentale et appliquée |
|--------------|--------------------|------------------------------------|
| UE 28 SDE    | +                  |                                    |
| UE 29 SPAT   | +                  |                                    |
| UE 36 EMM    | +                  | +                                  |
| UE 54 INV 1  |                    | +                                  |
| UE 60 AERME  | +                  | +                                  |
| UE 63 DOMA   | +                  | +                                  |
| UE 64 GENA   | +                  | +                                  |
| UE 65 EVACO  | +                  |                                    |
| UE 66 BEEMM  | +                  | +                                  |
| UE 67 PROT 1 |                    | +                                  |
| UE 68 PROT 2 |                    | +                                  |
| UE 69 INV 2  |                    | +                                  |
| UE 70 HYDR   |                    | +                                  |
| UE 71 BIOD   |                    | +                                  |
| UE 72 ACP    | +                  | +                                  |

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 1

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Océanographie générale (OCEAN)</b>  |
| Type de cours  | CM, TD   |
| Total heures   | 50 heures  |
| ECTS   | 6 ECTS   |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Luminy   |
| N° du semestre   | S1   |
| Date de début  | Septembre  |
| Date de fin  | Décembre   |
| Enseignant(s)  | B. Millet (responsable)  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Obligatoire<br>Tronc commun du M1 «Océanographie»  |
| Objectif   | La compréhension du fonctionnement de la machine thermodynamique couplée océan-atmosphère et des principaux types de circulation océanique à grande et méso-échelle qui conditionnent la dynamique des écosystèmes.  |
| <b>Description</b>                                     | <p><u>Cours</u> : 30 heures</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Histoire de l'océanographie : Présentation des bassins océaniques et des propriétés de l'eau de mer.</li> <li>➤- Les paramètres thermodynamiques de l'océan : Température, salinité, pression, masse volumique et diagramme T-S.</li> <li>➤- Les forçages atmosphériques de l'océan : les échanges de chaleur, d'eau douce et d'énergie mécanique à la surface de l'océan.</li> <li>➤- Les courants océaniques : les équilibres de forces et les circulations géostrophique et d'Ekman.</li> <li>- Le fonctionnement des océans Austral, Atlantique et Pacifique</li> </ul> <p>1.Travaux dirigés : 20 heures</p> <p>2.- Applications de Diagrammes T-S</p> <p>3.- Calculs de mélanges de masses d'eau</p> <p>4.- Calculs de courants géostrophiques</p> <p>5.- Calculs du transport d'Ekman et des volumes déplacés dans plusieurs sites d'upwelling.</p> |
| Méthode pédagogique                                    |  |
| Prérequis  |  |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Épreuves écrites en fin de semestre 1.   |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Liste bibliographique et de sites Internet.<br>Recueil de Cartes et Diagrammes en support de cours (30 pages).   |
| Ouvrages de référence                                  |  |
| Remarques  |  |

## UE N° 2

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Océanographie Chimique (CHIM)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TP et TD  |
| Total heures   | 50  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  |   |
| Lieu   | Campus de Luminy  |
| N° du semestre   | S1  |
| Date de début  | Septembre   |
| Date de fin  | Décembre  |
| Enseignant(s)  | T. Moutin (responsable), S. Blain   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Master d'Océanographie. Obligatoire dans la spécialité Océanographie chimique, biologique et physique, optionnelle dans la spécialité Biologie et Ecologie Marines  |
| Objectif   | Introduction à l'océanographie chimique : étude de la composition chimique en éléments majeurs des océans et des principaux processus expliquant leurs distributions.   |
| Description  | <p>Cours théoriques : 18 heures</p> <p>Composition chimique de l'eau de mer : Les composés majeurs de l'eau de mer (L'eau de mer, un milieu complexe, principaux constituants, salinité), exemples de variation de la composition relative des éléments majeurs. Les éléments biologiquement actifs (oxygène et macronutriments) : stock, flux, distribution et relation avec la circulation générale. Le système des carbonates (pH de l'eau de mer, alcalinité, équilibre thermodynamique du système, variables et grandeurs mesurables).</p> <p>Travaux dirigés : 12 heures</p> <p>Notion de salinité (utilisation des tables océanographiques internationales, équation d'état de l'eau de mer), Oxygène dissous (dosages, expression des résultats, solubilité, notion d'AOU, étude de profils), Macronutriments (fractions mesurables de l'azote et du phosphate, méthodes de mesure, calculs de concentration et de gradients, notion de flux), Equilibre des carbonates (construction des diagrammes log-log).</p> <p>Travaux pratiques : 20 heures</p> <p>Détermination des variables suivantes dans l'eau de mer: oxygène dissous, salinité, masse volumique, sels nutritifs, chlorophylle a, pH, alcalinité, calcium, azote organique dissous et particulaire.</p> |
| Méthode pédagogique                                    | Cours magistraux, travaux dirigés et pratiques.   |
| Prérequis  | ou SdV (Chimie générale, chimie des solutions et chimie analytique)   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit en fin de semestre ( $\frac{2}{3}$ ) et moyenne des comptes-rendus de travaux pratiques ( $\frac{1}{3}$ ).   |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Document de travaux pratiques (44 pp.).   |
| Ouvrages de référence                                  | Copin-Montégut G. 1996. Chimie de l'Eau de Mer, Institut Océanographique de Paris, 319 pp. ISBN 2923581142.<br>Riley/Skirrow, volume 2, Chemical oceanography, Academic press, ISBN-0 12 588602-0.  |
| Remarques  |   |

## UE 13

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Modélisation en Environnement Marin : techniques avancées (MODA)</b>   |
| Type de cours (cours, TP, TD, projet autoformation, etc..) | Cours + TD  |
| Total heures   | 50  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  | 4   |
| Lieu   | Université de la Méditerranée – Campus de Luminy  |
| N° du semestre   | S2  |
| Date de début  | Février   |
| Date de fin  | Avril   |
| Enseignant(s)  | Poggiale (responsable) – X  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ?   | Master 1 d'Océanographie  |
| Objectif   | Cette UE s'adresse aux étudiants désireux d'approfondir leurs compétences en modélisation en écologie. On enseigne comment élaborer des modèles à partir d'un ensemble d'hypothèses biologiques et écologiques. Les propriétés mathématiques de ces modèles sont replacées dans le contexte de l'écologie théorique. Avec les connaissances acquises dans ce cours, l'étudiant doit être capable de proposer une démarche d'analyse de l'effet de facteurs biotiques et abiotiques sur la dynamique spatiale et temporelle de communautés. Cette démarche permet d'unifier des modèles venant d'horizons différents dans une approche globale et de comprendre comment des résultats obtenus dans un domaine peuvent être généralisés.  |
| Description  | Cette UE apporte une réflexion sur les apports de la théorie et de la modélisation en écologie. Nous présentons une démarche qui permet, à partir d'une liste d'hypothèses biologiques et écologiques, d'élaborer une formulation pour un processus, puis de l'intégrer dans un modèle. Bien que les problèmes numériques liés aux simulations soient évoqués, nous nous focalisons sur les méthodes de résolution analytique. Nous présentons des modèles enzymatiques, des modèles de croissance de populations, d'interactions biotiques et des modèles de biogéochimie. La structuration des populations (en âge, poids, spatiale, ...) est un chapitre important du cours. La théorie des systèmes dynamiques fournit les méthodes mathématiques sous-jacentes au cours. Le principe d'exclusion compétitive, le paradoxe du plancton, le paradoxe de l'enrichissement, les effets d'une structuration, les problèmes d'hétérogénéité environnementale fournissent des exemples étudiés en TD. |
| Méthode pédagogique  | Cours magistraux & travaux dirigés  |
| Prérequis  | <i>1.UE 58 MODEM</i>  |
| Modalités de contrôle des connaissances                    | Examen écrit (cours, TD)  |
| Ressources pédagogiques fournies                           | Références bibliographiques, photocopiés de support de cours/TD, codes informatiques  |
| Ouvrages de référence                                      | J.D. Murray, <i>Mathematical Biology</i> , Biomathematics Texts, Springer<br>L. Edelstein-Keshet, <i>Mathematical Models in Biology</i> , SIAM, CL 46   |
| Remarques  |   |

## **Fiche descriptive par unité d'enseignement UE 15**

### **PALEOCLIMATO-PALEOCEANO.**

- Cours, TD, excursion (visite de laboratoires)

- Niveau M1

- L'océan et l'atmosphère participent activement à la régulation du climat, notamment par leurs rôles majeurs dans les échanges de chaleur et d'humidité entre basses et hautes latitudes. Ces mécanismes sont à l'origine d'importantes modifications des environnements continentaux (sols, végétation) et marins (propriétés physiques, chimiques et biologiques de la colonne d'eau) dont les résidus participent à la sédimentation océanique (distribution des composés biogènes et terrigènes, hiatus,...). La connaissance des variations passées du système intégré « Océan-Atmosphère-Climat », enregistrées dans les dépôts de sédiments et les accumulations de glaces, est indispensable à la compréhension de la dynamique et de l'évolution future du climat

- Cours:

Elements et principes de climatologie, fonctionnement du climat (ensoleillement terrestre, variabilité spatiale et temporelle de l'énergie, transferts de chaleur).

Rôle des circulations générales atmosphériques et océaniques dans la régulation du climat.

Réponses des environnements aux changements du climat.

Notions de proxies paléoclimatiques dans les séquences sédimentaires et les glaces polaires et calibration chronologique des enregistrements.

Théorie astronomique des paléoclimats : variations climatiques à l'échelle des derniers millions d'années.

Développements récents en paléoclimatologie : la haute résolution temporelle des derniers cycles climatiques.

Contraintes géodynamiques à long terme sur le Climat global : tectonique des plaques et paléocéans (Téthys, océan Austral).

Conséquences d'un impact : la limite Crétacé/Tertiaire, Strangelove Ocean.

Climats chauds et océans stratifiés du Crétacé.

Les événements du Miocène et le développement du système océan/climat actuel.

- TD:

- Insolation actuelle et climats terrestres ;

- Analyse des paramètres astronomiques et de séries temporelles ;

- Analyses d'articles scientifiques et de documentation sur internet : préparation et présentation d'exposés

- Application de méthodes analytiques à l'étude des paléoenvironnements.

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 27

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Rôle des organismes dans les perturbations observées dans les écosystèmes marins côtiers (ROLE)</b>   |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TD, TP, Présentation orale   |
| Total heures   | 50   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Luminy   |
| N° du semestre   | S2   |
| Date de début  | Janvier  |
| Date de fin  | Avril  |
| Enseignant(s)  | D. Botha (responsable), V. Michotey, Intervenant IFREMER   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | non  |
| Objectif   | Apporter, à partir d'exemples concrets, les éléments permettant d'appréhender l'état d'équilibre d'un écosystème côtier et d'apporter une explication conceptuelle des processus de contrôle, afin de fournir les éléments de solutions permettant la gestion rationnelle de ces systèmes.   |
| Description  | 1. Eutrophisation côtière, proliférations de micro et macrophytes, rôle des microorganismes dans la transformation des polluants en milieu marin (biorémédiation des déversements d'hydrocarbures, transferts de polluants dans les réseaux trophiques), phénomènes de toxicité des organismes marins (phytoplancton toxique, contaminations bactériennes, contaminations métalliques), réseaux de surveillance. |
| Méthode pédagogique                                    | Cours, TD : Etude de cas, TP : suivi développement d'un phénomène spécifique   |
| Prérequis  | aucun  |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Présentation orale (étude d'un article scientifique), examen écrit   |
| Ressources pédagogiques fournies                       |  |
| Ouvrages de référence                                  |  |
| Remarques  |  |

4.

5.



## UE N° 28

|   |   |
|---|---|
| Intitulé  | <b>Systèmes dynamiques en écologie (SDE)</b>  |
| Type de cours (cours, TP, TD, projet autoformation, etc.) | Cours + TD + projets  |
| Total heures  | 30  |
| ECTS  | 6   |
| Heure/semaine   | 4   |
| Lieu  | Université de la Méditerranée – Campus de Luminy  |
| N° du semestre  | S3  |
| Date de début   | Septembre   |
| Date de fin   | Décembre  |
| Enseignant(s)   | J.C. Poggiale (responsable)   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ?  | Master d'Océanographie 2° année   |
| Objectif  | Cette UE a pour objectif d'initier les étudiants aux méthodes d'analyse des systèmes dynamiques non linéaires et leurs applications à l'analyse de modèles chaotiques en écologie. Elle comporte une réflexion sur la notion de déterminisme et de prédictibilité. Une approche de l'étude de séries chronologiques par reconstruction d'espace de phase est présentée.   |
| Description   | Nous présentons ici : les attracteurs d'un système dynamique, la sensibilité aux conditions initiales, l'exposant de Lyapunov, la section de Poincaré, notions de théorie des bifurcations, stabilité structurelle, dynamique symbolique, exemples de modèles de dynamiques des populations présentant des comportements dynamiques complexes. Toutes les notions vues en cours seront également appliquées au cours de séances sur ordinateur. |
| Méthode pédagogique                                       | Cours magistraux & travaux dirigés  |
| Prérequis   | <i>1.UE 13 MODA</i>   |
| Modalités de contrôle des connaissances                   | Présentation orale et écrite du projet  |
| Ressources pédagogiques fournies                          | Références bibliographiques, photocopiés de support de cours/TD, codes informatiques  |
| Ouvrages de référence                                     | S. Wiggins, Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos, Text in Applied Mathematics, Springer<br>J.N. Perry <i>et al.</i> , Chaos in Real Data: the analysis of non-linear dynamics from short ecological time-series, Kluwer Academic Publishers  |
| Remarques   |   |

7.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 29

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Intitulé                         | <b>Statistiques spatiales en écologie (SPAT)</b> |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP) | CM : 18h - TD en salle informatique : 12h        |
| Total heures                     | 30   |
| ECTS                             | <b>6</b>   |
| Heure/semaine                    | Par groupe de 4h (cours et TD) ou 2h (cours)     |
| Lieu                             | Luminy   |

|  |   |
|--|---|
| N° du semestre   | S3  |
| Date de début  | Septembre   |
| Date de fin  | Décembre  |
| Enseignant(s)  | Pascal Monestiez (responsable)  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Optionnelle Master 2 Océanographie, spécialité "Biologie et Ecologie Marines"   |
| Objectif   | Acquérir les concepts de base en géostatistique et en processus ponctuels. Etre capable de mettre en œuvre les méthodes usuelles sur des données écologiques. Etre capable de porter un regard critique sur l'utilisation de ces méthodes dans la littérature en écologie.  |
| Description  | 1.Panorama des méthodes de statistiques spatiales et des recherches dans le domaine; hypothèses et modèles en géostatistique; étude variographique de données spatiales ; les différents krigeages (KS, KO, KU, KDE) et leur mise en œuvre. Introduction rapide à la géostatistique multivariée (cokrigeage). Introduction aux processus ponctuels (modèles de PP, fonctions K et L, tests de type MC, interaction entre 2 PP). |
| Méthode pédagogique                                    | Le cours magistral s'appuie sur différents cas concrets en écologie ou environnement. Les aspects méthodologiques sont développés avec un minimum de mathématique. Les méthodes seront implémentées sous R en TD informatique (programmation des méthodes classiques à partir des outils de base) et mises en œuvre sur un jeu de données.  |
| Prérequis  | Bases de probabilités et de Statistiques (variables aléatoires, distributions uni et multivariées, espérance mathématique, covariances, inférence par moindres carrés).   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | L'évaluation est basée sur l'analyse et la discussion de papiers de recherche dans le domaine. Un mini-projet, basé sur ce qui a été réalisé en TD informatique, est réalisé sur un jeu de données original (travail personnel en dehors des heures) et fait aussi partie de l'évaluation.  |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopie ou fichier pdf des transparents utilisés. Articles scientifiques. Fonctions R qui servent de base pour la programmation.   |
| Ouvrages de référence                                  | Webster, R., Oliver, M.(2000) Geostatistics for Environmental Scientists. Wiley. 271 p.<br>Wackernagel, H.(2003) Multivariate Geostatistics}. Springer-Verlag, Berlin. 387 p (3 <sup>rd</sup> Ed.).<br>Diggle, P. J. (2003) Statistical Analysis of Spatial Point Patterns, Arnold Publishers (2 <sup>nd</sup> ed.).  |
| Remarques  |   |

8.  
9.  
10.  
11.

12. Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N°30

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Intitulé                         | <b>Ecosystèmes et hétérogénéité: approches théoriques et appliquées (HET)</b> |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP) | 28 h CM et 22 h TD  |
| Total heures                     | 50 h  |

|  |  |
|--|--|
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Université de la Méditerranée – Campus de Luminy   |
| N° du semestre   | S2   |
| Date de début  | Janvier  |
| Date de fin  | Avril  |
| Enseignant(s)  | Philippe Cuny (responsable) et Jean-Christophe Poggiale  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | non  |
| Objectif   | Apporter aux étudiants des éléments conceptuels (théorie des systèmes biologiques, évolution des écosystèmes dans le temps et dans l'espace) et appliqués (modélisation, indices écologiques) permettant de comprendre l'impact de l'hétérogénéité sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes   |
| Description  | - Les concepts en écologie, concept d'hétérogénéité ;<br>- Théorie des écosystèmes ; propriétés des systèmes biologiques ; structures et intégration des structures dans l'écosystème ; variabilité ; stabilité, échelles spatiales et temporelles ; évolution des structures ; thermodynamique appliquée à l'écologie<br>1.- Dynamique des populations (modélisation) |
| Méthode pédagogique                                    | Cours magistraux, travaux dirigés & travail sur articles   |
| Prérequis  | UE d'écologie (UE07) + UE de modélisation  |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit (cours, TD)   |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Polycopiés de support de cours/TD, articles, & références bibliographiques   |
| Ouvrages de référence                                  | C. Lévêque, 2001. Ecologie de l'écosystème à la biosphère. Dunod, Paris, 472 pp.<br>S.E. Jørgensen & Y. M. Svirezhev, 2004. Towards a thermodynamic theory for ecological systems. Elsevier, Amsterdam, 366 pp.  |
| Remarques  |  |

13. Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 33

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Diversité des organismes marins (DOM)</b>                             |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM + TD  |
| Total heures   | 52   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Luminy   |
| N° du semestre   | S1   |
| Date de début  | Septembre  |
| Date de fin  | Décembre   |
| Enseignant(s)  | C.F. Boudouresque (responsable), E. Deniel, V. Michotey, C. Borchiellini |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Non  |

|   |   |
|---|---|
| Objectif                                | Présenter la "nouvelle donne" de la diversité du monde vivant, en la centrant sur les phylums et règnes qui jouent un rôle important en milieu marin, en particulier les nombreux taxons récemment découverts   |
| Description                             | 1. Origine et évolution de la diversité du monde vivant. Les méthodes qui permettent de la comprendre. Diversité et spécificité des principaux phylums et règnes de Procaryotes et d'Eucaryotes : Bactéries, Archées, Alvéolés, Discicristates, Rhizaria, Plantae, Straménopiles, Opisthochontes (Microsporidiues, Fungi, Choanoflagellés et Métazoaires). Pour chacun de ces taxons, on se centrea sur les caractères spécifiques (marqueurs biochimiques, caractères dérivés, biologie, écologie et rôle en milieu marin. |
| Méthode pédagogique                     | Les cours et travaux dirigés seront complétés par une recherche personnelle de documents et des exposés sur publications préparés par les étudiants.  |
| Prérequis                               | Connaissances biologiques de base d'une Licence SV ou similaire   |
| Modalités de contrôle des connaissances | Contrôle continu (TD et exposés sur publications) et examen écrit.  |
| Ressources pédagogiques fournies        | Photocopies des cours, présentations power point en accès libre sur un site web, publications récentes, ressources de la bibliothèque de l'Université   |
| Ouvrages de référence                   | Lecointre et Le Guyader (2006).   |
| Remarques                               | Cette UE ne s'adresse pas aux étudiants ayant suivi "Diversité et Evolution du Monde Vivant" (Licence SME), mais à ceux qui arrivent de l'extérieur au niveau Master  |

14. Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 34

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Génétique des populations marines (GEN)</b>            |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TD, TP selon nombre d'étudiants                       |
| Total heures   | 52  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  | 5   |
| Lieu   | Campus de Luminy (cours) et Station Marine d'Endoume (TP) |
| N° du semestre   | S1  |
| Date de début  | Septembre   |
| Date de fin  | Décembre  |
| Enseignant(s)  | Didier Aurelle (responsable) + intervenants extérieurs    |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | UE optionnelle  |

|   |   |
|---|---|
| Objectif                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- rappel des connaissances de base en génétique des populations</li> <li>- applications en biologie marine</li> <li>- techniques d'étude en phylogéographie</li> </ul>   |
| Description                             | <p>1.- rappels: historique, équilibre de Hardy-Weinberg, dérive, migration, mutation, sélection</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- structuration des populations en milieu marin</li> <li>- phylogéographie: principes, interprétations, application à la Méditerranée</li> <li>- analyses de données de séquence: impact de la sélection, des processus démographiques, introduction à la théorie de la coalescence</li> <li>- aspects génétiques des processus de spéciation</li> </ul> |
| Méthode pédagogique                     | Cours, TDs sur exercices, analyses d'articles avec interprétation des résultats par les étudiants. Travaux pratiques: PCR sur locus microsatellites et analyse des résultats sur ordinateur.  |
| Prérequis                               | Notions de base en génétique et en analyses statistiques  |
| Modalités de contrôle des connaissances | Examen écrit et exposé oral   |
| Ressources pédagogiques fournies        | Illustrations de cours en ligne, articles scientifiques, logiciels d'analyses de données  |
| Ouvrages de référence                   | Principles of populations genetics, Hartl & Clark<br>Phylogeography, Avise<br>Précis de génétique des populations, Henry & Gouyon   |
| Remarques                               |   |

15.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 35

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Ecologie Microbienne et fonctionnement des écosystèmes (EMFE)</b>                                       |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TD et TP   |
| Total heures   | 60   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  | 5  |
| Lieu   | Luminy   |
| N° du semestre   | S2   |
| Date de début  | Janvier  |
| Date de fin  | Avril  |
| Enseignant(s)  | V. Michotey (responsable), P. Cuny et X  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Optionnelle  |
| Objectif   | Connaître les processus et les microorganismes impliqués dans le cycle de l'azote, du carbone et du soufre |
| Description  | 1.Études des communautés et des processus procaryotiques du cycle de l'azote                               |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>et facteur de régulation (dénitrification, nitrification, réduction dissimilative du nitrate en ammonium, anammox, fixation d'azote, assimilation, minéralisation de l'azote)</p> <p><u>Etudes des communautés et des processus procaryotiques impliqués dans le cycle du carbone et facteur de régulation</u> (fixation du carbone, hétérotrophie, méthanogénèse, methanotrophie, minéralisation du carbone)</p> <p><u>Etudes des communautés et des processus procaryotiques impliqués dans le cycle du soufre et facteur de régulation</u></p> |
| Méthode pédagogique                     | Cours (30h), TD comprenant des interprétations d'expériences, une analyse et une présentation orale d'articles en anglais (12h) permettant la planification des expériences réalisées en TP, et Travaux pratique (18h) comprenant une sortie sur le terrain pour le prélèvement d'échantillon, la fabrication d'une colonne de Winograsky et mesure des différentes activités et l'analyse des communautés par méthode moléculaire   |
| Prérequis                               | Microbiologie, Biologie générale   |
| Modalités de contrôle des connaissances | Contrôle continu (présentation orale d'un article scientifique), note de rapport de TP (notation individuelle et note de groupe), examen final   |
| Ressources pédagogiques fournies        | Polycopié de cours, de TD et de TP. Article scientifique à commenter   |
| Ouvrages de référence                   | Microbiologie, Perry J, Staley J, Lory S, Dunod IBSN 2 10 007234 x   |
| Remarques                               |  |

16.  
17.  
18.

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 36

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Ecologie Microbienne marine (EMM)</b>   |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                         |  |
| Total heures   | 30   |
| ECTS   | 3  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Campus de Luminy   |
| N° du semestre   | S3   |
| Date de début  | Septembre  |
| Date de fin  | Décembre   |
| Enseignant(s)  | Michotey V (responsable), Cuny P, Bonin P, Gégory G, Van Wambeke F, Tamburini C, Erauso G et X   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ? | Optionnelle : Master d'Océanographie, spécialité Biologie et Ecologie Marines.   |
| Objectif   | Connaître les avancées très récentes en écologie microbienne marine .  |
| Description  | <p>1.-Apport de la métagénomique dans la compréhension des acteurs écologique microbiens marins</p> <p>-Impact des éléments génétiques en écologie microbienne</p> <p><u>Communauté et éléments nutritifs</u> :</p> <p>-oligotrophie</p> <p>-Carence nutritionnelle</p> <p>-Etat viable/non viable-actifs/non actifs</p> |

|   |   |
|---|---|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Impact de la nature du carbone (labile/récalcitrant)</li> <li>- intervention d'enzyme extracellulaire pour la mobilisation des éléments nutritifs</li> </ul> <p><u>Impact des conditions environnementales sur l'activité et la présence des microorganismes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-présence/absence d'oxygène (particule, OMZ, sédiment)</li> <li>-remaniement sédimentaire</li> <li>-les nouveaux métabolismes marins impliquant l'énergie lumineuse</li> <li>-l'impact de la pression</li> <li>-l'impact de la température</li> </ul> |
| Méthode pédagogique                     | 26h de cours : Exposés réalisés par des spécialistes du sujet, 3h TD présentation d'article scientifique en anglais, 1h de tutorat pour la rédaction du mémoire   |
| Prérequis                               | Biologie générale, connaissance et technique du gène, biologie moléculaire, microbiologie, écologie microbienne   |
| Modalités de contrôle des connaissances | Contrôle continu : présentation orale d'un article et rédaction d'un mémoire sur un sujet traité dans les exposés   |
| Ressources pédagogiques fournies        | Polycopié du cours, articles scientifiques, accès aux revues scientifiques par connexion électronique   |
| Ouvrages de référence                   | Microbiologie, Perry J, Staley J, Lory S , Dunod IBSN 2 10 007234 x<br>Différents articles scientifiques de synthèses   |
| Remarques                               |   |

19.  
20. Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 37

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Analyse des données multivariées pour la caractérisation quantitative des peuplements (STAT)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM et TD   |
| Total heures   | 50   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Luminy ou Endoume  |
| N° du semestre   | S2   |
| Date de début  | Janvier  |
| Date de fin  | Avril  |
| Enseignant(s)  | J.C. Gaertner (responsable)  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | UE Optionnelle (spécialité Biologie et Ecologie Marines)   |
| Objectif   | Présentation des principales techniques statistiques multivariées adaptées à l'étude de l'écologie des peuplements.  |
| Description  | <b>1.</b> Cet UE est basée sur une des thématiques centrales de l'écologie des peuplements (réponse des peuplements aux forçages d'origine naturelle et anthropique). Elle aborde les principales techniques statistiques multivariées (analyses factorielles, classification, multidimensional scaling, etc.) susceptibles de fournir un cadre méthodologique pour répondre aux principales questions posées dans ce domaine. Elle donne une part importante au questionnement écologique et à la démarche méthodologique |

|   |   |
|---|---|
|   | mis en œuvre en écologie des peuplements. Les problématiques et les techniques présentées présentent un large domaine d'application et concernent tous les types de peuplements (vertébrés, invertébrés) et d'écosystèmes (marins et terrestres). |
| Méthode pédagogique                     | Enseignement théorique et appliqué par une approche couplant les aspects écologiques et statistiques. Mise en œuvre des techniques statistiques sur ordinateur sur la base de cas réels.  |
| Prérequis                               | Connaissance de bases en statistiques souhaitables  |
| Modalités de contrôle des connaissances | Examen écrit ou oral  |
| Ressources pédagogiques fournies        |   |
| Ouvrages de référence                   |   |
| Remarques                               |   |

21.  
22. Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 38

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Structure et fonctionnement des écosystèmes marins benthiques</b>   |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TD et TP   |
| Total heures   | 50 (32h CM, 12h TD, 6h TP)   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Luminy (cours) et Endoume (TP)   |
| N° du semestre   | S1   |
| Date de début  | Septembre  |
| Date de fin  | Octobre  |
| Enseignant(s)  | Y.Letourneur (responsable), C.F. Boudouresque, P.Chevaldonné, J.P. Féral, ATER   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Oui (Master 1, spécialité biologie et écologie marines)  |
| Objectif   | Présentation et comparaison des principaux types d'écosystèmes benthiques marins et de leur fonctionnement et de leur originalité entre eux et par rapport aux écosystèmes continentaux.   |
| <b>Description</b>                                     | 1. Pour chaque grand type d'écosystème, présentation des caractéristiques structurales, des compartiments fonctionnels, des flux de matière et d'énergie (au sein de l'écosystème, entrants et sortants) : milieux polaires, lagunes littorales, récifs coralliens, sources hydrothermales et autres écosystèmes profonds, écosystèmes dominés par des macrophytes (mangroves, herbiers à Magnoliophytes, forêts hautes et basses à Straménopiles photosynthétiques). Couplages pélagos-benthos, mer-terre et terre-mer. |
| Méthode pédagogique                                    | Enseignement présentiel  |
| Prérequis  | Ecologie générale, spécialisation marine appréciée   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit   |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopies de présentations orales, publications scientifiques, documents de cours  |



|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
|                       | sur le site web. |
| Ouvrages de référence |                  |
| Remarques             |                  |

23.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 39

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Fluctuations et perturbations (naturelles et anthropiques) des écosystèmes marins (FLUC)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM + TD  |
| Total heures   | 52 h   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Luminy   |
| N° du semestre   | S2   |
| Date de début  | Janvier  |
| Date de fin  | Avril  |
| Enseignant(s)  | C.F. Boudouresque (responsable), B. Millet, Y. Letourneur, D. Aurelle, X   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Non  |
| Objectif   | Montrer le caractère non figé des forçages et des écosystèmes, et donc leurs fluctuations naturelles, et de quelle façon les impacts anthropiques se superposent aux variations naturelles. Présenter les principales perturbations et leur mécanisme.   |
| Description  | 1.1. Fluctuations naturelles des peuplements et des écosystèmes, à différentes échelles de temps et d'espace, liées ou non aux fluctuations du milieu. Processus qui déterminent ces fluctuations. 2. Théorie des perturbations. 3. Différents types de perturbations (naturelles et anthropiques) et de stress en milieu marin. 4. Impact des perturbations sur quelques grands types d'écosystèmes marins. |
| Méthode pédagogique                                    | Les cours théoriques seront complétés par la recherche de documents et par la présentation d'exposés sur publications par les étudiants.   |
| Prérequis  | Notions de base en écologie (Licence) et UE 38 "Structure et fonctionnement des écosystèmes benthiques" (M1)   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Contrôle continu (exposés sur publications) et examen écrit.   |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopies des cours, présentations power point en accès libre sur un site web, publications récentes, ressources de la bibliothèque de l'Université  |
| Ouvrages de référence                                  |  |

|           |  |
|-----------|--|
| Remarques |  |
|-----------|--|

24.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 45

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Initiation à l'économie de l'environnement (ECON)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM + TP   |
| Total heures   | 50  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  |   |
| Lieu   | Luminy  |
| N° du semestre   | S2  |
| Date de début  | Janvier   |
| Date de fin  | Février   |
| Enseignant(s)  | H. Stahn (GREQAM) (responsable), X  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Obligatoire en Master pro, optionnelle en Master recherche spécialité "Biologie et écologie marines"  |
| Objectif   | Apporter aux étudiants les bases théoriques de l'économie de l'environnement  |
| Description  | 1.Qu'est-ce que l'économie de l'environnement ? Les outils de l'économie (les comportements, équilibre et optimalité). Fondements théoriques de l'évaluation environnementale. Les différentes méthodes de l'évaluation environnementale. Défaillances de marché, biens publics et externalités. La régulation politique de l'environnement. L'internalisation des effets externes. Les politiques de l'environnement. Le changement climatique et le protocole de Kyoto. Comparaison et choix des instruments en absence et en présence d'incertitude. |
| Méthode pédagogique                                    | Cours et exercices, à partir de données réelles ou simulées.  |
| Prérequis  | Les outils mathématiques de base acquis en Licence SV ou similaire.   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit portant sur les cours et les TP.   |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Publications et éléments du cours en accès libre sur le site web  |
| Ouvrages de référence                                  | Kolstad C.D., 2000. Environmental economic. Oxford University Press.  |
| Remarques  | Cette Unité, proposée en option aux étudiants du M1 recherche, leur ouvre les portes d'un M2 pro en cas de réorientation.   |

25.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 52

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Stratégies adaptatives en milieu marin (STRAT)</b>   |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TD et TP  |
| Total heures   | 50 (30h CM, 10h TD, 10h TP)   |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  |   |
| Lieu   | Luminy  |
| N° du semestre   | S2  |
| Date de début  | Février   |
| Date de fin  | Avril   |
| Enseignant(s)  | Y.Letourneur (responsable), S.Ruitton, ATER   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Optionnelle en spécialité Biologie et Ecologie Marines.   |
| Objectif   | Mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes et de leurs populations au travers de l'approche de diverses stratégies mises en place par les organismes, aux niveaux "individuel" et "populationnel".  |
| Description  | 1. Physiologie des poissons. Au travers du modèle biologique "poisson", le rôle des systèmes sensoriels (olfaction, vision, chémo- et électro-réception) dans la biologie de ces organismes, et en quoi cela a des implications sur les stratégies de détection des proies, de regroupement des individus, etc. 2. Modes de vies : caractéristiques majeures de la compétition intra- et interspécifiques, en particulier pour mieux aborder les stratégies larvaires et de colonisation, mais aussi le parasitisme. 3. Stratégies alimentaires : différents types de réponses alimentaires, pour ensuite aborder les mécanismes et stratégies de sélection des proies. |
| Méthode pédagogique                                    | Enseignement présentiel   |
| Prérequis  | Notions de biologie et d'écologie de niveau Licence   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit, mémoire (= compte rendu de TP et TD)  |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopies de présentations orales, publications scientifiques   |
| Ouvrages de référence                                  |   |
| Remarques  | UE destinée aux étudiants arrivant de l'extérieur sans expérience en biologie marine  |

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

## UE N° 54

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Invasions et transferts biologiques : notions fondamentales (INV I)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM + TD   |
| Total heures   | 30  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  |   |
| Lieu   | Campus Saint-Charles  |
| N° du semestre   | S3  |
| Date de début  | Septembre   |
| Date de fin  | Octobre   |
| Enseignant(s)  | C.F. Boudouresque (responsable), L. Affre, X  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | non   |
| Objectif   | Donner aux étudiants les bases théoriques leur permettant de comprendre et de gérer les invasions et les transferts biologiques. L'approche est pluridisciplinaire (milieu marin, milieu continental, santé humaine)  |
| Description  | 1. Les invasions biologiques (transfert d'espèces par l'homme, vers de nouveaux écosystèmes et régions et les transferts biologiques (transfert du fait de l'homme d'un pathogène ou d'un parasite, d'un hôte à un autre) correspondent à des phénomènes similaires. 1. Définitions et concepts. 2. Causes des invasions et transferts biologiques. 3. Facteurs de succès des invasions et transferts. Conséquences écologiques, économiques et sur la santé. Prévention et contrôle des invasions et transferts. |
| Méthode pédagogique                                    | Cours   |
| Prérequis  | Connaissances de base en biologie et écologie (Licence).  |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit.   |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopies des cours, présentations power point en accès libre sur un site web, publications récentes, ressources de la bibliothèque de l'Université   |
| Ouvrages de référence                                  | Boudouresque, 2005. Espèces introduites et Invasives en milieu marin. Pascal et al., 2006. Invasions biologiques et extinctions.  |
| Remarques  | Cette UE est partagée avec le Master SET (Sciences de l'Environnement Terrestre) d'Aix-Marseille I et III. Et avec le Master Santé et Environnement (Aix-Marseille II)  |

## Fiche descriptive par unité d'enseignement

### UE N° 58

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | Modélisation en Environnement Marin : notions fondamentales (MODEM)  |
| Type de cours (cours, TP, TD)                            | Cours + TD   |
| Total heures   | 50   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  | 4  |
| Lieu   | Université de la Méditerranée – Campus de Luminy   |
| N° du semestre   | S1   |
| Date de début  | Septembre  |
| Date de fin  | Décembre   |
| Enseignant(s)  | J.C. Poggiale (responsable), A.F. Yao  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ? | Master d'Océanographie. Obligatoire pour les étudiants arrivant de l'extérieur et qui n'ont donc pas suivi la Licence du COM   |
| Objectif   | Cette UE s'adresse aux étudiants désireux de s'initier à la modélisation et aux statistiques en sciences de l'environnement. On y présente les fondements mathématiques requis pour le développement et l'analyse des modèles en écologie. Des rappels concernant les notions de base de statistiques sont également présentés. Des exemples pris dans l'environnement marin sont traités sous forme de TD.  |
| Description  | Nous présentons dans cette UE les méthodes de conception de modèles dans les sciences de l'environnement. A travers des exemples, nous introduisons les méthodes mathématiques nécessaires pour extraire l'information des modèles. Les notions mathématiques abordées portent sur l'algèbre linéaire, les équations différentielles, l'initiation à la théorie des systèmes dynamiques (notion d'équilibres, stabilité, comportement qualitatif de solutions, ...). Les applications portent sur l'étude de modèles classiques de dynamique des populations. En statistique, quelques rappels sur la théorie des probabilités et les lois de probabilités usuelles sont présentées. |
| Méthode pédagogique                                      | Cours magistraux & travaux dirigés   |
| Prérequis  | <i>1.</i>  |
| Modalités de contrôle des connaissances                  | Examen écrit (cours, TD)   |
| Ressources pédagogiques fournies                         | Références bibliographiques, photocopies de support de cours/TD, codes informatiques   |
| Ouvrages de référence                                    | J.D. Murray, Mathematical Biology, Biomathematics Texts, Springer<br>L. Edelstein-Keshet, Mathematical Models in Biology, SIAM, CL 46  |
| Remarques  | Cette UE permet aux étudiants n'ayant jamais (ou peu) fait de mathématiques à l'Université de pouvoir suivre les UE de modélisation et statistiques du master d'Océanographie.   |

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 60

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Approche écosystémique des ressources marines exploitées (AERME)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM + TD  |
| Total heures   | 30   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Sète (station IRD)   |
| N° du semestre   | S3   |
| Date de début  | Novembre   |
| Date de fin  | Décembre   |
| Enseignant(s)  | Y. Shin (responsable), P. Cury, X  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Optionnelle dans la spécialité Biologie et écologie marines  |
| Objectif   | Comprendre et gérer les interactions entre changement climatique global, exploitation des ressources marines et écosystèmes marins.  |
| Description  | 1.Enjeu et contexte des approches écosystémiques des ressources marines et de leur exploitation. Ecologie trophique et quantification des interactions trophiques par microchimie et analyses isotopiques. Modéliser les interactions trophiques dans les écosystèmes marins. Interactions ressources et environnement : dynamique spatio-temporelle du recrutement des poissons. Interactions ressources et environnement : regime shift et alternance d'espèces. Effets de la pêche et du climat sur la dynamique des écosystèmes hauturiers. Modélisation spatiale des interactions ressources-pêche-environnement en dynamique des populations hauturières. Interactions spatiales ressources-environnement : approches géostatistiques. |
| Méthode pédagogique                                    | Cours, discussions avec des chercheurs recherche documentaire et exposés sur publications par les étudiants  |
| Prérequis  | Connaissances en écologie et en statistiques (Licence, M1), initiation à la modélisation (M1) et UE 39 (M1 : FLUC)   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen oral, exposés.  |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Documents en accès libre sur le site web   |
| Ouvrages de référence                                  |  |
| Remarques  | Cette UE est partagée avec des M2 de Montpellier, Paris 6 et Rennes  |

30.

31.

32.

33.

34.

35.

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 62

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Méthodes quantitatives avancées en Environnement Marin (MQA)</b>  |
| Type de cours (cours, TP, TD, projet autoformation, etc..) | Cours + TD +Info   |
| Total heures   | 50   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  | 4/6 h  |
| Lieu   | Campus de Luminy   |
| N° du semestre   | S2   |
| Date de début  | Septembre  |
| Date de fin  | Janvier  |
| Enseignant(s)  | D. Nerini (responsable), A.F.Yao + X   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ?   | Mastère d'Océanographie 1ere Année (optionnelle)   |
| Objectif   | Cette UE s'adresse aux étudiants soucieux d'approfondir leurs connaissances en traitement et analyse de données se présentant sous forme de grand tableau, croisant un ensemble d'individus sur lesquels sont mesurés un nombre important de variables. En écologie marine, ce type de données constitue la grande majorité des prélèvements réalisés lors des travaux de terrain. D'un point de vue théorique, nous abordons des méthodes standards d'analyse multivariées dont l'objectif consiste à extraire l'information contenue dans le tableau de données en tenant compte des relations entre variables. Les développements méthodologiques sont illustrés sous forme de TD à partir de jeux de données réels en écologie et en physique. L'étudiant doit être capable, à l'issue de ce cours, d'orienter son choix sur les méthodes d'analyse et d'interprétation en adéquation avec le type de données dont il dispose. |
| Description  | Description d'un tableau de données. Statistiques de base. Corrélation / Covariance. ACP, AFC, Analyse discriminante. ACP pour des courbes. Représentation graphique de courbes.   |
| Méthode pédagogique  | Cours + TD   |
| Prérequis  | UE 58 MODEM ou équivalence   |
| Modalités de contrôle des connaissances                    | Exam écrit   |
| Ressources pédagogiques fournies                           |  |
| Ouvrages de référence                                      |  |
| Remarques  |  |

37.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 63

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Intitulé                         | <b>Diversité des organismes marins : notions avancées (DOMA)</b> |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP) | CM   |
| Total heures                     | 30   |
| ECTS                             | 6  |
| Heure/semaine                    |  |
| Lieu                             | Luminy   |
| N° du semestre                   | S3   |
| Date de début                    | Septembre  |
| Date de fin                      | Décembre   |

|  |   |
|--|---|
| Enseignant(s)  | C.F. Boudouresque (responsable), E. Deniel, V. Michotey   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Non   |
| Objectif   | Présenter la "nouvelle donne" de la diversité du monde vivant, en la centrant sur les phylums et règnes qui jouent un rôle important en milieu marin, en particulier les nombreux taxons récemment découverts   |
| Description  | 1. Origine et évolution de la diversité du monde vivant. Diversité et spécificité des principaux phylums et règnes de Procaryotes et d'Eucaryotes : Bactéries, Archées, Alvéolés, Straménopiles, Cryptobiontes, Haptobiontes, Discicristates, Rhizaria (Radiolaires, Foraminifères, Chlorarachnobiontes), Plantae, Opisthochontes (Microsporidiues, Fungi, Choanoflagellés et Métazoaires). Pour chacun de ces taxons, on se centrera sur les caractères spécifiques (marqueurs biochimiques, caractères dérivés, biologie et rôle en milieu marin. |
| Méthode pédagogique                                    | Les cours seront complétés par une recherche personnelle de documents .   |
| Prérequis  | Connaissances biologiques de base d'une Licence SV ou similaire et d'un Master 1  |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit.   |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopies des cours, présentations power point en accès libre sur un site web, publications récentes, ressources de la bibliothèque de l'Université   |
| Ouvrages de référence                                  | Lecointre et Le Guyader (2006).   |
| Remarques  | Cette UE ne s'adresse pas aux étudiants ayant suivi "Diversité et Evolution du Monde Vivant" (Licence SME) ou "Diversité des Organismes Marins" (UE 33, DOM, M1), mais à ceux qui arrivent de l'extérieur au niveau Master 2. Une partie des cours est commune avec l'UE 33 DOM   |

38.

39.

40.

41.

42.

43.

44.

45.

46. Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 64

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Génétique des populations marines : notions avancées (GENA)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TD, TP  |
| Total heures   | 30  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  | 5   |
| Lieu   | Campus de Luminy; Station Marine d'Endoume  |
| N° du semestre   | S3  |
| Date de début  | Septembre   |
| Date de fin  | Décembre  |
| Enseignant(s)  | Didier Aurelle (responsable) + intervenants extérieurs  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | UE optionnelle  |
| Objectif   | En plus des outils de base en génétique des populations marines, l'objectif de l'Unité est d'exposer les techniques d'études appliquées à la phylogéographie et de situer les étudiants dans les grandes questions scientifiques d'actualité. |



|   |   |
|---|---|
| Description                             | - Structuration des populations en milieu marin<br>- Phylogéographie: principes, interprétations, application à la Méditerranée<br>- Analyses de données de séquence: impact de la sélection, des processus démographiques, introduction à la théorie de la coalescence<br>- Aspects génétiques des processus de spéciation<br>- Questions d'actualité en génétique des populations |
| Méthode pédagogique                     | Cours, analyses d'articles avec interprétation des résultats par les étudiants.<br>Travaux pratiques: PCR sur locus microsatellites et analyse des résultats sur ordinateur.  |
| Prérequis                               | Notions de base en génétique et en analyses statistiques  |
| Modalités de contrôle des connaissances | Examen écrit et exposé oral   |
| Ressources pédagogiques fournies        | Illustrations de cours en ligne, articles scientifiques, logiciels d'analyses de données  |
| Ouvrages de référence                   | Principles of populations genetics, Hartl & Clark<br>Phylogeography, Avise<br>Précis de génétique des populations, Henry & Gouyon   |
| Remarques                               | Cette UE s'adresse aux étudiants qui entrent en Master au niveau du M2. Une partie des cours est commune avec l'UE 34 du M1.  |

47.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 65

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Evolution adaptative et coevolution : Approches theoriques (EVACO)</b>  |
| Type de cours (cours, TP, TD, projet autoformation, etc..) | Cours/TD/ travaux personnels ?   |
| Total heures   | 30   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Campus de Luminy   |
| N° du semestre   | S3   |
| Date de début  | Septembre  |
| Date de fin  | Décembre   |
| Enseignant(s)  | Poggiale (responsable), X  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ?   | Optionnelle en Master d'Océanographie, spécialité Biologie et Ecologie Marines.  |
| Objectif   | Les avancées récentes de la biologie des populations ont montré l'imbrication étroite des processus de régulation et d'adaptation des populations. Au sein d'une population, les caractéristiques individuelles (comportement, physiologie, traits d'histoire de vie, et leur plasticité) se combinent aux mécanismes d'interaction des individus (antagonistes ou coopératives) pour déterminer les caractéristiques de la population et donc les pressions de sélection qui s'exercent en retour sur la variation des phénotypes. Comment modéliser cette « rétroaction » éco-évolutive ? Ce cours présente les méthodes mathématiques les plus efficaces, développées depuis une douzaine d'années, dont les applications ont profondément modifié notre compréhension des phénomènes d'évolution adaptative et de coevolution des espèces : évolution du comportement, des traits d'histoire de vie, de la plasticité phénotypique, du dimorphisme sexuel ; origine des espèces ; origine et dynamique évolution des réseaux trophiques, des interactions hôte-parasite, des symbioses ; réponses adaptatives des communautés et des écosystèmes aux changements globaux. Le contenu des cours magistraux vise principalement à introduire les |

|   |   |
|---|---|
|   | méthodes mathématiques L'utilisation de ces méthodes générales, par l'analyse mathématique ou la simulation numérique, et la présentation de questions empiriques qui en offrent un terrain d'applications, motiveront les Travaux Personnels Encadres des participants.  |
| Description                             | <b>Modèles de dynamiques adaptatives.</b><br>Adaptation par variation-sélection de caractères quantitatifs sujets à mutations de faible effet. Modélisation de la valeur sélective. Equation canonique des dynamiques adaptatives. Notion de singularité évolutive et classification de leurs propriétés. Conséquences des mutations à grands effets. Réponses aux changements globaux : analyse des bifurcations. Autres méthodes de modélisation : Théorie des jeux, Génétique quantitative, Equation de Price.<br><b>Analyse numérique.</b><br>Construction d'un algorithme de dynamiques eco-evolutives des populations. Mise en œuvre dans l'environnement du logiciel ZEN. Applications : radiation adaptative chez E. coli, co-évolution d'un système symbiotique, sélection sexuelle. |
| Méthode pédagogique                     |   |
| Prérequis                               | Bases ODEs, systèmes dynamiques, probabilités.  |
| Modalités de contrôle des connaissances | Examen écrit  |
| Ressources pédagogiques fournies        |   |
| Ouvrages de référence                   |   |
| Remarques                               |   |

48.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 66

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Biologie de l'évolution et écologie en milieu marin (BEEMM)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM – TD   |
| Total heures   | 30  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  | 4   |
| Lieu   | Campus de Luminy (cours) Station marine d'Endoume (TD)  |
| N° du semestre   | S3  |
| Date de début  | Septembre   |
| Date de fin  | Décembre  |
| Enseignant(s)  | Emmanuelle Deniel (responsable), Didier Aurelle, Carole Borchiellini, intervenants extérieurs / chercheurs  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Optionnelle en Master 2 Océanographie, spécialité Biologie et Ecologie Marines  |
| Objectif   | Présenter les recherches actuellement menées dans le domaine des sciences de l'évolution et de l'écologie en milieu marin: théories, problématiques, méthodes.  |
| Description  | 1.- génétique des populations: questions et techniques actuelles; apport de l'étude du polymorphisme de séquence<br>- évolution et spéciation en milieu marin<br>- évolution des stratégies de reproduction<br>- évolution des génomes: duplications et diversification des fonctions et des morphologies<br>2.- la biodiversité en mer: origine, organisation et érosion |
| Méthode pédagogique                                    | Cours magistraux, TDs sur analyses de résultats de travaux de recherche   |

|   |  |
|---|--|
| Prérequis                               |  |
| Modalités de contrôle des connaissances | Examen écrit ou exposé oral sur une thématique donnée  |
| Ressources pédagogiques fournies        | Illustrations de cours en ligne, logiciels d'analyses de données, articles scientifiques, photocopiés                                    |
| Ouvrages de référence                   | Evolutionary Biology, Futuyma<br>Molecular evolution, Li<br>From DNA to diversity, Carroll, Grenier, Weatherbee<br>Phylogeography, Avise |
| Remarques                               |  |

49.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 67

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Protection, restauration et gestion durable en milieu marin I (PROT 1)</b>   |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TD  |
| Total heures   | 30 (20h CM, 10h TD)   |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  |   |
| Lieu   | Luminy  |
| N° du semestre   | S3  |
| Date de début  | Octobre   |
| Date de fin  | Décembre  |
| Enseignant(s)  | Y. Letourneur (responsable), T. Pérez, D. Bellan, intervenants extérieurs   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Obligatoire dans la spécialité Master Pro, optionnelle dans la spécialité Biologie et Ecologie Marines.   |
| Objectif   | 1. Donner des notions d'écologie générale appliquées à la gestion du milieu marin, de façon à préparer les étudiants aux métiers autres que ceux de la recherche fondamentale.  |
| Description  | 2.1. Le développement durable, dans un contexte de conflits entre usages et protection ; biodiversité et protection des espèces. 2. Instruments de protection du milieu marin : conventions internationales, législation, AMP, ZNIEFF, Natura 2000, contrôle des rejets solides et liquides, etc. 3. Les instruments et les pratiques de gestion : réseaux de surveillance, bio-indicateurs, bio-marqueurs. 4. Eléments généraux sur les effets de la pêche et de l'aquaculture sur les milieux marins. |
| Méthode pédagogique                                    | Enseignement présentiel   |
| Prérequis  |   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit  |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopies de présentations orales, publications scientifiques, exemples de documents administratifs   |
| Ouvrages de référence                                  |   |

|           |  |
|-----------|--|
| Remarques |  |
|-----------|--|

50.Contrat 2008/2011

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 68

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Protection, restauration et gestion durable en milieu marin II (PROT 2)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM, TD  |
| Total heures   | 30 (20h CM, 10h TD)   |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  |   |
| Lieu   | Luminy  |
| N° du semestre   | S3  |
| Date de début  | Novembre  |
| Date de fin  | Décembre  |
| Enseignant(s)  | Y. Letourneur (responsable), D. Aurelle, intervenants extérieurs  |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Optionnelle dans la spécialité Biologie et Ecologie Marines   |
| Objectif   | Donner des notions d'écologie fondamentale (problématiques de la recherche actuelle) appliquées à la gestion du milieu marin, de façon à compléter ce que les étudiants auront vu dans l'UE 67. |
| Description  | 1.1. Génétique de la conservation. 2. Les aires marines protégées et les récifs artificiels. 3. Les stratégies de restauration. 4. Gestion intégrée des espaces et des usages.                  |
| Méthode pédagogique                                    | Enseignement présentiel   |
| Prérequis  | Structure et fonctionnement des écosystèmes marins benthiques, UE 67 à suivre en parallèle avec l'UE 68   |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit  |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopies de présentations orales, publications scientifiques, exemples de documents administratifs   |
| Ouvrages de référence                                  |   |
| Remarques  |   |

51.  
52.  
53.  
54.  
55.  
56.  
57.  
58.

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 69

|  |  |
|--|--|
| Intitulé   | <b>Invasions et transferts biologiques : approches théoriques (INV 2)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                       | CM + TD  |
| Total heures   | 30   |
| ECTS   | 6  |
| Heure/semaine  |  |
| Lieu   | Campus Saint-Charles   |
| N° du semestre   | S3   |
| Date de début  | Novembre   |
| Date de fin  | Décembre   |
| Enseignant(s)  | C.F. Boudouresque (responsable), L. Affre, X   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme: lequel? | Optionnelle dans la spécialité Biologie et Ecologie Marines.   |
| Objectif   | Montrer aux étudiants comment les invasions et les transferts biologiques permettent de comprendre des processus fondamentaux de la biologie et de l'écologie, et pourquoi elles tiennent donc une large place dans la recherche actuelle. L'approche est pluridisciplinaire (milieu marin, milieu continental, santé humaine)   |
| Description  | 1. Les invasions biologiques (transfert d'espèces par l'homme, vers de nouveaux écosystèmes et régions et les transferts biologiques (transfert du fait de l'homme d'un pathogène ou d'un parasite, d'un hôte à un autre) correspondent à des phénomènes similaires. On mettra l'accent sur le rôle de la diversité spécifique et fonctionnelle, sur les processus biologiques et génétiques impliqués dans le succès des invasions et sur les interrogations scientifiques d'actualité. |
| Méthode pédagogique                                    | Cours, TD, recherche de documents et exposés sur publications par les étudiants  |
| Prérequis  | L'UE 54 INV 1 (Invasions et transferts biologiques : notions fondamentales)  |
| Modalités de contrôle des connaissances                | Examen écrit. Exposé sur publication et recherche documentaire.  |
| Ressources pédagogiques fournies                       | Photocopies des cours, présentations power point en accès libre sur un site web, publications récentes, ressources de la bibliothèque de l'Université  |
| Ouvrages de référence                                  | Boudouresque, 2005. Espèces introduites et Invasives en milieu marin. Pascal et al., 2006. Invasions biologiques et extinctions.   |
| Remarques  | Cette UE est partagée avec le Master SET (Sciences de l'Environnement Terrestre) d'Aix-Marseille I et III.   |

59.  
60.  
61.  
62.  
63.  
64.

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 70

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Hydrocarbures et contaminants organiques : devenir et impact (HYDR)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                         | CM & TD   |
| Total heures   | 30  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  |   |
| Lieu   | Campus de Luminy  |
| N° du semestre   | S3  |
| Date de début  | Octobre   |
| Date de fin  | Novembre  |
| Enseignant(s)  | P. Cuny (responsable), MC X   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ? | Obligatoire dans le Master pro, optionnelle dans la spécialité recherche Biologie et Ecologie Marines   |
| Objectif   | Connaître les caractéristiques des principaux types de contaminants organiques (hydrocarbures pétroliers, pesticides, peintures...) ainsi que les processus et les mécanismes abiotiques et biotiques gouvernant leur devenir en mer. Appréhender l'impact des contaminations sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques ainsi que sur les activités humaines (exploitation des ressources marines, tourisme, santé). Connaître les différents moyens de lutte existant.  |
| Description  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminants organiques (origine, nature, caractéristiques physico-chimiques, taux de contamination des écosystèmes marins) ;</li> <li>- Devenir en mer : processus abiotiques et biotiques régissant leur devenir en mer ;</li> <li>- Impact sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes marins (transferts au sein des réseaux trophiques) ;</li> <li>- Impact sur les activités anthropiques (exploitation des ressources marines, tourisme, santé) ;</li> <li>- Moyens de lutte (physique, chimiques et biologique).</li> <li>- Etude de cas (travail étudiant personnel d'analyse critique portant sur des cas de pollution d'écosystèmes marins par les contaminants : cause, impact, devenir de la pollution et moyens de lutte employés).</li> </ul> |
| Méthode pédagogique                                      | 14h de cours, 16h de TD (présentation orale du travail personnel)   |
| Prérequis  | Biologie générale, écologie marine  |
| Modalités de contrôle des connaissances                  | Examen et contrôle continu : rédaction d'un mémoire et présentation orale du mémoire  |
| Ressources pédagogiques fournies                         | Polycopié du cours, articles scientifiques, accès aux revues scientifiques par connexion électronique   |
| Ouvrages de référence                                    | Différents articles scientifiques de synthèses  |
| Remarques  | UE partagée entre deux spécialité du Master d'Océanographie   |

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE 71

|  |   |
|--|---|
| Intitulé   | <b>Biodégradation des contaminants organiques (BIOD)</b>  |
| Type de cours (CM, TD, et ou TP)                         | CM & TD   |
| Total heures   | 30  |
| ECTS   | 6   |
| Heure/semaine  |   |
| Lieu   | Campus de Luminy  |
| N° du semestre   | S3  |
| Date de début  | Novembre  |
| Date de fin  | Décembre  |
| Enseignant(s)  | Cuny P & MC X   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ? | Optionnelle dans la spécialité Biologie et Ecologie Marines   |
| Objectif   | Connaître et comprendre le rôle des communautés procaryotiques dans la transformation et la dégradation des contaminants organiques dans les écosystèmes marins   |
| Description  | <ul style="list-style-type: none"><li>- Impact des contaminants organiques sur la structure et le fonctionnement des communautés microbiennes ;</li><li>- Groupes bactériens impliqués dans les processus de transformation et de dégradation des contaminants organiques ;</li><li>- voies métaboliques et gènes impliqués dans la transformation et la dégradation des contaminants organiques ;</li><li>- biorémédiation des écosystèmes marins contaminés ;</li></ul> |
| Méthode pédagogique                                      | 20h de cours, 10h de TD de présentation d'article scientifique en anglais   |
| Prérequis  | Microbiologie, écologie marine, écologie microbienne  |
| Modalités de contrôle des connaissances                  | Examen et contrôle continu (présentation orale d'un article scientifique)   |
| Ressources pédagogiques fournies                         | Polycopié du cours, articles scientifiques, accès aux revues scientifiques par connexion électronique   |
| Ouvrages de référence                                    |   |
| Remarques  |   |

## Fiche descriptive par Unité d'Enseignement

### UE N° 72

|   |  |
|---|--|
| Intitulé  | <b>Apprentissage, classification et prévision (ACP)</b>  |
| Type de cours (cours, TP, TD, projet autoformation, etc.) | Cours + TD +Info   |
| Total heures  | 30   |
| ECTS  | 6  |
| Heure/semaine   | 4/6 h  |
| Lieu  | Campus de Luminy   |
| N° du semestre  | S3   |
| Date de début   | Septembre  |
| Date de fin   | Décembre   |
| Enseignant(s)   | D. Nerini (responsable), X   |
| Cette UE est-elle obligatoire dans un diplôme : lequel ?  | Optionnelle en Mastet d'Océanographie 2eme Année, spécialité Biologie et Ecologie Marines  |
| Objectif  | Cette UE s'adresse aux étudiants désireux d'approfondir leur connaissance dans le domaine de l'apprentissage en statistiques. Nous proposons de montrer comment à partir des propriétés statistiques d'un échantillon d'une population, on arrive à construire des modèles statistiques permettant la prévision d'une ou plusieurs variables en fonction d'un ensemble de prédicteurs. Un degré d'incertitude de cette prévision peut être associé au modèle ainsi construit. Les cours de cette unité sont illustrés par des études de cas à partir de données provenant de la phylogénétique, de l'écologie et de la physique. |
| Description   | Notion de distance entre objets. Arbre de régression, arbre phylogénétique, SVM, Classification supervisé et non-supervisé, moindres carrés, plus proche voisin, bootstrap, prédicteurs agrégés, mesure d'incertitude, erreur de prévision   |
| Méthode pédagogique                                       | Cours + TD   |
| Prérequis   | UE 58 MODEM + Méthodes quantitatives en écologie marine ou équivalence   |
| Modalités de contrôle des connaissances                   | Exam écrit / Travail publication   |
| Ressources pédagogiques fournies                          |  |
| Ouvrages de référence                                     |  |
| Remarques   |  |