

# Master Mention Sciences du vivant, Spécialité Biologie et valorisation des plantes, Parcours Biologie moléculaire et fonctionnelle des plantes

Type	Nom
Parcours	Biologie moléculaire et fonctionnelle des plantes
Semestre	Semestre 1 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes, spécialité Biologie et Valorisation des Plantes
Groupe d'unités d'enseignement	UE obligatoires du S1 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes Obligatoire
Unité d'enseignement	Biologie cellulaire et développement des plantes
Unité d'enseignement	Phototrophie et métabolisme des plantes
Unité d'enseignement	Méthodologies et analyses moléculaires des plantes
Unité d'enseignement	Initiation à la démarche scientifique en BVP
Unité d'enseignement	Langues - M1S1
Groupe d'unités d'enseignement	UE à choix du S1 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes Obligatoire dans liste choix : 4
Unité d'enseignement	Génomomes des plantes: expression, polymorphisme
Unité d'enseignement	Expression des gènes et biosynthèse des protéines
Unité d'enseignement	Sciences séparatives, extraction et purification
Unité d'enseignement	Introduction à l'écologie Fonctionnelle
Unité d'enseignement	Microbial metabolic diversity in the environment (3 ECTS, M1S1)
Unité d'enseignement	Pharmacognosie générale
Unité d'enseignement	Ressources alimentaires
Unité d'enseignement	Outils Élémentaires de Statistique Appliquée
Unité d'enseignement	UE libre (M1 S1)
Semestre	Semestre 2 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes, spécialité Biologie et Valorisation des Plantes
Groupe d'unités d'enseignement	UE obligatoires du S2 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes Obligatoire
Unité d'enseignement	Analyse bibliographique et communication scientifique
Unité d'enseignement	Biodiversité génétique des plantes
Unité d'enseignement	Techniques de biologie cellulaire végétale
Unité d'enseignement	Stratégies et orientations de la recherche en biologie des plantes
Unité d'enseignement	Langues - M1S2
Unité d'enseignement	Insertion professionnelle
Groupe d'unités d'enseignement	UE à choix du S2 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes Obligatoire dans liste choix : 4
Unité d'enseignement	RNA silencing
Unité d'enseignement	Régulation de l'expression des gènes
Unité d'enseignement	Interactions hôtes/phytovirus

Type	Nom
Unité d'enseignement	Formation pratique en virologie moléculaire et cellulaire
Unité d'enseignement	Ecotoxicologie végétale
Unité d'enseignement	Biodiversité végétale: approche systématique
Unité d'enseignement	Stratégies en protection des plantes
Unité d'enseignement	Ouverture professionnelle
Unité d'enseignement	UE libre (M1 S2)
Semestre	Semestre 3 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes, spécialité Biologie et Valorisation des Plantes
Groupe d'unités d'enseignement	UE obligatoires du S3 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes Obligatoire
Unité d'enseignement	Préparation du stage S4 en biologie et valorisations des plantes
Unité d'enseignement	Questions d'actualité en Biologie et Valorisation des Plantes
Unité d'enseignement	Phytopathologie moléculaire
Unité d'enseignement	Analyse de publications scientifiques en biologie moléculaire et cellulaire des plantes
Unité d'enseignement	Bio-ingénierie végétale
Unité d'enseignement	Ouverture professionnelle (3, M2S3)
Groupe d'unités d'enseignement	UE à choix du S3 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes Obligatoire dans liste choix : 4
Unité d'enseignement	Analyse des séquences macromoléculaires
Unité d'enseignement	Transgenèse végétale - enjeux
Unité d'enseignement	Stratégies de recherche sur la cellule
Unité d'enseignement	Interactions plantes-microorganismes: symbioses et parasitisme
Unité d'enseignement	Cultures végétales in vitro: techniques et applications
Unité d'enseignement	Etablissement d'une souche génétiquement modifiée
Unité d'enseignement	Interactome
Unité d'enseignement	Génétique et dynamique des génomes
Unité d'enseignement	Virus en recherche fondamentale et appliquée
Unité d'enseignement	UE libre (M2 S3)
Semestre	Semestre 4 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes, spécialité Biologie et Valorisation des Plantes
Groupe d'unités d'enseignement	UE obligatoires du S4 du parcours Biologie Moléculaire et Fonctionnelle des Plantes Obligatoire
Unité d'enseignement	Stage S4 en biologie et valorisation des plantes

## Parcours: Biologie moléculaire et fonctionnelle des plantes

Objectifs en termes de connaissances scientifiques

**Problématique : les plantes sont des assemblages complexes de cellules et de molécules.**

**La vie des plantes dépend de mécanismes moléculaires et cellulaires complexes finement régulés.** S'appuyant sur des enseignements généraux et plus spécifiques de biochimie, biologie cellulaire et moléculaire, ce parcours présente le **développement, le métabolisme et les réactions de défense des plantes**. Les mécanismes de **régulation de ces processus** aux niveaux génétique et épigénétique sont aussi étudiés, permettant une compréhension globale du fonctionnement des systèmes végétaux. Ce parcours est basé sur une formation à la recherche par la recherche. Il permet

d'acquérir des connaissances approfondies des technologies et découvertes les plus récentes en biologie végétale.

### **Objectifs spécifiques du parcours**

L'objectif de ce parcours est de former des étudiants ayant des connaissances théoriques et pratiques très complètes, leur permettant d'intégrer le monde de la recherche fondamentale ou appliquée, notamment après **poursuite des études au niveau doctorat**. La formation offerte par ce parcours étant suffisamment générale va permettre la réalisation d'une thèse non seulement dans le domaine végétal mais également dans tout autre domaine de la biologie cellulaire et moléculaire. Pour les étudiants qui ne souhaiteraient pas poursuivre au-delà du Master, des emplois existent dans les entreprises, agronomiques et agrochimiques en particulier, ainsi que dans la fonction publique.

En plus des connaissances générales de la spécialité Biologie et Valorisation des Plantes, les étudiants de ce parcours devront acquérir les **connaissances spécifiques suivantes** :

- Connaître les principaux pathogènes des plantes et la capacité de celles-ci à répondre à des agressions de différentes natures.
- connaître les méthodologies d'étude des plantes aux niveaux moléculaire, cellulaire et génétique
- comprendre comment est organisée la recherche dans le domaine en France et à l'international (centres, organismes et métiers de la recherche)

#### **Objectifs en termes de compétences (ou de compétences professionnelles)**

En plus des compétences générales de la spécialité Biologie et valorisation des Plantes, les étudiants de ce parcours devront aussi acquérir les **compétences spécifiques suivantes** :

- Capacité d'intégrer les avancées scientifiques et techniques les plus récentes pour pouvoir développer des stratégies de recherche innovantes
- Maîtrise théorique et pratique des techniques de transformations transitoire et stable (cellules et plantes) appliquées à des études de recherche fondamentale, et des techniques d'analyse d'expression des génomes de plantes ou viraux
- Maîtrise des techniques de base en microscopie et imagerie (microscopies DIC, à épi-fluorescence, confocale, électronique) et des techniques dérivées (FRAP, FRET, FLIM ...)

### **Unité Enseignement: Biologie cellulaire et développement des plantes**

#### **Objectifs en termes de connaissances**

Cours magistraux apportant des connaissances fondamentales sur :

- Des aspects génotypiques du développement : mutants, gènes dont l'expression varie au cours du développement, gènes régulateurs du développement. Mécanismes de croissance (en taille et en nombre) des cellules végétales (constituants de la paroi, voies de biosynthèse et analyse de mutants. Différenciation des stomates et des trichomes : analyse de mutants. Différenciation des gamètes, fécondation et formation de la graine : analyse de mutants. Mécanismes d'apoptose induits lors du développement des plantes.
- Des aspects phénotypiques du développement : embryogenèse, graines et fruits, développement végétatif (feuilles, tiges racines), mise à fleur et développement floral, autoincompatibilité.

#### **Objectifs en termes de compétences**

Objectifs cognitifs :

- Acquérir des connaissances portant sur des mécanismes moléculaires régulant le développement des plantes et les stratégies expérimentales mises en oeuvre pour les mettre en évidence.

- Savoir relier des phénotypes dus à des mutations aux fonctions des gènes du développement qui sont touchés.

Objectifs méthodologiques :

- Acquérir des compétences pratiques sur les technologies de pointe utilisées en laboratoire et permettant l'analyse comparative d'organismes mutants et sauvages.
- Savoir analyser un article scientifique.

Pré-requis

- Avoir les connaissances scientifiques de base apportée par une licence de biologie.
- Avoir la capacité de lire et comprendre un document rédigé en anglais (extrait de publication).

## **Unité Enseignement: Phototrophie et métabolisme des plantes**

Objectifs en termes de connaissances

### **Descriptif :**

Evolution des processus bioénergétiques et originalité des plantes :

- Organismes primitifs et plantes supérieures
- Phototrophie (caractéristiques de l'énergie lumineuse et des organismes phototrophes)

Photosynthèse :

- Compartimentation et mécanismes
- Mécanismes d'assimilation du CO<sub>2</sub>
- Photosynthèse et effet de serre

Métabolisme primaire :

Structures, compartimentation, régulations moléculaires, rôles physiologiques

- Glucides simples et complexes
- Lipides membranaires, de revêtement et de réserve
- Acides aminés, Protéines de structure et de réserve

Métabolisme secondaire :

Structures, compartimentation, régulations moléculaires, rôles physiologiques

- Isoprénoïdes
- Phénylpropanoïdes
- Alcaloïdes

Objectifs en termes de compétences

### **Compétences visées :**

Bonne connaissance du métabolisme primaire et secondaire des plantes.

Analyse à partir de cas concrets des méthodes d'étude; évaluation des résultats et des perspectives qui en découlent.

Pré-requis

### **Pré-Requis :**

Bonne connaissance en biologie cellulaire, biochimie et biologie moléculaire

### **Unité Enseignement: Méthodologies et analyses moléculaires des plantes**

Objectifs en termes de connaissances

TDs et TP des UEs :

- de Biologie Cellulaire et Développement des Plantes
- et de L'UE Phototrophie et Métabolisme des Plantes
- Méthodes d'analyse des différents métabolites secondaires : isoprénoïdes, phénylpropanoïdes, alcaloïdes (CCM, HPLC et LC/MS/MS)
- Génomique fonctionnelle, création et criblage des collections de mutants d'insertion T-DNA et de transposons dans la plante modèle Arabidopsis, les applications de la transgénèse, bioinformatique.
- Génétique inverse. Caractérisation moléculaire et phénotypique de différents mutants d'insertion T-DNA ciblant le gène CUL1. Prélèvement de siliques d'Arabidopsis à différents stades de maturation et observation des différents stades du développement embryonnaire après éclaircissement des siliques. Exploitation de lignées rapportrices GUS dans la réponse à l'auxine.

Objectifs en termes de compétences

- Bonne connaissance des méthodes d'analyse du métabolisme secondaire
- Acquérir des compétences pratiques sur les technologies de pointe utilisées en laboratoire et permettant l'analyse comparative d'organismes mutants et sauvages.
- Acquérir de bonnes pratiques de laboratoire
- Savoir analyser un article scientifique.

### **Unité Enseignement: Initiation à la démarche scientifique en BVP**

Objectifs en termes de connaissances

Stage de 3 semaines en laboratoire de recherche à l'Institut de Biologie Moléculaire des Plantes, à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg ou à l'INRA de Colmar, en bureaux d'étude en environnement, dans un conservatoire botanique, réserve ou parc naturel, organisme de connaissance et gestion de l'environnement.

Objectifs en termes de compétences

Maîtrise des techniques de laboratoire en biologie moléculaire et cellulaire des plantes, des techniques de valorisation des substances naturelles végétales bioactives ou des méthodologies d'étude des interactions plantes-environnement

Savoir s'insérer dans une équipe et mener un projet de recherche ou d'étude

### **Unité Enseignement: Langues - M1S1**

Objectifs en termes de connaissances

**Séance hebdomadaire en CRL :** interaction orale sur les projets de recherche du groupe et travail en autonomie à l'aide des multiples ressources disponibles (plus accès libre au CRL possible en dehors du créneau).

**Pratique à distance :** lecture d'articles de spécialité ou scientifiques, écoute de documentaires ou

de conférences en ligne, production écrite (synthèses, 'abstracts'), travail collaboratif sur projet.

A **ateliers sur** inscription hebdomadaire : conversation et communication orale, prononciation, rédaction de CV..., répondant aux besoins spécifiques des étudiants.

#### Objectifs en termes de compétences

Communiquer avec des professionnels et/ou des chercheurs sur l'avancée des connaissances, sur des études à réaliser ou des projets à mener, que ce soit par le biais d'articles scientifiques ou dans le cadre de collaborations, réunions, séminaires, colloques ou congrès. Cette compétence doit répondre aux exigences de travail des chercheurs et de formation continue des professionnels dans leur domaine scientifique, au vu de l'évolution rapide de l'état des connaissances.

### **Unité Enseignement: Génomes des plantes: expression, polymorphisme**

#### Objectifs en termes de connaissances

Cet enseignement se focalise sur l'expression des Génomes de plantes, ceci sera abordé sous l'angle moléculaire et sous l'angle phénotypique. L'aspect phénotypique prend en compte l'influence de l'environnement, des génotypes et du gène lui-même et les études d'expression passe par la compréhension des trois niveaux précédents. Les connaissances qui devront être acquises forment un ensemble cohérent de techniques, de méthodes et de concepts qui permettront ces études.

Ces connaissances concerneront :

- L'expression et la régulation des gènes par des analyses transcriptomiques et une approche du protéome : banques d'acides nucléiques, hybridation, mesure de l'accumulation des transcrits et des protéines, interactions protéines - acide nucléiques et leurs conséquences sur l'expression du génome.
- L'analyse de la corrélation entre une expression phénotypique différentielle et le polymorphisme de l'ADN, suivi par des marqueurs moléculaires : détection et cartographie de loci impliqués, identification de gènes candidats positionnels, étude comparée de l'expression de ces gènes.
- Les interactions entre gènes impliqués dans une même voie biologique : modulation de l'expression phénotypique en fonction des allèles présents dans la plante, cas des QTL et des caractères quantitatifs, analyse des relations d'épistasie, impact de l'environnement, normes de réaction, influences réciproques de l'expression des gènes concernés.

#### Objectifs en termes de compétences

Les étudiants devront obtenir à la fois des compétences analytiques :

- La capacité à interpréter des résultats expérimentaux, obtenus avec les approches décrites, en faisant preuve d'un esprit analytique et critique si ceux-ci sont incomplets (manque de témoins ou d'expériences) ou incohérents (résultats contradictoires) ainsi que d'esprit d'initiative pour proposer des solutions aux problèmes posés.
- L'aptitude à traiter des données produites en masse, par les méthodes présentées, à en extraire les informations pertinentes et à conduire une analyse de celles-ci, adaptée à la résolution d'une problématique d'expression définie au départ.

Et des compétences à visée plus technologiques :

- La capacité à créer et à planifier une stratégie expérimentale, intégrant un ensemble d'étapes, plus ou moins complexe, dont le propos pourra aussi bien être de tenter de répondre à une question fondamentale que de produire le matériel nécessaire à une étude future.
- L'aptitude à définir des moyens qui permettront d'analyser l'expression différentielle de gènes de plantes dans des situations définies qui nécessitent directement une telle modulation ou qui

impliquent des interactions entre les produits de ces gènes.

## **Unité Enseignement: Expression des gènes et biosynthèse des protéines**

Objectifs en termes de connaissances

### **Expression des gènes**

La transcription chez les procaryotes. L'ARN polymérase procaryotique et les différentes étapes de la transcription. Le contrôle de l'expression des gènes chez les bactéries et les stratégies de régulation de l'expression des gènes chez le phage lambda.

La transcription chez les eucaryotes. Chromatine et nucléosome. Les ARN polymérases. Les éléments promoteurs et de contrôle de l'expression des gènes. Les facteurs généraux, les activateurs, les répresseurs, les coactivateurs et les corépresseurs de la transcription. La structure chromatinienne des régions transcrites. Le remodelage de la chromatine. Modification des histones, méthylation de l'ADN et expression des gènes.

### **Traduction de l'information génétique**

Ce cours magistral présente de manière détaillée le code génétique et les molécules intervenant dans son décodage. Une partie de ce cours est consacrée aux différentes étapes de maturation des ARN codants et non codants impliqués dans la traduction protéique. Les différentes étapes, initiation, élongation et terminaison, de la traduction ribosomique chez les procaryotes et les eucaryotes sont également exposées de manière détaillée. Une partie de ce cours décrit les particularités de la synthèse protéique des organites, et un chapitre est consacré à l'inhibition des différentes étapes de la traduction procaryotique. Enfin, les différents mécanismes de régulation de la traduction procaryotique et eucaryotique seront introduits.

Objectifs en termes de compétences

Compréhension des mécanismes impliqués dans l'expression des gènes et la biosynthèse des protéines. Maîtrise des approches et des techniques utilisées pour l'étude de ces mécanismes.

## **Unité Enseignement: Sciences séparatives, extraction et purification**

## **Unité Enseignement: Introduction à l'écologie Fonctionnelle**

Objectifs en termes de connaissances

Dormance (graines, bourgeons) chez les plantes et diapause chez les animaux (surtout invertébrés).

Ecotone : définition et fonctionnement

Concepts de perturbation, concepts de continuum fluvial-hydrosystème

Définition de l'écologie fonctionnelle.

Ecologie des populations : méthodes d'étude, paramètres écologiques, répartition spatio-temporelle

Caractéristiques de peuplements. Assemblages d'espèces (compétition, prédation, parasitisme, mutualisme) et les conséquences sur les niches écologiques et les déplacements de caractère.

Successions écologiques

Objectifs en termes de compétences

Comprendre la dynamique temporelle de la biodiversité

Connaissance des mesures prises et envisagées pour la préservation des habitats et des espèces

#### Pré-requis

Connaissances de bases en biologie des organismes et des écosystèmes

#### Bibliographie

Intégrée dans le powerpoint du cours

#### Informations complémentaires

Aucune information

### **Unité Enseignement: Microbial metabolic diversity in the environment (3 ECTS, M1S1)**

#### Objectifs en termes de connaissances

Sont abordés dans le cours:

Rappels de la diversité métabolique du monde microbien  
Métabolisme microbien des cycles biogéochimiques du carbone, azote, soufre  
Métabolisme des éléments inorganiques et géomicrobiologie  
Biodiversité fonctionnelle du monde microbien et biotechnologies  
Métabolisme microbien du traitement des eaux et de la bioremédiation

Le rapport donne l'occasion à l'étudiant d'approfondir en détail une des thématiques abordées en cours. Dans ce cadre, le travail en binôme permet à l'étudiant d'avancer plus facilement dans son travail du point de vue scientifique et du point de vue de l'anglais.

#### Objectifs en termes de compétences

Dans le cadre du cours, l'étudiant apprend à suivre un cours en anglais (cours enregistrés sur audiovidéocours pour faciliter le travail personnel par la suite).

Dans le cadre du rapport, l'étudiant apprend à rechercher des articles en anglais sur une thématique d'intérêt en utilisant les moyens du Service de Documentation à disposition à l'UdS. Ce faisant, il apprend à mieux évaluer et différencier la qualité des informations obtenues.

L'étudiant fait un exercice de synthèse d'informations scientifiques, puis d'une brève rédaction en anglais, dans le cadre d'une progression vers des productions en anglais plus ambitieuses.

#### Pré-requis

Microbiologie niveau L3 (minimum 3 crédits), telle que présentée dans l'UE de L3S5 de Microbiologie de la licence Sciences de la Terre, parcours Environnement, l'UE de chimie microbienne de L2S3 ou toute UE équivalente

#### Bibliographie

Brock Biology of Microorganisms, 13th English Edition  
Madigan, Martinko, Stahl & Clark  
©2012 | Benjamin Cummings; 1152 pp

ISBN-10: 032164963X | ISBN-13: 9780321649638

#### Informations complémentaires

Site Moodle de l'UE actuelle: <https://moodle.unistra.fr/course/view.php?id=289>

Enregistrement audio du cours (avec powerpoint anglais) sur audiocours (<http://audiovideocours.u->

strasbg.fr). Présentations Powerpoint disponibles en français et en anglais au format pdf après le cours sur Moodle.

## **UniteEnseignement: Pharmacognosie générale**

### Objectifs en termes de connaissances

Initiation aux médicaments d'origine naturelle :

origines, stratégies industrielles de R&D, réglementation

Etude des principales classes de substances naturelles d'intérêt thérapeutique et biologique :

- origine biosynthétique
- structures
- extraction et caractérisation
- propriétés biologiques et pharmacologiques
- toxicité éventuelle
- principales ressources naturelles
- ex de médicaments

### Objectifs en termes de compétences

Connaissance des bases fondamentales de la Pharmacognosie.

Exemples de métabolites secondaires issus de ressources naturelles et constituant des principes actifs médicamenteux : différentes classes d'alcaloïdes, de dérivés phénoliques, de terpènes, de stéroïdes...

### Pré-requis

Notions de base en Chimie.

### Bibliographie

Pharmacognosie. J. Bruneton, 4e Ed tec & Doc, Lavoisier (2009)

### Informations complémentaires

Enseignement remplaçant une UE intitulée "Substances naturelles végétales et Pharmacognosie", qui était déjà proposée en Master Sciences du Médicament (M1S1) et était mutualisée.

## **UniteEnseignement: Ressources alimentaires**

### Objectifs en termes de connaissances

Exemples d'aliments, sources de phytonutriments entrant dans la composition de compléments ou suppléments alimentaires :

- Plantes riches en anti-oxydants
- Plantes à édulcorants et colorants
- Plantes à osides et polysaccharides
- Plantes à fibres

#### Objectifs en termes de compétences

Connaissances des principales ressources naturelles renfermant des ingrédients à allégation santé.

### **Unité Enseignement: Outils Élémentaires de Statistique Appliquée**

#### Objectifs en termes de connaissances

Modèles d'analyse de la variance à un ou plusieurs facteurs.  
Notion d'interaction.  
Facteurs à effets fixes ou à effets aléatoires.  
Facteurs emboîtés ou croisés.  
Procédures de comparaison multiple.  
Tests non-paramétriques usuels pour comparer une, deux ou plusieurs populations.

#### Objectifs en termes de compétences

Savoir utiliser des modèles d'analyse de la variance à un ou plusieurs facteurs croisés ou emboîtés à effets fixes ou aléatoires.  
Savoir vérifier les conditions d'utilisation des modèles d'analyse de la variance.  
Savoir mener à bien des procédures de comparaisons multiples.  
Savoir se servir des tests non-paramétriques usuels pour comparer une, deux ou plusieurs populations en remplacement des modèles d'analyse de la variance.

#### Pré-requis

Analyse de la variance à 1 facteur.  
Tests paramétriques.

#### Bibliographie

Maxi fiches de Statistique. En 80 fiches. Frédéric Bertrand et Myriam Maumy-Bertrand, 224 pages.  
Initiation à la statistique avec R : Cours, exemples, exercices et problèmes corrigés. Frédéric Bertrand et Myriam Maumy-Bertrand, 396 pages.

### **Unité Enseignement: UE libre (M1 S1)**

### **Unité Enseignement: Analyse bibliographique et communication scientifique**

#### Objectifs en termes de connaissances

Les étudiants devront réaliser un travail de recherche bibliographique sur un sujet de leur choix dans le domaine de la biologie des plantes. Le travail sera réalisé par binômes ou trinômes « mixtes » (étudiants de parcours différents) afin d'aborder le sujet avec plusieurs points de vue.

Les étudiants devront donc :

- apprendre la nature des différentes sources d'information scientifique (articles de revue, de recherche, sites web...) et leur utilité respective ;
- acquérir des connaissances spécifiques sur la thématique choisie et sur le contexte plus général dans lequel se situent les travaux scientifiques sur cette thématique ;
- connaître les règles de présentation d'un travail scientifique

#### Objectifs en termes de compétences

- Apprendre la démarche scientifique par la recherche de données, leur analyse et une présentation synthétique des résultats.

- Etre capable de travailler efficacement en équipe.
- Développer son esprit critique.
- Acquérir une bonne capacité de rédaction et de présentation orale.
- Argumenter ses propos devant un jury.

**Pré-requis**

aucun

**Unité Enseignement: Biodiversité génétique des plantes**

**Objectifs en termes de connaissances**

Cet enseignement regroupe un ensemble de concepts, d'approches et de représentations, que devra maîtriser l'étudiant, qui sont indispensables à l'analyse et à l'appréhension de la Biodiversité génétique des plantes, qu'elle soit infra ou inter spécifique. Il est capital qu'il saisisse comment celle-ci est le produit d'une dynamique, celle de l'évolution des espèces, de sous-groupes au sein de l'espèce et d'événements individuels.

Ainsi, les connaissances à acquérir s'articulent autour de trois grands axes :

- Les objets considérés et les concepts qui s'y rattachent. Ceci comprend les caractères des organismes d'intérêt et leurs états, la façon de les définir, de les utiliser et de les traiter ainsi que les notions de similarité, d'homologie, d'homoplasie et les considérations afférentes. D'abord vus dans leur acception classique, ils seront déclinés au niveau moléculaire, des séquences aux marqueurs moléculaires.
- La représentation de la Biodiversité génétique des plantes et de son émergence. Les éléments indispensables de la théorie des graphes seront développés et leurs utilisations dans la modélisation et, de façon incidente, dans la conceptualisation de cette représentation seront mises en exergue.
- Les différentes procédures de reconstruction de phylogénies. Seront présentés les concepts, sur lesquels elles reposent, les modèles d'évolution, sur lesquels elles s'appuient, notamment moléculaires, leurs méthodes, leurs traductions en réseaux et arbres phylogénétiques d'organismes ou de séquences. Une place particulière sera accordée à la Cladistique, fondement de la systématique phylogénétique moderne des organismes.

**Objectifs en termes de compétences**

Les compétences que nous voulons avoir développées chez l'étudiant sont les suivantes :

- La capacité à décrypter les informations contenues dans les représentations phylogénétiques, compte tenu des procédures et des modèles qui ont présidé à leurs reconstructions, que les éléments concernés soient des plantes ou des séquences végétales. La capacité à en déduire des résultats obtenus et à en apprécier les limites.
- L'aptitude à juger de la congruence de phylogénies, de topologies d'arbres ou de réseaux obtenues avec des modes de construction différents ainsi que de leur congruence avec des groupes de données.
- La capacité à extraire, de données brutes concernant un ensemble de plantes, des caractères et leurs états, des alignements de séquences et des marqueurs moléculaires au niveau infra spécifique qui traduiront la Biodiversité génétique végétale.
- L'aptitude à représenter les relations entre plantes, espèces, populations, individus, dans l'espace et dans le temps, sous forme d'arbres ou de réseaux. La capacité à produire des phylogénies végétales et à proposer des classifications relatives.

- La sensibilisation au bon usage informatique des algorithmes de reconstruction phylogénétique.

## **Unité Enseignement: Techniques de biologie cellulaire végétale**

Objectifs en termes de connaissances

**cours** : La microscopie (optique-confocale-électronique) présentée par les responsables des plateformes de microscopie de l'IBMP. Manipulation des gènes impliqués dans la régulation du cycle cellulaire dans le modèle végétal.

**TD** : Préparation d'un dossier technique sur la base de publications scientifiques par petits groupes (présentation orale).

**TP** : Les travaux pratiques visent à passer en revue l'ensemble des technologies faisant appel à la biologie cellulaire et qui seront applicables dans un projet de recherche sur le modèle végétal.

Les promoteurs inductibles dans le modèle végétal (cellules de tabac BY2)- Transgénèse : transformation transitoire par bombardement de cellules BY2. Analyse de cellules transformées à l'aide de différentes technologies : microscopie, fractionnement cellulaire, extraction d'ARNm (Northern blot, RT-PCR)- Hybridation in situ- Initiation aux techniques de fixation de cellules ou de tissus de plantes en vue de réaliser une analyse cytologique à l'aide de différentes techniques d'investigation : coupes histologiques, coupes ultrafines, immunomarquage et expression de fusion GUS ou GFP dans les cellules transformées. Initiation aux réglages et utilisation des fonctions d'un microscope optique (fond clair, contraste de phase, DIC et épifluorescence). Initiation à l'utilisation d'un microscope confocal- Préparation de coupes ultrafines et observation au microscope électronique à transmission. Acquisition et traitement d'images.

Objectifs en termes de compétences

Se familiariser avec le mode de fonctionnement des plateformes de l'IBMP : microscopie confocale et microscopie électronique

Choisir un protocole de biologie cellulaire en adéquation avec les contraintes imposées par le modèle d'étude

Savoir adapter et faire évoluer un protocole

## **Unité Enseignement: Stratégies et orientations de la recherche en biologie des plantes**

Objectifs en termes de connaissances

Présentation sous forme de conférences des thématiques de recherche développée dans les laboratoires associés au Master Biologie et Valorisation des Plantes par les acteurs mêmes de la recherche en biologie moléculaire et cellulaire végétale. Les laboratoires concernés sont ceux de l'IBMP (UPR2357) et ceux de l'INRA, UMR-ULP (Santé de la vigne et qualité du vin).

Comme complément d'information, les étudiants recevront une publication choisie par chaque intervenant : une revue générale ainsi qu'une publication de données scientifiques récentes en vue de préparer l'examen.

Objectifs en termes de compétences

Connaître les sujets de recherche développés dans les laboratoires d'accueil pour le stage en M2S4. Prendre contact avec les encadrants pour le stage en M2S4.

## **Unité Enseignement: Langues - M1S2**

Objectifs en termes de connaissances

**Séance hebdomadaire en CRL** : interaction orale sur les projets de recherche du groupe et travail en autonomie à l'aide des multiples ressources disponibles (plus accès libre au CRL possible en

dehors du créneau).

**Pratique à distance** : lecture d'articles de spécialité ou scientifiques, écoute de documentaires ou de conférences en ligne, production écrite (synthèses, 'abstracts'), travail collaboratif sur projet.

A **ateliers sur** inscription hebdomadaire : conversation et communication orale, prononciation, rédaction de CV..., répondant aux besoins spécifiques des étudiants.

#### Objectifs en termes de compétences

Communiquer avec des professionnels et/ou des chercheurs sur l'avancée des connaissances, sur des études à réaliser ou des projets à mener, que ce soit par le biais d'articles scientifiques ou dans le cadre de collaborations, réunions, séminaires, colloques ou congrès. Cette compétence doit répondre aux exigences de travail des chercheurs et de formation continue des professionnels dans leur domaine scientifique, au vu de l'évolution rapide de l'état des connaissances.

### **Unité Enseignement: Insertion professionnelle**

#### Objectifs en termes de connaissances

Des cours magistraux abordent les thèmes suivants :

- Panorama de la recherche : les métiers, financement de la recherche, les acteurs (privé/public), les salaires, ...
- Organisation de l'entreprise ; les grandes fonctions, l'environnement de l'entreprise, ...
- Gestion de projets : gestion du temps, des finances, des hommes
- Les "secrets" dans l'entreprise : contrat de confidentialité, brevet, innovation, intelligence économique, ...
- Identité professionnelle et image de soi : communiquer (cv, lettre de motivation, présentation orale), le web (aspect positif/négatif : facebook, ...), ...

Un enseignement plus interactif avec les étudiants est proposé sous forme de tables rondes (au moins 2) sur des thèmes qui préoccupent les étudiants :

1. Thèse/pas Thèse

2. Les compétences : comment sont perçus les compétences d'un individu; une seule lecture, ou plusieurs

et des témoignages (au moins 3) de personnes déjà en poste qui décriront leur parcours, leur métier et les métiers de leur entreprise.

Les étudiants participeront aussi aux journées "Temps Fort" (2 jours bloqués), pour des simulations d'embauche. Ils devront préparer une lettre de motivation et CV, et participer à un entretien d'embauche.

#### Objectifs en termes de compétences

Donner des clés à l'étudiants pour s'insérer dans le monde du travail.

Etre capable de mettre en avant ses compétences

Avoir une Connaissance de son futur environnement

#### Pré-requis

Aucun

## Unité Enseignement: RNA silencing

### Objectifs en termes de connaissances

Les cours magistraux (6 heures) aborderont, dans les grandes lignes, les mécanismes d'action et le rôle des petits ARN non codants chez les eucaryotes (microARN, siARN, tasiARN et piARN) :

- Leur découverte
- Leur biogenèse
- Les points communs et différences de ces petits ARN entre les modèles étudiés (animaux, végétaux et levure)
- Les mécanismes de régulation post-transcriptionnelle (PTGS)
- Leur rôle dans les modifications épigénétiques et la régulation au niveau transcriptionnelle (TGS)
- Amplification des siARNs : transitivité et propagation du signal
- La défense antivirale (VIGS) et la stratégie de contre-défense utilisée par les virus
- L'outil ARN interférence

Les travaux pratiques se dérouleront sur 2 semaines, avec des séances de 4 heures le matin, la dernière séance étant utilisée pour un examen de contrôle continu. L'action des siARN et des miARN sera abordée soit par génétique soit par biologie moléculaire-biochimie en utilisant les plantes *Nicotiana benthamiana* et *Arabidopsis thaliana*. L'action des siARN lors de l'ARN interférence se fera par l'expression transitoire du gène reporteur GFP et de siARN ciblant l'ARNm de ce gène ; leur action lors d'une réaction antivirale (VIGS) sera étudiée en utilisant des vecteurs viraux modifiés. La propagation du signal de silencing induite par ces deux expériences sera aussi étudiée.

L'action des miRNAs sera abordée en utilisant des mutants du silencing chez *A. thaliana*, mutants obtenus au laboratoire (O. Voinnet, IBMP), déficients soit dans la coupure (slicing), soit dans l'inhibition de la traduction de l'ARNm cible. A partir d'extraits d'ARN et de protéines de plante sauvage et des deux mutants, les étudiants effectueront des expériences de RT-PCR et de « western » leur permettant d'analyser et de discuter les résultats obtenus.

Les travaux dirigés (10h) permettront d'avoir une complémentarité avec les travaux pratiques (introduction des techniques utilisées, analyse et discussion sur des articles en relation avec les expériences réalisées). Les approches expérimentales utilisées d'une part pour la compréhension du rôle de ces petits ARN dans les mécanismes d'ARN interférence et d'autre part pour l'identification des facteurs cellulaires impliqués dans ces mécanismes, seront aussi abordées. De plus, les travaux dirigés permettront d'aborder des thématiques nouvelles ou non abordées pendant les cours magistraux, comme le rôle des miARNs dans le développement ou dans les cancers, ...

### Objectifs en termes de compétences

Cette formation vise à sensibiliser l'étudiant au rôle important du RNA silencing dans la régulation transcriptionnelle et post-transcriptionnelle chez les eucaryotes, et de l'impact de cette découverte récente dans la recherche actuelle au travers de la technique de l'ARN interférence utilisée pour l'étude de l'expression d'un gène (knock down). Des séances de TD et de TP compléteront les cours magistraux et permettront aux étudiants d'aborder des techniques diverses pour l'étude du RNA silencing.

## **Unité Enseignement: Régulation de l'expression des gènes**

### Objectifs en termes de connaissances

Les mécanismes de régulation de la transcription des gènes chez les bactéries et les eucaryotes seront développés et approfondis. Contrôle de l'initiation et de l'élongation de la transcription. Régulation en réponse à des signaux extracellulaires. Contrôle de la structure de la chromatine et de la modification des histones. Régulation de la transcription par les ARN non codants.

Les stratégies utilisées par les procaryotes pour réguler la traduction seront exposées. La régulation de la traduction procaryotique effectuée par les ARN non codants sera approfondie.

### Objectifs en termes de compétences

Compréhension des mécanismes impliqués dans le contrôle de l'expression des gènes. Maîtrise des approches et des techniques utilisées pour l'étude de ces mécanismes. Analyse objective et critique de résultats expérimentaux issus de la littérature scientifique.

## **Unité Enseignement: Interactions hôtes/phytovirus**

### Objectifs en termes de connaissances

Cette UE vise à décrire les mécanismes moléculaires utilisés par les virus pour infecter les plantes en mettant l'accent sur le rôle des facteurs de l'hôte récemment identifiés et ce, à différents stades du cycle viral (traduction, réplication, mouvement à courte et longue distance, transmission). Elle traitera également des mécanismes de défense des plantes pour lutter contre les virus en incluant les défenses naturelles (gènes dominants, gènes récessifs) et la défense dérivée du pathogène. Enfin, les mécanismes de contre-défense développés par les virus seront abordés. Les connaissances seront dispensées en s'appuyant notamment sur les travaux réalisés au sein de notre communauté.

### Objectifs en termes de compétences

L'étudiant pourra acquérir une grande compétence dans le domaine de la virologie végétale en maîtrisant les cycles infectieux des principaux virus infectant les grandes cultures. Elle permettra d'identifier les cibles moléculaires visées dans le développement des stratégies de lutte antivirale et ainsi de nourrir la réflexion sur les choix de société en la matière.

## **Unité Enseignement: Formation pratique en virologie moléculaire et cellulaire**

### Objectifs en termes de connaissances

Connaissance des techniques de microscopie, de biochimie, de biologie moléculaire et cellulaire, d'immunologie et de génétique pour l'étude des virus, des fonctions virales et des symptômes viraux : Mutagenèse dirigée, hybridations moléculaires, interactions protéine-protéine et protéine-acide nucléique, analyse comparative de protéomes et de transcriptomes, RNA silencing.

Méthodes d'analyse de publications scientifiques et résolutions de problèmes.

### Objectifs en termes de compétences

Savoir mettre en oeuvre des méthodes d'immunodétection de protéines virales et de dosage des virus.

Savoir maîtriser l'hybridation moléculaire et les techniques RT-PCR visant à caractériser des génomes viraux.

Savoir utiliser la microscopie en épifluorescence pour suivre la progression d'infections virales et déterminer la localisation subcellulaire de protéines virales.

Savoir maîtriser la technique du double hybride dans la levure pour rechercher l'interaction entre protéines.

Savoir choisir les stratégies d'approches dans l'étude de gènes viraux, avec la détermination de protocoles expérimentaux pour répondre à des questions biologiques.

Savoir choisir les contrôles expérimentaux pour valider une expérience.

Savoir analyser des résultats expérimentaux et proposer de nouvelles approches expérimentales pour résoudre un problème.

Savoir maîtriser les techniques de transfection et de transduction.

#### Pré-requis

Notions de virologie

#### Informations complémentaires

UE basée en grande partie sur l'enseignement des travaux pratiques. La présence à ces derniers est obligatoire.

L'enseignement se déroule de la façon suivante :

- 2 h de cours ou de TD par semaine, sur 13 semaines.

- trois semaines consécutives de travaux pratiques et dirigés, à raison de demi-journées (le matin en principe).

### **Unité Enseignement: Ecotoxicologie végétale**

#### Objectifs en termes de connaissances

Effets de substances toxiques sur les végétaux, par exemple des métaux lourds contaminant des sols et des eaux terrestres (absorption, accumulation, effets sur des paramètres spécifiques aux plantes tels que la photosynthèse, la croissance et le métabolisme central, etc.; aspects de toxicité humaine avec l'exemple du cadmium) ; le phénomène de stress et des réactions de protection ; les contaminants organiques ("xénobiotiques"), leur absorption et les effets biochimiques et physiologiques ; les gaz toxiques (l'ozone, les oxydes d'azote et du soufre, le peroxyacétylnitrate, le "smog" chimique en général) ; les raisons putatives pour le dépérissement des forêts ; le trou d'ozone et l'échauffement terrestre - conséquences possibles pour les écosystèmes végétaux...

#### Objectifs en termes de compétences

Une connaissance approfondie de facteurs environnementaux et de leurs effets sur les plantes individuelles, jusqu'à l'échelle biochimique et moléculaire, mais aussi sur le développement d'écosystèmes (richesse d'espèces, leur remplacement partiel par des espèces plus robustes mais moins variées...).

### **Unité Enseignement: Biodiversité végétale: approche systématique**

#### Objectifs en termes de connaissances

- Approche systématique : morphologie, taxonomie, nomenclature et systématique des angiospermes. Histoire des classifications et classification phylogénétique actuelle.
- Les principaux ordres et familles des plantes à fleurs : caractères généraux, description, phytogéographie, usages. Etude pratique d'une ou plusieurs espèces par grand groupe.
- Reconnaissance des principales familles d'angiospermes, plantes régionales et exotiques.
- Les algues : systématique, morphologie, usages.

#### Objectifs en termes de compétences

1. Maîtriser le vocabulaire de botanique systématique et de description des organes des plantes. Usage des flores, des monographies, des catalogues, des bases de données de botanique.
2. Connaître les principales familles de plantes – leurs caractéristiques morphologiques, leurs répartitions géographiques, leurs principaux usages.
3. Synthèses transversales - les ordres et les familles de plantes selon leurs usages (médicinal, cosmétique, alimentaire, condimentaire, ornemental, industriel, symbolique, etc.)
4. Connaître les principales caractéristiques des algues, leurs répartitions et leurs usages.

### **Unité Enseignement: Stratégies en protection des plantes**

#### Objectifs en termes de connaissances

- Du laboratoire au champ : le processus d'homologation d'un produit phytosanitaire : aspects agronomiques, toxicologiques et environnementaux.
- Modes d'action et régulation de l'activité des principales catégories de produits phytosanitaires : herbicides, fongicides et insecticides.
- Techniques de Diagnostic des maladies - Analyse de résidus
- Aspects morphologiques et moléculaires des principaux mécanismes de résistance aux pesticides : modification de la cible enzymatique, détoxification, efflux actif
- Substances naturelles végétales : sources de pesticides ?
- Les méthodes alternatives de protection des plantes : avantages et limites.

#### Objectifs en termes de compétences

- Connaître les grands groupes de produits phytosanitaires et leur mode d'action, ainsi que les méthodes alternatives proposées dans un cadre d'agriculture raisonnée
- Etre capable de comprendre une fiche technique /index phytosanitaire.
- Savoir analyser des publications scientifiques.

#### Pré-requis

avoir validé en Licence des enseignements en Biologie, en particulier en physiologie végétale et animale et en biologie moléculaire.

#### Bibliographie

##### *Ouvrages :*

- Regnault-Roger C. (2005) **Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement**, eds Tec & Doc, ISBN 2-7430-0785-0
- Regnault-Roger C., Philogène B.J.R. & Vincent C. (2008) **Biopesticides d'origine végétale**, eds Tec & Doc, ISBN 978-2-7430-1081-2
- Benhamou N. (2009) **La résistance chez les plantes - Principes de la stratégie défensive et applications agronomiques**, eds Tec & Doc, ISBN 978-2-7430-1193-2

#### Informations complémentaires

Mutualisation avec le Master :

**Spécialité Ingénierie et Géosciences pour l'Environnement (ISIE)**

Domaine : Sciences, Technologies, Santé

Mention : Sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement

**UnitéEnseignement: Ouverture professionnelle**

**UnitéEnseignement: UE libre (M1 S2)**

**UnitéEnseignement: Préparation du stage S4 en biologie et valorisations des plantes**

**Objectifs en termes de connaissances**

Le travail de « préparation au stage de quatrième semestre » est organisé en une unité d'enseignement de 3 ECTS.

Il s'agit d'un travail bibliographique sur le sujet prévu du stage S4 ou éventuellement sur un sujet connexe ou plus vaste. Le travail est encadré si possible par le futur maître de stage mais, en cas de stage lointain ou en entreprise, un tuteur peut être désigné, si nécessaire, par le responsable du master.

**Objectifs en termes de compétences**

**Acquisition de connaissances fondamentales et/ou appliquées en liaison avec le stage du semestre 4.**

**Etre capable de présenter une thématique scientifique ciblée.**

**Pré-requis**

L'étudiant devra au début du S3 avoir une idée du domaine, du laboratoire ou du type d'entreprise, voir même du sujet sur lequel il effectuera son stage S4.

**UnitéEnseignement: Questions d'actualité en Biologie et Valorisation des Plantes**

**Objectifs en termes de connaissances**

Des thématiques de recherche (et développement) de laboratoires des secteurs privé et public, travaillant dans différents secteurs de la Biologie et de la Valorisation des Plantes, seront exposées aux étudiants sous la forme de conférences présentées par :

- des chercheurs ou enseignants-chercheurs de l'IBMP (séminaires internes de l'IBMP)
- des intervenants extérieurs.

Une partie de ces conférences sera regroupée sous la forme d'un symposium de 2 jours dont l'organisation sera en partie confiée aux étudiants.

**Objectifs en termes de compétences**

- Comprendre et analyser une démarche scientifique
- Acquérir une perception pluridisciplinaire de l'étude des végétaux
- Savoir rédiger une fiche de synthèse
- Prendre la parole en public (questions-discussion avec le conférencier).

## **Unité Enseignement: Phytopathologie moléculaire**

### Objectifs en termes de connaissances

Ce cours traite des virus et bactéries phytopathogènes et vise à présenter aussi bien les principes de base que les résultats les plus récents dans ce domaine.

#### A. Partie Bactéries.

Introduction à la phytopathologie. Notions modernes de systématique bactérienne, principaux groupes phytopathogènes. Méthodes moléculaires et génétiques pour l'étude des bactéries. Avirulence et hypersensibilité. Systèmes de transfert d'effecteurs. Voies de signalisation dans la plante après élicitation. Gènes de résistance et mécanismes de résistance. Toxines bactériennes, enzymes extracellulaires. Agrobacterium et plasmide Ti, mécanisme de transfert de l'ADN et parasitisme métabolique.

#### B. Partie Champignons.

Les principales champignons phytopathogènes, systématique, anatomie, cycles de vie. Méthodes moléculaires pour les études des champignons. Quelques exemples récents d'études moléculaires particulièrement intéressantes.

#### C. Phytovirus.

Propriétés générales des phytovirus. Caractéristiques générales des cycles de multiplication des virus de plantes, réplication, mouvement et transmission. Etude moléculaire de quelques virus phytopathogènes. Techniques de purification et d'analyse des virus. Diagnostique des maladies virales. Phytovirus et recherche fondamentale et appliquée. Techniques de transgénèse. Mécanisme de défense des plantes contre les virus et lutte antivirale.

### Objectifs en termes de compétences

Connaître les propriétés moléculaires des micro-organismes phytopathogènes, leurs stratégies d'expression et les mécanismes de défense et de contre-défense mis en place par les deux partenaires.

## **Unité Enseignement: Analyse de publications scientifiques en biologie moléculaire et cellulaire des plantes**

### Objectifs en termes de connaissances

Lecture, analyse et présentation de publications scientifiques : résumé, présentation orale des thématiques de recherche, des résultats, des techniques et méthodologies d'étude. Discussion sur des sujets d'actualité en biologie moléculaire et fonctionnelle des plantes.

### Objectifs en termes de compétences

Bonnes connaissances des avancées les plus récentes de la recherche en biologie végétale

Analyse critique et présentation synthétique des résultats de travaux scientifiques publiés dans des journaux internationaux

## **Unité Enseignement: Bio-ingénierie végétale**

### Objectifs en termes de connaissances

Manipulation du métabolisme de la plante pour obtenir des produits nouveaux ou améliorés ou pour modifier ses caractères : principes généraux, contraintes liées à ces manipulations (expression et régulation des transgènes, transgènes multiples, adressage et stabilité des protéines...), exemples

d'applications dans les domaines suivants :

- alimentation
- polymères et agro-carburants
- cellules et tissus sécréteurs
- bio-réacteurs pour la médecine
- résistance au stress
- Caractérisation des gènes impliqués dans les fonctions essentielles chez les plantes (Etude basée sur l'analyse de cas pratiques):
  - régulation de l'architecture des plantes ;
  - régulation de la floraison des plantes ;
  - régulation du développement et de la maturation des fruits
  - régulation de la formation des graines et de la germination ;
  - amélioration des qualités agronomiques et nutritives des plantes

#### Objectifs en termes de compétences

Acquisition de connaissances en vue d'une meilleure exploitation des informations contenues dans le génome.

Analyse à partir de cas concrets des méthodes d'étude ; évaluation des résultats et des perspectives qui en découlent.

#### Pré-requis

Bonne connaissance en biochimie, biologie cellulaire et moléculaire

### **UnitéEnseignement: Ouverture professionnelle (3, M2S3)**

### **UnitéEnseignement: Analyse des séquences macromoléculaires**

#### Objectifs en termes de connaissances

Connaissances de base en analyse de séquences nucléiques et protéiques :

- 1) Rappel succinct des principales bases de données de biologie moléculaire ;
- 2) Systèmes de scores utilisés en comparaison de séquences ;
- 3) Alignements optimaux de 2 séquences et recherche de similarité dans les banques (algorithmes, outils, forces et limites) ;
- 4) Alignements multiples de séquences (utilisations, méthodes de construction) ;
- 5) Construction de motifs, profils, HMM et application à la détection de séquences homologues divergentes ;
- 6) Phylogénie moléculaire (terminologie, méthodes de construction d'arbres phylogénétiques et leurs limites, estimation statistique de la robustesse d'un arbre) et présentation des grands phyla.

Les étudiants appliquent les notions théoriques vues en cours à des cas concrets lors de séances de TD de bioanalyse en salle de ressources informatiques.

#### Objectifs en termes de compétences

Utilisation des principaux serveurs bioinformatiques internationaux ; Compréhension des algorithmes majeurs utilisés en comparaison de séquences ; Maîtrise des outils de recherche de séquences (textuels et basés sur la similarité) ; Analyse et d'interprétation critique des résultats d'une recherche de similarité ; Maîtrise de la construction et de l'interprétation d'un alignement multiple et d'un arbre phylogénétique ; Mise en oeuvre de connaissances et d'approches pluridisciplinaires

#### Pré-requis

Connaissances de base en biologie moléculaire.

Connaissances des principales banques de séquences généralistes (un support de cours et des exercices à travailler de manière autonome pourront être fournis aux étudiants n'ayant pas ces bases).

#### Bibliographie

Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis, 2<sup>nd</sup> Edition, D. W. Mount, Paperback, 2004

Protein Bioinformatics: From Sequence to Function, M. Gromiha, Elsevier Science & Technology, 2010

Bioinformatics and functional genomics, J. Pevsner, John Wiley and Sons, 2009

The NCBI Handbook. McEntyre J, Ostell J, editors. National Center for Biotechnology Information.

#### Informations complémentaires

Les TD ayant lieu en salle de ressources informatiques où les postes sont généralement limités à 20, le nombre de groupes à prévoir est : effectif/20.

### **Unité d'Enseignement: Transgénèse végétale - enjeux**

#### Objectifs en termes de connaissances

L'augmentation croissante des cultures de plantes transgéniques à l'échelle mondiale pose de manière plus urgente la question des avantages et risques liés à ces plantes de même qu'aux façons de limiter les échanges génétiques non voulus.

Cette UE présentera donc d'abord les techniques de transgénèse et la définition des OGM, les exemples les plus importants des OGM de grande culture. La question des avantages et risques sera ensuite abordée en partie sous forme de TD à l'aide d'exemples concrets. Des intervenants professionnels (chercheurs de l'INRA, par exemple) confrontés à cette thématique seront invités à présenter leur travail et de participer à un débat.

#### Objectifs en termes de compétences

Par une approche rigoureuse et objective, les étudiants seront amenés à évaluer les conséquences de la culture à grande échelle de plantes transgéniques. Ils participeront activement à un débat contradictoire avec des intervenants professionnels.

### **Unité d'Enseignement: Stratégies de recherche sur la cellule**

#### Objectifs en termes de connaissances

Des cours magistraux illustrent par des exemples basés sur des publications récentes de grandes stratégies d'investigation actuellement employées dans les laboratoires de recherche. Ceci concerne

la caractérisation spatiotemporelle dynamique des acteurs d'un processus biologique étudié et les approches fonctionnelles de leur activité par toutes les méthodes intégrées d'investigation (biochimie, génétique, biologie moléculaire et cellulaire *in vitro* et *in vivo*).

Thèmes scientifiques illustrés : transports nucléo-cytoplasmiques et trafic intracellulaire, signalisation cellulaire, polarité cellulaire et du cycle cellulaire.

TP/TD : En s'appuyant sur des modèles d'étude comme les cellules végétales et de drosophiles, différentes approches expérimentales (techniques de transfection transitoire et de localisation de protéines) sont mises en oeuvre pour illustrer quelques stratégies de caractérisation de mécanismes biologiques et de voies de contrôle de l'activité cellulaire.

Objectifs en termes de compétences

#### Objectifs cognitifs :

Acquérir une démarche scientifique, nécessaire à l'exploration d'une problématique de biologie intégrée.

Objectifs techniques :

Savoir pratiquer des techniques de biologie cellulaire, moléculaire, biochimie et d'imagerie de pointe, telles qu'elles sont employées dans les laboratoires de recherche.

Objectifs méthodologiques :

Savoir réaliser une synthèse à partir de données bibliographiques et proposer des approches expérimentales en réponse à une problématique scientifique.

Pré-requis

- Avoir intégré les connaissances scientifiques de base d'une licence de biologie.
- Avoir la capacité de lire et comprendre un document scientifique écrit en anglais

### **Unité d'Enseignement: Interactions plantes-microorganismes: symbioses et parasitisme**

Objectifs en termes de connaissances

Interaction symbiotique : champignon/plante (ectomycorhizes, endomycorhizes, formation et fonctionnement des mycorhizes, rôle des mycorhizes, bénéfiques pour la plante) et bactérie/plante (formation et fonctionnement des nodules, bénéfiques pour la plante)

Interaction parasitaire : type de parasites, symptômes, maladies, moyens de lutte, étude de cas.

Conférences faites par des chercheurs et/ou des professionnels.

Etude d'articles scientifiques sur le sujet.

Objectifs en termes de compétences

Cette U.E. permettra à l'étudiant d'acquérir les connaissances relatives aux symbioses entre plantes et micro-organismes. Les interactions de la plante avec les parasites seront abordées sous les aspects moléculaires et physiologiques. Cette U.E. permettra également de positionner la plante dans son environnement global c'est-à-dire en interaction avec les différents partenaires (bactéries, champignons) bénéfiques ou néfastes à son développement et à sa croissance. Les conséquences de telles interactions pour la plante seront également traitées.

Le travail sur les articles scientifiques permettra aux étudiants d'aborder l'aspect plus fondamental de ce travail.

#### Pré-requis

Connaissances de base en biologie végétale acquises au cours de la licence.

### **Unité d'Enseignement: Cultures végétales in vitro: techniques et applications**

#### Objectifs en termes de connaissances

Culture *in vitro* (CIV) de cellules, tissus et organes végétaux : principales techniques (callogénèse, organogénèse, embryogénèse somatique...) & applications : micropropagation de plantes d'intérêt, production de molécules bioactives par des suspensions cellulaires ou des cultures racinaires. Induction et contrôle de l'accumulation de ces molécules par des facteurs biotiques et abiotiques (élicitation).

#### Objectifs en termes de compétences

- Connaître les principales stratégies de CIV, leurs applications, leurs avantages/limites.
- Savoir travailler stérilement et gérer les différents aspects pratiques liés aux CIV : préparation des explants, des milieux, mise en culture, organisation des zones stériles/non stériles...
- Savoir analyser des publications scientifiques, et être capable d'en adapter les protocoles expérimentaux ( lors des Travaux pratiques, l'étudiant mettra en place un protocole de CIV à partir d'une publication, en fera une analyse critique et proposera des perspectives d'amélioration.)

#### Pré-requis

Avoir suivi des enseignements en Biologie cellulaire et en Physiologie ou biologie végétale

#### Bibliographie

- Rout *et al.* (2000) ***In vitro* manipulation and propagation of medicinal plants.** *Biotechnology advances* 18 : 91-120.
- Matkowski A. (2008) **Plant *in vitro* culture for the production of antioxidants - a review.** *Biotechnology advances* 26 : 548 - 560.
- Kolewe *et al.* (2008) **Pharmaceutically active natural product synthesis and supply via plant cell culture technology.** *Molecular pharmaceutics* 5(2) : 243-256.
- Xu *et al.* (2011) **Towards high-yield production of pharmaceutical proteins with plant cell suspension cultures.** *Biotechnology advances* 29 : 278-299.
- Ono N.N. & Tian L. (2011) **The multiplicity of hairy root cultures : prolific possibilities.** *Plant Science* 180 : 439-446.

### **Unité d'Enseignement: Etablissement d'une souche génétiquement modifiée**

#### Objectifs en termes de connaissances

Description et utilisation des méthodes de biologie moléculaire permettant d'obtenir des souches de levure (*Saccharomyces cerevisiae*) exprimant une protéine étiquetée avec une étiquette utilisée pour la recherche de ses interactants ou pour la visualisation de sa localisation subcellulaire (soit par intégration chromosomique soit par transformation plasmidique). Description et utilisation des méthodes de biologie moléculaire permettant de vérifier la transcription du gène de cette protéine étiquetée (purification d'ARN messagers, qRT-PCR...)

#### Objectifs en termes de compétences

Connaissances théoriques et pratiques des méthodes d'obtention et d'étude d'une souche exprimant

une protéine étiquetée permettant l'identification de ses interactants et de sa localisation subcellulaire. Connaissances théoriques et pratiques de transcriptomique

## **Unité Enseignement: Interactome**

Objectifs en termes de connaissances

### **COURS**

Description et utilisation des méthodes permettant d'établir et d'étudier les réseaux d'interactions entre protéines d'un organisme eucaryotique entier ou de ses compartiments subcellulaires. L'organisme modèle étudié sera la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Les techniques de mise en évidence d'une interaction protéine-protéine (Purification d'Affinité en Tandem, co-immunoprécipitation, technique du double hybride, électrophorèse bi-dimensionnelle, puces à protéines, FRET, ...) seront étudiées ainsi que la description et utilisation des banques de données d'interactôme. Les techniques de fractionnement subcellulaire et de vérification de la localisation subcellulaire d'une protéine seront également présentées.

TD:

Préparation des TP, TAP-Tag, localisation et fractionnement subcellulaire

TP:

Purification des noyaux et mitochondries de levures. Purification et identification des interactants d'une protéine mitochondriale ou nucléaire de levure par la méthode TAP.

Objectifs en termes de compétences

Connaissances théoriques et pratiques des méthodes de détermination d'un interactôme, de la localisation subcellulaire d'une protéine et du fractionnement de compartiments subcellulaires.

## **Unité Enseignement: Génétique et dynamique des génomes**

Objectifs en termes de connaissances

### **Dynamique des génomes :**

Recombinaison, Réparation, Transposition, Remaniements chromosomiques

Modifications provoquées de génomes eucaryotes : Techniques et vecteurs de transformation et transfection, Notions de thérapie génétique

### **Analyse globale et évolution des génomes eucaryotiques :**

principalement axé sur les organismes modèles *S. cerevisiae*, *Drosophila*, *C. elegans*

- Système de sélection et analyse de mutants
- Analyse globale des génomes : SNPs, CNV...
- Collection de mutants de délétions et analyses phénotypiques
- Synthétiques léthaux et analyses phénotypiques
- Analyses globales du transcriptome...

### **Notions de base de la génétique quantitative chez les eucaryotes :**

axé sur les organismes modèles *S. cerevisiae*, *A. thaliana*, maïze... et humain

- Présentation des principaux concepts

- Notion de phénotype quantitatif
- Marqueur moléculaire et génotypage
- Epistasie
- Pléiotropie
- Analyse de liaison (exemple *S. cerevisiae*)
- Étude d'association (exemple humain, *A. thaliana*...)

**Objectifs en termes de compétences**

Maîtrise des concepts de la génétique et de la génomique actuelle.

Appréhender les domaines de recherche actuels en génétique et génomique et les démarches expérimentales qui ont conduit à l'établissement des concepts.

Recherche et exploitation de documents concernant différents aspects de la génétique ou de la génomique non forcément abordées en cours et restitution sous forme d'une synthèse écrite et orale. Au niveau pratique, l'étudiant se familiarisera aux méthodes de biologie moléculaire et de génétique nécessaires pour étudier un organisme modèle eucaryote comme la levure.

**Pré-requis**

Aucun

**Unité d'enseignement: Virus en recherche fondamentale et appliquée**

**Objectifs en termes de connaissances**

Apports de la virologie et des virus dans la compréhension des mécanismes biologiques fondamentaux (initiation interne de la traduction, séquences activatrices de la transcription, épissage alternatif, RNAi, ...) et leurs utilisation dans les protocoles de recherche fondamentale et appliquée actuels

1°) Virus en biotechnologies : utilisation d'enzymes virales et de séquences virales particulières pour concevoir des vecteurs d'expression; utilisation des virus comme outils (phage display, baculovirus display) ou comme composant en nanotechnologie.

2°) Virus vaccin et thérapie génique : utilisation de virus désarmés comme vecteur d'expression vaccinal ou vecteur de gène thérapeutique. Utilisation de virus à réplication sélective pour la mise en place de thérapie génique contre le cancer.

**Objectifs en termes de compétences**

Les virus sont ubiquistes et leur adaptabilité est remarquable. Leur utilisation comme outils dans de nombreux protocoles d'études fondamentales et appliquée est illustrée par le biais d'enseignements magistraux et des analyses d'articles. L'objectif de cette unité d'enseignement est d'apporter les notions essentielles pour mettre en place une démarche expérimentale en virologie voire en laboratoire de biologie moléculaire et cellulaire et à posteriori monter un projet de recherche simple.

**Pré-requis**

Bonnes connaissances en virologie fondamentale, virologie moléculaire, biologie cellulaire et moléculaire.

## **Unité Enseignement: UE libre (M2 S3)**

### **Unité Enseignement: Stage S4 en biologie et valorisation des plantes**

#### Objectifs en termes de connaissances

Stage à temps plein dans le domaine de la recherche ou de la recherche et développement. Le stage aura une durée minimale de 5 mois, qui pourra être étendue à 8 mois, en particulier dans les cas de stages en entreprise ou pour les stages nécessitant du travail sur le terrain. Ces stages se dérouleront en France ou à l'étranger :

- soit dans un établissement public participant directement à cette formation (IBMP du CNRS (Strasbourg), INRA de Colmar) ou associée à celle-ci (autres instituts CNRS et INRA, IRD, laboratoires universitaires...);
- soit dans une entreprise privée ;
- soit au sein d'une collectivité (jardin botanique, parc naturel...)

L'étudiant devra :

- acquérir les connaissances théoriques et pratiques liées à son sujet de recherche ;
- être capable de replacer son travail dans un contexte scientifique global.

#### Objectifs en termes de compétences

- Etre capable de concevoir, réaliser et analyser un projet de recherche dans le domaine de la biologie des plantes.
- Savoir s'insérer dans une équipe et travailler de façon autonome, en interaction avec le maître de stage et les autres membres du laboratoire.
- Savoir mettre en oeuvre un protocole expérimental et pouvoir y apporter des adaptations.
- Etre capable de communiquer, oralement et par écrit, sur les résultats obtenus, de les analyser de manière critique, et de proposer des perspectives à court et moyen termes.