

## MASTER DE RECHERCHE

### Mention : Sciences de l'Univers, Environnement et Ecologie (SDUEE) Spécialité « Environnement Insulaire Océanien », niveau M2 (UPF) Projet 2012-2015

La maquette de formation de ce master EIO correspond à celle du master SDUEE avec une adaptation du niveau M2 qui sera spécifique à la Polynésie. Le présent document décrit le programme des enseignements de la spécialité « Pacifique » (EIO) au niveau M2 qui sera effectué en Polynésie. La formation au niveau M2 sera assurée autant que possible par l'ensemble des enseignants-chercheurs et chercheurs des différents organismes de recherche présents en Polynésie (UPF, IRD, Ifremer, ILM, CRIOBE) que ce soit sur le plan théorique (au semestre 3 en M2) ou pratique (stage 30 ECTS pour le semestre 4 en M2) à part l'UE 7 « Biodiversité et évolution ».

#### SEMESTRE 1 : 30 ECTS, 300h

Le semestre 1 est dédié à une formation à caractère pluridisciplinaire pour une initiation scientifique relative à l'environnement insulaire océanien, le Pacifique et la Polynésie.

Sept unités d'enseignement sont proposées. Les quatre UE à 6 ECTS sont obligatoires (UE 2, UE 4, UE 5 et UE 6). L'étudiant choisit 2 UE de 3 ECTS parmi les trois proposées (UE 1, UE 3 et UE 7).

L'ensemble des enseignements du semestre est récapitulé dans le tableau suivant :

	UE	CONTENU DES ENSEIGNEMENTS	Heures	CM	TD	TP	ECTS
<b>S E M E S T R E 1</b>	UE.1	Milieux insulaires	30	20	10	0	3
	UE.2	Récifs coralliens	60	30	10	20	6
	UE.3	Invasions biologiques en milieu marin et terrestre	30	18	3	9	3
	UE.4	Suivi et gestion des écosystèmes marins exploités	60	30	10	20	6
	UE.5	Géophysique et changements globaux	60	30	20	10	6
	UE.6	Chimiodiversité marine et terrestre	60	30	20	10	6
	UE.7	Biodiversité et évolution	30	15	10	5	3

**UE1 : Milieux insulaires (coordinateur : C. Jost, UPF), 3ECTS, 30h (20h CM, 10h TD)**

**1.1 Pacifique et Polynésie : environnements et territoires (C. Jost, UPF), 1.5 ECTS, 15h (10h CM, 5h TD)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Après une introduction aux grands ensembles régionaux du bassin Pacifique, ce cours de présentation générale du Pacifique et de la Polynésie en particulier, traitera des types d'environnements insulaires et des cadres de vie en en dégageant les atouts et contraintes de développement territorial. Il mettra plus particulièrement en perspective les territoires francophones (N.C., W.-F., P.F., Clipperton, Vanuatu) en insistant sur la P.F. selon une approche à la fois environnementale, écogéographique et géopolitique.

- Grands ensembles régionaux du bassin Pacifique
- Types d'environnements insulaires
- Ecogéographie et géopolitique des Territoires francophones du Pacifique

**1.2 Sociétés et cultures océaniques (T. Bambridge, F. Féral, N. Hilmi : CRIOBE/EPHE), 1.5 ECTS, 15h (10h CM, 5h TD)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Ce programme sera axé sur l'analyse de la relation entre les humains et l'environnement du passé au présent, mettant l'accent sur la relation avec les milieux marin et terrestre, en l'occurrence avec les récifs coralliens et les bassins versants. L'enseignement aura lieu à l'UPF sous forme de cours dont les différents thèmes abordés seront regroupés en trois modules :

- Société et histoire de l'environnement océanique
- Dispositif public de gouvernance face aux changements climatiques et environnement
- Les services écosystémiques et économie insulaire

**UE2 : Récifs coralliens (coordinateur : D. Lecchini, CRIOBE/EPHE), 6 ECTS, 60h (20h CM, 10h TD, 20h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Les récifs coralliens sont, avec la forêt tropicale, l'écosystème le plus diversifié et le plus complexe de la planète. Outre son intérêt écologique, il a une importance économique, sociale et culturelle majeure pour les pays qu'il borde. De plus, rempart contre la violence de la mer, il exerce un rôle de protection naturelle des côtes. Or, de nos jours, les récifs coralliens dans les océans Atlantique, Indien et Pacifique sont "détruits" par les activités humaines (pollutions marines, changements climatiques, surexploitation des produits de la mer, etc.). L'UE « Récifs coralliens » a pour objectif de faire connaître le fonctionnement des écosystèmes coralliens aux étudiants afin de les sensibiliser à la protection de cet écosystème pour une préservation de leur biodiversité et une meilleure gestion. L'enseignement portera sur les eaux lagunaires et océaniques baignant les récifs coralliens (UE 2.1) et sur les organismes peuplant ces récifs (UE 2.2). Cet enseignement, alliant cours magistraux, TD et TP, sera essentiellement assuré par des enseignements-chercheurs de l'EPHE et des

chercheurs de l'IRD et du CNRS basés en Polynésie française. Le contrôle des connaissances se fera sous forme d'une question de synthèse et sur l'évaluation du TP de Moorea.

## **2.1 Environnement lagunaire et océanique (Loic Charpy, IRD), 3ECTS, 30h (15h CM, 5h TD, 10h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

La plupart des récifs coralliens sont situés dans des zones oligotrophes : concentrations en nutriments très faibles et plancton peu abondant. Malgré cette pauvreté, les récifs coralliens sont capables de se maintenir et même de se développer. Pour expliquer cet apparent paradoxe, il est important de caractériser les flux d'azote et de phosphore (particulaire et dissous) des eaux vers les récifs et des récifs vers les eaux. Les teneurs en sels nutritifs au voisinage des récifs dépendent de l'apport externe (remontées d'eaux profondes riches en P et N, rejets urbains), de la reminéralisation au sein des récifs et de la fixation d'azote moléculaire par les cyanobactéries benthiques et pélagiques.

Une partie des stades larvaires des animaux des récifs séjourne dans les lagons et s'alimente sur le plancton. La connaissance du réseau trophique planctonique ainsi que de l'hydrodynamisme lagunaire (courant, temps de résidence des eaux) est de première importance pour expliquer le recrutement des organismes récifaux. L'enseignement aura lieu au CPRBI à Tahiti et les travaux pratiques au CPRBI et au CRIOBE à Moorea.

- Eléments nutritifs
- Hydrodynamisme
- Plancton
- Production primaire

## **2.2 Biodiversité, Biologie, Ecologie et conservation des organismes coralliens (D. Lecchini, CRIOBE/EPHE), 3 ECTS, 30h (15h CM, 5h TD, 10h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Les animaux vivant dans les récifs coralliens (poissons, coraux et autres invertébrés marins) ont généralement un cycle de vie complexe avec une phase larvaire océanique de quelques semaines à quelques mois, suivie d'une phase récifale relativement sédentaire pour les juvéniles et les adultes. L'enseignement portera sur la biodiversité, la biologie et l'écologie des poissons, des coraux, des crustacés et des parasites, ainsi que sur la gestion durable des stocks marins exploitables par les populations humaines (aires marines protégées, récifs artificiels, réseau de surveillance, etc.). L'enseignement aura lieu au CRIOBE de Moorea sous forme de cours, TD et TP. Les différents thèmes abordés dans les cours seront :

- Biologie et écologie des coraux et des organismes associés
- Taxonomie, biologie et écologie des poissons et des crustacés
- Présentation des cycles de vie des organismes marins
- Concept de la sélection d'un habitat de vie
- Relation poissons-parasites dans les récifs coralliens
- Aires marines protégées & Réseau de surveillance dans le Pacifique
- Labex « Récifs coralliens » : enjeux, contrôles et limites

**UE3 Invasions biologiques en milieu insulaire terrestre, aquatique et marin**  
(coordinateur : J.Y. Meyer, Délégation à la Recherche de la PF), 3ECTS, 30h (18h CM, 3h TD, 9h TP)

Les espèces introduites envahissantes (ou « invasives ») sont considérées comme l'une des principales menaces sur la biodiversité des écosystèmes insulaires au monde et des îles du Pacifique en particulier. Leurs impacts environnementaux mais également socio-économiques et pour la santé humaine sont croissants avec le phénomène de « globalisation ». La connaissance de la bio-écologie de ces espèces et la compréhension des mécanismes d'invasion biologique sont nécessaires pour pouvoir mettre en place des stratégies de gestion adaptées et d'utiliser des méthodes de lutte efficaces. L'étude des invasions biologiques est pluri- et transdisciplinaire, et fait partie intégrante de la « biologie de la conservation » dans une perspective de développement durable et de gestion des ressources naturelles, souvent limitées dans les îles, par les populations.

**3.1 Invasions biologiques dans les îles (J.Y. Meyer (Délégation à la recherche en PF, H. Jourdan (IRD), E. Vidal (IRD)), 1 ECTS, 10h (6h CM, 1h TD, 3h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Cette partie fera la synthèse des connaissances sur les phénomènes d'invasion biologique dans le monde (exemples célèbres en milieu terrestre, aquatique et marin) en expliquant les modes d'introduction et le processus d'invasion (étapes et barrières, modélisation de la dynamique) ainsi que les impacts environnementaux, socio-économiques et sur la santé humaine. La grande originalité et la vulnérabilité de la biodiversité dans les îles seront mises en évidence (« *syndrome insulaire* », crise d'extinction, listes rouges des espèces menacées) et les principales menaces (passées, actuelles et futures -changements globaux-) détaillées. Les méthodes de conservation des espèces endémiques - *in situ* et *ex situ*- et de restauration d'habitats et leurs fondements écologiques et génétiques seront expliqués. Les méthodes de gestion des espèces envahissantes (système de quarantaine, évaluation/analyse des risques, réglementations internationale, nationale et locale, sensibilisation, éducation et information) seront décrites. Nous fournirons enfin des informations sur les bases de données et réseaux globaux et régionaux existants, ainsi que sur les principaux programmes de recherche et organismes de gestion dans les pays insulaires (du Pacifique notamment).

- biodiversité globale *versus* insulaire et biologie de la conservation
- biodiversité globale *versus* insulaire
- modes d'introduction et processus d'invasion, nouveaux écosystèmes
- méthodes de gestion
- bases de données sur les espèces envahissantes : réseaux globaux et régionaux
- programmes de recherche et organismes de gestion

**3.2 Espèces végétales envahissantes (J.Y. Meyer, Délégation à la recherche en PF), 1 ECTS, 10h (6h CM, 1h TD, 3h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Des exemples pris en milieu terrestre (flore vasculaire), aquatique (eaux douces) et marin (algues) permettront de mieux comprendre la dynamique des invasions (modes d'introduction, systèmes de reproduction, dissémination, rôle de la banque de graines, mutualismes plantes-animaux) et la nature des impacts (extirpation et extinction d'espèces, modification du

fonctionnement des écosystèmes, successions végétales, pollution génétique & hybridation). Les différentes méthodes de lutte et leur coût ainsi que les protocoles de suivi seront passés en revue

- Exemples d'espèces envahissantes en milieu terrestre (flore vasculaire), aquatique (eaux douces) et marin
- Dynamique des invasions et nature des impacts
- Méthodes de lutte
- Protocoles de suivi

### **3.3. Espèces animales envahissantes (J.Y. Meyer (Délégation à la recherche en PF, H. Jourdan (IRD), E. Vidal (IRD)), 1ECTS, 10h (6h CM, 1h TD, 3h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Des exemples de vertébrés (rats, chats, ongulés herbivore, poissons, reptiles, oiseaux) et d'invertébrés (fourmis, moustiques, mollusques) dans les îles du Pacifique permettront de comprendre à la fois la dynamique des invasions mais également le rôle des chaînes alimentaires et des interactions biotiques (assemblage des communautés). Les différentes méthodes de lutte et leur coût ainsi que les protocoles de suivi seront passés en revue.

- Exemples de vertébrés et d'invertébrés envahissants dans les îles du Pacifique
- Dynamique des invasions
- Méthodes de lutte
- Protocoles de suivi

### **UE4 Suivi et gestion des écosystèmes marins exploités (Coordinateurs : J.C. Gaertner (UPF), M. Taquet (Ifremer)), 6 ECTS, 60h (30h CM, 10h TD, 20h TP)**

L'exploitation des ressources marines constitue un élément important du développement des pays insulaires tropicaux. Dans ce contexte, les enseignements proposés aborderont les enjeux du développement et de la durabilité des filières maritimes, en particulier de la pêche et de l'aquaculture, notamment à partir d'études de cas. D'un point de vue plus large, ces enseignements traiteront de la thématique centrale de la gestion des écosystèmes et de la biodiversité en s'intéressant tout particulièrement aux outils, méthodes et indicateurs permettant de caractériser la diversité biologique des systèmes exploités en lien avec leur productivité. Les questions de vulnérabilité de ces systèmes seront également abordées, notamment en lien avec le changement climatique. Enfin, une attention particulière sera portée sur les interactions entre ressources naturelles-activités-systèmes de gestion en les situant dans une perspective de gestion intégrée et durable des zones côtières et les dispositifs d'observation à grande échelle.

### **4.1 Pêche et PCC (M. Taquet (Ifremer), J.C. Gaertner (UPF), R. Galzin (CRIOBE/EPHE)), 2ECTS, 20h (10h CM, 4h TD, 6h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

- Les enjeux de la pêche (dans le monde, en milieu tropical et en Polynésie française)

- Les pêcheries pélagiques hauturières en milieu tropical (le cas du sud-ouest de l'Océan Indien et du Pacifique sud)
- Les pêcheries côtières artisanales en milieu tropical (principales techniques de pêche, effets sur les différentes composantes de la ressource et sur le milieu, perspectives de développement)
- PCC (Post-larval Capture & Culture) : Une pêche alternative durable dans les récifs coralliens via la capture de poissons au stade post-larvaire. L'enseignement se fera sous forme de cours magistraux afin de présenter la PCC aux étudiants (2 heures) suivi d'un TP (6heures) avec la mise en place de pièges lumineux et la collecte des post-larves dans le lagon de Tahiti (site Vaiaro)

#### **4.2 Aquaculture (M. Taquet (Ifremer), N. Mazouni (UPF)), 2 ECTS, 20h (10h CM, 3h TD, 7h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

- Présentation des principaux types d'aquaculture et des enjeux du développement de telles filières telles la perliculture, enjeux et perspectives de développement, recherches et développement
- La pisciculture en milieu tropical : le cas particulier de l'élevage de Platax en Polynésie française
- La crevetticulture : bilan scientifique et technique, perspectives de développement
- Interactions élevages-environnement

#### **4.3 Gestion des écosystèmes et de la biodiversité (N. Mazouni, J.C. Gaertner), 2 ECTS, 20h (10h CM, 3h TD, 7h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

- La biodiversité : un concept complexe et multicomposantes.
- Les Services d'Origine Ecosystémiques : définition, enjeux, et gestion
- Réponse et rôle de la biodiversité marine dans le fonctionnement des écosystèmes marins tropicaux (côtiers et hauturiers).
- Interactions entre Biodiversité et Services d'Origine Ecosystémique : le cas particulier des pays du « sud ».
- Evolution des modes de gestion des ressources : d'une gestion sectorielle vers une approche intégrée et multi-acteurs
- Les principaux dispositifs de suivi et de gestion des écosystèmes et de la biodiversité marine en milieu tropical : bilan critique et perspectives de développement.
- Le Grand Observatoire de l'environnement et de la diversité du Pacifique Sud (GOPS) : enjeux, rôle et limites.

### **UE5 Géophysique et changements globaux (coordinateur : P. Ortega (UPF)), 6 ECTS, 60h (30h CM, 20h TD, 10h TP)**

#### **5.1 Climatologie du Pacifique (P. Ortega, UPF), 3 ECTS, 30h (15h CM, 10h TD, 5h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

L'état d'équilibre du système climatique, à l'échelle planétaire et sur des périodes de temps relativement longues, repose sur l'étude du bilan entre l'énergie reçue du soleil et celle rayonnée par la terre. Le développement de puissants modèles, qui sont une représentation numérique du système climatique global, permet d'étudier et de caractériser cet état d'équilibre. Ces modèles prennent maintenant en compte l'atmosphère, l'océan et leur interaction d'un point de vue physique, chimique et biologique. Le traitement du système climatique par ces modèles se fait généralement à l'échelle planétaire mais les résultats peuvent être analysés à l'échelle du Pacifique.

Dans cette Unité d'Enseignement, nous proposons de décrire, succinctement à l'échelle globale et de façon plus détaillée à l'échelle du Pacifique Sud, les circulations atmosphérique et océanique et leur interaction ainsi que le climat et ses anomalies. Nous décrirons également, à l'échelle globale, le bilan énergétique de l'atmosphère et ses perturbations d'un point de vue physique et chimique en insistant sur l'effet de serre. Enfin, nous présenterons un état de l'art des activités de recherche dans quelques domaines de la climatologie et de son impact d'un point de vue sociétal.

- Système atmosphère-océan dans le Pacifique Sud
- Bilan énergétique de l'atmosphère et ses perturbations
- Climatologie du Pacifique Sud et de la Polynésie française
- Impacts du climat sur la société, les modèles et la prévision saisonnière

## **5.2 Du versant à l'océan : dynamiques géomorphologiques (J.P. Barriot (UPF), S. Etienne (UPF)), 3 ECTS, 30h (15h CM, 10h TD, 5h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

En parallèle avec le cycle de l'eau (5.1), un flux de matière conduit les débris fournis par les sommets montagneux des îles hautes jusqu'au lagon puis au fond des océans. A chaque étape de la dynamique érosive correspondent des combinaisons de processus géomorphologiques et des associations de formes caractéristiques. Une large place sera faite à la présentation des diverses méthodes de mesure et de modélisation de l'érosion ainsi qu'aux problématiques nouvelles posées par le Changement global.

- Introduction conceptuelle
- Production de débris et météorisation
- Dynamiques de versant
- Dynamique fluviale et lagonaire
- Dynamique littorale en contexte corallien

## **UE6 Chimiodiversité marine et terrestre (coordinateur : C. Débitus, IRD), 6 ECTS, 60h (30h CM, 20h TD, 10h TP)**

La chimiodiversité marine et terrestre constitue une composante de la spécificité de l'environnement insulaire. Elle sera abordée par l'étude des substances naturelles marines et terrestres suivie d'une approche écotoxicologique des biotoxines marines en Polynésie française. Un module d'enseignement est dédié à une méthodologie d'étude commune.

## **6.1 Méthodologie (S. Petek (IRD), G. Lecellier (UPF)), 1.5 ECTS, 15h (9h CM, 2h TD, 4h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Le module d'enseignement « Méthodologie » est axée sur une approche transversale des substances naturelles quelle qu'en soit l'origine (terrestre, marine, microorganisme...), au travers de l'étude des différentes démarches, techniques et outils, inhérents à ces travaux.

- Echantillonnage et identifications
- Phylogénie moléculaire
- Extraction et empreintes chimiques, déréplication
- Tests biologiques
- Isolement et identification des molécules
- Base de données bibliographiques et expérimentales

### **6.2 Substances naturelles marines (C. Débitus (IRD), S. Pétek (IRD)), 1.5 ECTS, 15h (7h CM, 6h TD, 2h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Le module d'enseignement sur les substances naturelles marines est centré sur les principaux groupes d'organismes marins, végétaux et animaux producteurs de métabolites secondaires d'intérêt dans les différents domaines de la santé ou de l'environnement.

- Biodiversité marine et répartition
- Ecologie chimique
- Chimiotaxonomie (phylogénie, particularités de l'environnement marin)
- Applications des molécules marines

### **6.3 Substances naturelles terrestres (P. Raharivelomanana (UPF), T. Teai (UPF)), 1.5 ECTS, 15h (7h CM, 6h TD, 2h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Le module d'enseignement sur les substances naturelles terrestres est axé autour de la connaissance des végétaux par l'importance des métabolites secondaires qu'ils contiennent. Divers aspects seront abordés allant de leur genèse (biosynthèse), incluant l'étude des grandes classes des métabolites, les propriétés et intérêts de ces molécules (activités biologiques...), la biodiversité ainsi que les potentialités de valorisations dans les domaines applicatifs (agroalimentaire, cosmétique, pharmaceutique). Quelques exemples concrets de plantes aromatiques et médicinales de la Polynésie seront traités durant cet enseignement.

- Biosynthèse et rôles des métabolites secondaires des végétaux
- Etude des principales classes de métabolites (composés terpéniques, polyphénoliques et alcaloïdiques)
- Propriétés et intérêts des substances naturelles terrestres
- Biodiversité des phytoressources (botanique, phylogénie, chimiotaxonomie)
- Valorisation de plantes aromatiques et médicinales (agroalimentaire, cosmétique, pharmaceutique)

### **6.4 Ecotoxicologie (M. Chinain (ILM), D. Laurent (IRD)), 1.5 ECTS, 15h (7h CM, 6h TD, 2h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h



Dans le module d'enseignement sur l'écotoxicologie seront abordés les enjeux sanitaires posés par les biotoxines marines. Après une présentation succincte des différentes formes d'intoxications liées à ces métabolites naturels en milieu tropical (syndromes, principales toxines en jeu, modes d'action connues, ...), l'on s'attachera plus spécifiquement à la problématique de l'intoxication de type ciguatera au sens large (Ciguatera Shellfish Poisoning) ayant pour origine des dinoflagellés (*Gambierdiscus*) et des cyanobactéries benthiques (Oscillatoriales) largement répandus dans les lagons polynésiens. A cet effet, divers thèmes seront développés : la symptomatologie, la biogenèse de la CSP, la toxinogénèse, la chaîne trophique de la CSP (différents organismes concentrateurs de ces toxines), en terminant par les problèmes sanitaires et économiques que pose la CSP en Polynésie.

- Epidémiologie des différentes formes d'intoxications liées aux biotoxines marines en milieu tropical
- L'intoxication de type Ciguatera Shellfish Poisoning (CSP): description, biogenèse, toxinogénèse, chaîne trophique
- Impacts économiques et sanitaires de la CSP en Polynésie française

### **UE7 Biodiversité et évolution (coordinateur : M. Veuille (EPHE-CNRS), 3 ECTS, 30h (15h CM, 10h TD, 5h TP)**

L'UE 7, mutualisé avec le master BSE (Biologie Santé Ecologie), spécialité EGB (Environnement et Gestion de la Biodiversité), sera dispensé par l'équipe pédagogique de l'EPHE-CNRS lors des sessions annuelles de formation de ce master BSE organisé par l'EPHE-CNRS au CRIOBE (Moorea).

#### **7.1 Approche phylogénétique de l'évolution (M. Veuille (EPHE-CNRS), A. Hassanin (MNHN), 1.5 ECTS, 15h (7.5h CM, 5h TD, 2.5h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Ce module d'enseignement consiste à initier l'application concrète des méthodes phylogénétiques pour étudier les relations de parenté entre les ordres de mammifères, et cela en analysant différents jeux de données (morphologie, génome mitochondrial, marqueurs nucléaires): création d'une matrice de caractères morphologiques ; choix des marqueurs moléculaires ; rapatriement des séquences à partir des banques; techniques d'acquisition des séquences (extraction, PCR, séquençage); alignements multiples ; codage des indels ; reconstruction des arbres (distance, parcimonie, maximum de vraisemblance et Bayésien) ; indices de robustesse (Bremer, Bootstrap, probabilités postérieures) ; comparaison des topologies ; fiabilité des résultats.

Seront abordés aussi les principaux biais de reconstruction en phylogénie moléculaire: contaminations, paralogie, saturation mutationnelle, composition en base, variations des taux d'évolution entre les organismes, entre les gènes et entre les sites nucléotidiques.

Notions de datations moléculaires et Biogéographie. Confrontation des résultats avec les données paléontologiques

#### **7.2 Etude moléculaire de la biodiversité (M. Veuille (EPHE-CNRS), Hassanin (MNHN)), 1.5 ECTS, 15h (7.5h CM, 5h TD, 2.5h TP)**

Contrôle de connaissances : un examen terminal (écrit) de 2h

Initiation aux techniques de biologie moléculaire utilisées pour produire des séquences nucléotidiques, et aux principales méthodes d'analyse, notamment celles liées aux approches de taxinomie moléculaire (projet Barcoding) :

- Techniques de biologie moléculaire (Extraction, PCR, clonage, séquençage),
- Banques de données de séquences,
- Analyses des séquences (BLAST, alignement, introduction à la phylogénie),
- Problèmes liés à l'étude des séquences mitochondriales et nucléaires
- Application concrète à la détermination du statut taxinomique d'un échantillon

## **SEMESTRE 2 : 30 ECTS**

Le semestre 2 est dédié au stage pratique après accord de l'équipe pédagogique.

Au niveau des contrôles de connaissances, la note finale sera la moyenne pondérée de trois notes :

- note de l'aspect pratique du stage suivant une fiche d'évaluation (30%)
- note de mémoire écrit (40%)
- note de soutenance orale (30%).