

# Master Mention Sciences du vivant, Spécialité Biologie moléculaire et cellulaire intégrée, Parcours Biologie du développement et cellules souches

Type	Nom
Parcours	Biologie du développement et cellules souches
Semestre	M1S1
Groupe d'unités d'enseignement	Communes Obligatoire
Unité d'enseignement	Expression des gènes et biosynthèse des protéines
Unité d'enseignement	Génétique et dynamique des génomes
Unité d'enseignement	Stratégies de recherche sur la cellule
Unité d'enseignement	Etablissement d'une souche génétiquement modifiée
Unité d'enseignement	Disciplines des sciences du vivant en langues (anglais ou allemand)
Groupe d'unités d'enseignement	Spécifiques Obligatoire
Unité d'enseignement	Biologie du développement animal
Groupe d'unités d'enseignement	Au choix Obligatoire dans liste choix : 1
Unité d'enseignement	Interactome
Unité d'enseignement	Contrôle du génome eucaryotique : épigénétique et maintien de l'intégrité
Unité d'enseignement	Introduction à l'algorithmique
Unité d'enseignement	ARN : aspects moléculaires cellulaires et génétiques
Semestre	M1S2
Groupe d'unités d'enseignement	Communes Obligatoire
Unité d'enseignement	Initiation à la démarche scientifique BDCS
Unité d'enseignement	Régulation de l'expression des gènes
Unité d'enseignement	Initiation à la communication scientifique restitution en anglais en BDCS
Unité d'enseignement	Insertion professionnelle
Groupe d'unités d'enseignement	Spécifique Obligatoire
Unité d'enseignement	Génétique moléculaire du développement
Groupe d'unités d'enseignement	Au choix Obligatoire dans liste choix : 2
Unité d'enseignement	RNA silencing
Unité d'enseignement	Techniques de culture et histologie
Unité d'enseignement	La cellule cancéreuse: caractéristiques et modèles d'étude
Unité d'enseignement	Métabolisme et métabolomique

Type	Nom
Unité d'enseignement	Génomique évolutive et fonctionnelle
Unité d'enseignement	Introduction à la programmation
Unité d'enseignement	Ouverture professionnelle
Semestre	M2S3
Groupe d'unités d'enseignement	Communes Obligatoire
Unité d'enseignement	Imagerie cellulaire et tissulaire
Unité d'enseignement	Préparation du stage S4 en biologie moléculaire et cellulaire intégrée parcours BDCS
Unité d'enseignement	Question d'actualité en biologie moléculaire et cellulaire
Groupe d'unités d'enseignement	Spécifiques Obligatoire
Unité d'enseignement	Questions d'Actualité en Biologie du Développement
Unité d'enseignement	Initiation a la recherche en Laboratoire
Semestre	M2S4
Groupe d'unités d'enseignement	Communes Obligatoire
Unité d'enseignement	Stage S4 en biologie cellulaire et moléculaire intégrée

## Parcours: Biologie du développement et cellules souches

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

Connaissance approfondie de la biologie cellulaire et moléculaire du développement animal ; formation à l'analyse critique et l'évaluation de données scientifiques ; connaissance des bonnes pratiques de laboratoire ; réalisation d'un projet de recherche, de la conception des expériences à l'analyse critique des données expérimentales ; formation à la communication scientifique.

### Objectifs en termes de connaissances scientifiques

La biologie cellulaire est un domaine en pleine expansion, et représente un point de passage obligé pour comprendre d'une part le fonctionnement des biomolécules dans leur contexte naturel (complément indispensable à la biochimie et la biologie moléculaire), et d'autre part le fonctionnement des grandes fonctions physiologiques dans les organismes sains ou malades. Le Parcours Biologie du Développement et cellules souches a pour but de former les étudiants (i) à l'exploration fonctionnelle des mécanismes moléculaires au niveau cellulaire, et (ii) à l'étude dynamique des comportements cellulaires à l'échelle de l'organisme entier. La discipline biologie du développement, pour laquelle l'UdS dispose d'un potentiel recherche reconnu et en pleine expansion, sert de support pour illustrer les différentes approches méthodologiques et technologiques de la biologie cellulaire intégrée.

L'objectif principal de cette formation est d'obtenir une vue la plus intégrée possible des mécanismes moléculaires et cellulaires qui sous-tendent les processus du développement chez l'animal. Les étudiants de cette spécialité Recherche pourront intégrer les nombreux laboratoires spécialisés en biologie cellulaire ou biologie du développement.

## Unité d'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: 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 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 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: Disciplines des sciences du vivant en langues (anglais ou allemand)**

### Objectifs en termes de connaissances

Module proposé en collaboration avec des enseignants/chercheurs de l'université, des universités partenaires ou du CNRS/INSERM/INRA

- Il s'agit d'un cycle de 5 conférences par des enseignants/chercheurs de différents champs thématiques des sciences de la vie. Les intervenants (de Strasbourg ou des Universités / Facultés / Départements partenaires) proposent une introduction à une thématique de recherche.
- En complément de la conférence, un ou deux articles de type 'revue' sur cette même thématique seront distribués aux étudiants une ou deux semaines avant la conférence.
- Chaque conférence est enregistrée sur l'interface Web 'Audiocours' de l'Université et accessible pour l'étudiant après chaque cours. Il est alors possible de naviguer indifféremment dans le cours (en accédant directement aux portions de cours voulues et liées à une diapositive donnée).

### Objectifs en termes de compétences

Compréhension orale et écrite d'une thématique scientifique en anglais ou allemand. Analyse d'une publication scientifique. Travail personnel de compréhension et révision d'une thématique en utilisant les moyens modernes de communication sur internet. Introduction et sensibilisation à la recherche fondamentale et appliquée.

## **Unité Enseignement: Biologie du développement animal**

### Objectifs en termes de connaissances

Cette UE a pour vocation la formation d'étudiants pouvant par la suite travailler dans des laboratoires utilisant les concepts et méthodes de la biologie du développement.

Acquérir des bases solides en biologie du développement.

Les cours sont organisés sous forme de conférences sur des "points chauds" de la biologie du développement. Ils sont donnés par des enseignants-chercheurs et des chercheurs invités de haut niveau.

### Objectifs en termes de compétences

Découverte de techniques de pointe en biologie du développement sous forme de travaux pratiques encadrés par des enseignants chercheurs ou chercheurs en biologie du développement.

Au cours des travaux dirigés, l'accent est mis sur la réflexion personnelle de l'étudiant et sur le développement de sa capacité d'analyse.

Etre capable d'analyser de manière critique les données de la littérature en biologie du développement et de communiquer cette analyse en utilisant un support de communication adapté à l'oral ou à l'écrit.

#### Pré-requis

Solides connaissances en biologie de développement.

La maîtrise de l'anglais scientifique est un avantage sérieux.

### **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 détablissement un interactôme, de la localisation subcellulaire d'une protéine et du fractionnement de compartiments subcellulaires.

### **Unité Enseignement: Contrôle du génome eucaryotique : épigénétique et maintien de l'intégrité**

#### Objectifs en termes de connaissances

Cette unité d'enseignement propose un panorama actualisé des principaux mécanismes épigénétiques et de réparation de l'ADN impliqués dans le contrôle de l'expression et dans le maintien de l'intégrité du génome eucaryotique

L'épigénétique et la dynamique de la chromatine : les mécanismes et les rôles de la méthylation de l'ADN et des modifications des histones. La mémoire épigénétique des états transcriptionnels. La maintenance des épigénomes. Les cellules souches et la reprogrammation épigénomique. Les méthodes d'analyse associés aux différents états des épigénomes.

Les dommages de l'ADN dans le génome eucaryote et les réponses cellulaires aux dommages: les points de contrôle du cycle cellulaire, les différentes voies de réparation (réversion directe, réparation des cassures simple-brin, réparation des bases endommagées, des coupures double brin,

mutagénèse) les ADN polymérase trans-lésionnelles, les modifications post-traductionnelles associées. Les maladies génétiques associées à un dysfonctionnement de la réparation et les modèles murins. La génotoxicité et la mort cellulaire. Les liens entre réparation et transcription. Les enzymes de réparation, cibles pour le développement de drogue anti tumorales.

#### Objectifs en termes de compétences

Compréhension de l'origine des dommages observés dans l'ADN, des mécanismes épigénétiques et de réparation de l'ADN impliqués dans le contrôle et le maintien de l'intégrité du patrimoine génétique.

### **Unité Enseignement: Introduction à l'algorithmique**

#### Objectifs en termes de connaissances

Qu'est ce qu'un algorithme ?

Intérêt de l'algorithmique

Des algorithmes simples basé sur python :

- algorithmes de tri
- listes
- fonctions de hachage

Notion de récursivité

Notion de performance d'un algorithme

Introduction aux classes de python

#### Objectifs en termes de compétences

Compétences de base en algorithmique

Programmation en langage Python.

#### Pré-requis

Aucun

### **Unité Enseignement: ARN : aspects moléculaires cellulaires et génétiques**

#### Objectifs en termes de connaissances

Les progrès en biologie moléculaire de ces dernières années ont permis de mettre en évidence le rôle primordial joué par de nombreuses molécules d'ARN dans la majorité des mécanismes biologiques ainsi que dans leurs dérèglements (cancers, maladies neurologiques,...). En ayant la capacité de transmettre une information (comme l'ADN) et d'avoir une activité catalytique (comme les protéines), l'ARN constitue une cible et un moyen de choix dans un nombre toujours croissant de stratégies thérapeutiques. Cette UE se propose de faire l'état de l'art des propriétés, mécanismes d'action ainsi que des rôles biologiques des molécules d'ARN :

- le rôle de l'ARN dans l'expression des gènes :
- la régulation en cis des ARN messagers (riboswitches, tboxes, élément SECIS,...)
- la régulation en trans des ARN messagers (miRNAs, piwiRNAs, petits ARN bactériens,...)
- les introns et l'épissage des ARN messagers
- les ARNt, les ribosomes et la traduction des ARN messagers
- les ribozymes et l'hypothèse du monde à ARN

- les outils permettant d'étudier l'ARN :
- outils expérimentaux (RNA-seq, RNA silencing,... )
- outils bioinformatiques (modélisation moléculaire, prédiction de structures secondaires, alignements et phylogénies,...)

#### Objectifs en termes de compétences

A l'issue de cette UE, les étudiants seront capables de :

- comprendre les propriétés, les mécanismes d'action et les différents rôles des molécules d'ARN
- utiliser et manipuler les différents outils bioinformatiques spécialisés dans l'interrogation, la visualisation et la manipulation des données sur l'ARN

Plusieurs séances pratiques permettront notamment d'acquérir les compétences suivantes :

- la recherche de gènes d'ARN non-codants dans les génomes
- l'alignement de séquences d'ARN
- la prédiction et la manipulation de structures secondaires et tertiaires d'ARN
- la récupération et la visualisation de données d'ARN depuis des banques en ligne (réseaux d'interaction, données d'expression,...)

#### Pré-requis

Des notions de base en biologie moléculaire.

### **Unité d'Enseignement: Initiation à la démarche scientifique BDCS**

#### Objectifs en termes de connaissances

L'étudiant effectuera un stage de 6 semaines (janvier à février) dans un laboratoire adossé à la spécialité. Durant ce stage il mènera un projet de recherche s'inscrivant dans la thématique de recherche de l'équipe d'accueil. Ce projet de courte durée, avec des objectifs expérimentaux simples, lui permettra de se familiariser avec les techniques de bases utilisées en biologie du développement dans un cadre de recherche. Ce stage sera tutoré par un enseignant chercheur et se concrétisera par la rédaction d'un rapport de stage et d'une présentation orale des objectifs du projet scientifique et des résultats obtenus.

#### Objectifs en termes de compétences

Les compétences acquises par l'étudiant seront :

- Apprentissage de la démarche scientifique et de la conception d'un projet de recherche
- Apprentissage des bonnes pratiques de laboratoire
- Immersion dans une équipe de recherche et apprentissage du travail en équipe (interactions avec les autres membres de l'équipe, participation aux réunions de travail...)
- Manipulation de l'instrumentation et d'organismes vivants
- Apprentissage de l'organisation pratique, de la réalisation et de l'analyse critique des résultats d'une expérience.
- Rédaction d'un rapport de stage et d'une présentation orale des objectifs du projet scientifique et des résultats obtenus.
- Rédaction d'un CV, d'une lettre de motivation et passage d'un "entretien d'embauche".

#### Pré-requis

Connaissances générales en biologie cellulaire, moléculaire et biologie du développement

#### Informations complémentaires

L'étudiant sera chargé de trouver une équipe d'accueil parmi la liste de celles proposée par les responsables de parcours. Il établira une lettre de candidature motivée accompagnée d'un CV et passera un entretien préalable avec son futur maître de stage.

### **Unité d'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 d'enseignement: Initiation à la communication scientifique restitution en anglais en BDCS**

#### Objectifs en termes de connaissances

Eude bibliographique sur un thème de biologie du développement et cellules souches proposé par l'étudiant. Celui-ci aura à charge de se documenter et de trouver la bibliographie illustrant le thème. L'étude est menée sous la direction d'un enseignant chercheur ou d'un chercheur et est concrétisée par la rédaction d'un rapport et d'une présentation orale en anglais devant la totalité de la promotion. La préparation de l'oral est tutorée par le professeur d'anglais.

#### Objectifs en termes de compétences

Les compétences acquises par l'étudiant seront:

- Initiation à la recherche de références bibliographiques sur des bases de données
- Lecture et analyse critique de résultats scientifiques
- Synthèse de données issues de la littérature scientifique
- Rédaction d'un rapport de synthèse sur un thème scientifique
- Restitution par présentation orale en anglais de données issues de la littérature scientifique
- Communication scientifique en anglais.

#### Pré-requis

Connaissances approfondies en biologie du développement.

Pratique de l'anglais scientifique.

## **UniteEnseignement: 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

## **UniteEnseignement: Génétique moléculaire du développement**

### Objectifs en termes de connaissances

Cette UE consiste en une veille bibliographique de l'actualité en biologie du développement et cellules souches et de leurs implications bio-médicales.

Connaissances approfondies en biologie du développement.

Utilisation des outils bibliographiques.

### Objectifs en termes de compétences

Développer une capacité de suivi et d'analyse de la production bibliographique.

Développer un esprit critique.

Mobiliser ses connaissances pour aborder de nouvelles thématiques.

Développer les qualités de communication à l'oral et à l'écrit.

#### Pré-requis

Connaissances approfondies en biologie du développement. Avoir suivi l'UE de Biologie du Développement Animal en M1S1.

La maîtrise de l'anglais scientifique est un avantage sérieux.

### **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 : transitivity 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.

## **UniteEnseignement: Techniques de culture et histologie**

## **UniteEnseignement: La cellule cancéreuse: caractéristiques et modèles d'étude**

## **UniteEnseignement: Métabolisme et métabolomique**

### Objectifs en termes de connaissances

Vue d'ensemble des grandes voies métaboliques (rappel) et vue détaillée de voies spécifiques. Intégration du métabolisme (inter-connections des différentes voies; molécules centrales; régulations).

Initiation à la métabolomique et aux outils de spectrométrie de masse. Exemples de projets de recherche faisant appel à la métabolomique.

### Objectifs en termes de compétences

Aquisition d'une vue d'ensemble et d'une vue détaillée du métabolisme. Compréhension des liens entre différentes voies. Perception de l'importance des métabolites dans le fonctionnement des cellules.

## **UniteEnseignement: Génomique évolutive et fonctionnelle**

### Objectifs en termes de connaissances

La complexité des génomes, abordée par leur contenu, leur variabilité, leur expression, leur évolution :

- Les stratégies de séquençage à haut débit (ADN et ARN) : notion de valeur qualité, de réplicata, métagénomique, polymorphisme, parties transcrites du génome, ....
- Les méthodes d'alignement et de comparaison de séquences (matrices de points, Blast, alignement local, global, multiples...): Principes, forces et limites
- Quelques autres méthodes de prédictions de gènes et de séquences régulatrices (GeneMark, genosplicing, tRNAscan,...),
- Notion de phylogénie,
- Utilisation de banques de données (motifs, domaines, familles de protéines..)

### Objectifs en termes de compétences

- Comprendre le rôle et l'importance des méthodes de prédictions dans la génération et l'utilisation de données en biologie
- Comprendre le contenu des banques de données biologiques et les exploiter
- Savoir proposer des méthodes adéquates d'alignement, de comparaison ou de prédiction pour un objectif donné, et savoir interpréter les résultats,
- Faire la relation entre d'une part les connaissances acquises en biologie moléculaire, biochimie et génétique... et d'autres part les données issues d'analyses in silico afin de proposer des hypothèses fonctionnelles et/ou évolutives

## **UniteEnseignement: Introduction à la programmation**

### Objectifs en termes de connaissances

Présentation du langage de programmation python

Présentation de l'interpréteur python  
Structure d'un programme python  
Un tour d'horizon de la syntaxe python par l'exemple  
présentation d'un "tool kit" graphique  
Apprentissage de python par l'exemple

**Objectifs en termes de compétences**

Maitrise de la syntaxe python  
Ecriture de programmes python simples

**Pré-requis**

Aucun

**Bibliographie**

[www.framasoft.net/IMG/pdf/python\\_notes-2.pdf](http://www.framasoft.net/IMG/pdf/python_notes-2.pdf)

**Unité Enseignement: Ouverture professionnelle**

**Unité Enseignement: Imagerie cellulaire et tissulaire**

**Objectifs en termes de connaissances**

Connaitre les techniques de bases en imagerie.  
Connaitre les principaux types de microscopies (photonique, électronique).  
Connaissance des plateaux techniques offerts par les plateformes de microscopie de l'UdS.

**Objectifs en termes de compétences**

Savoir intégrer les approches d'imagerie dans un projet de recherche.  
Savoir mettre en œuvre des techniques de microscopie, classiques et avancées, pour répondre à un problème biologique.  
Faire une figure et analyser des images à l'aide des logiciels ImageJ et Photoshop.  
Connaître les limites des techniques.

**Unité Enseignement: Préparation du stage S4 en biologie moléculaire et cellulaire intégrée parcours BDCS**

**Objectifs en termes de connaissances**

Cette UE a pour but de préparer l'étudiant à son insertion dans l'équipe qui l'accueillera durant son stage du deuxième semestre (M2S4). L'étudiant sera présent dans le laboratoire d'accueil (30% du présentiel du semestre) pour s'initier à la thématique qu'il développera pendant son stage de S4. Il s'imprégnera de l'état de l'art de sa thématique de recherche et fera l'apprentissage des techniques, instruments et stratégies expérimentales et scientifiques utilisés dans son projet de recherche de S4. Ce stage se concrétisera par l'élaboration d'un poster résumant les objectifs scientifique du projet de S4 et la stratégie adoptée pour atteindre les objectifs et une présentation orale devant un jury et la totalité de la promotion.

#### Objectifs en termes de compétences

Les compétences acquises par l'étudiant seront :

- Conception d'un projet de recherche
- Apprentissage des bonnes pratiques de laboratoire
- Immersion dans une équipe de recherche et apprentissage du travail en équipe (interactions avec les autres membres de l'équipe, participation aux réunions de travail...)
- Manipulation de l'instrumentation et d'organismes vivants
- Organisation pratique, réalisation et analyse critique des résultats d'une expérience.
- Elaboration d'un poster de congrès et présentation orale des objectifs du projet scientifique et des résultats obtenus.
- - Rédaction d'un CV, d'une lettre de motivation et passage d'un "entretien d'embauche".

#### Informations complémentaires

Les étudiants effectueront un stage couvrant 12 semaines durant lesquelles ils seront présent 30% de leur temps dans l'équipe d'accueil.

Des dispositions particulières seront prises concernant l'emploi du temps du semestre ou le lieu du stage s'il est éloigné de Strasbourg ou en entreprise.

L'étudiant sera chargé de trouver une équipe d'accueil parmi la liste de celles proposée par les responsables de parcours. Il établira une lettre de candidature motivée accompagnée d'un CV et passera un entretien préalable avec sa future équipe d'accueil.

Une priorité sera donnée aux équipes d'accueil qui auront participées à l'UE Initiation à la démarche scientifique (M1S2)

### **UniteEnseignement: Question d'actualité en biologie moléculaire et cellulaire**

#### Objectifs en termes de connaissances

Cette UE est constituée de conférences de 2-3h par des chercheurs strasbourgeois travaillant sur différents aspects de la biologie cellulaire, ou sur des techniques de pointe. Son contenu sera amené à évoluer pour s'adapter à l'actualité. Il inclus des conférences sur le cytosquelette (A-C Schmit et J. DeMey), l'adhésion cellulaire et la matrice extracellulaire (E. George-Labouesse, M-C Rio, P. Simon-Assmann), les récepteurs et la transduction de signal (J.L. Imler) , la physiologie cellulaire, la biologie du développement (S. Chan ; A. Giangrande ; M. Labouesse) ; ainsi que sur les techniques d'inactivation ciblée des gènes (D. Metzger) et d'analyse globale du transcriptome (P. Kastner).

Rédaction d'une note de synthèse sur un aspect d'actualité en biologie cellulaire

#### Objectifs en termes de compétences

- Connaissance des grands modèles de biologie cellulaire : plantes, modèles génétiques (levure, nématode, drosophile), système nerveux, système immunitaire.
- Expertise des techniques et méthodes de la biologie cellulaire
- Analyse critique de données scientifiques
- Rédaction d'une note de synthèse

## **Unité Enseignement: Questions d'Actualité en Biologie du Développement**

### Objectifs en termes de connaissances

8 Conférences de 2h sur des sujets d'actualité en Biologie du Développement et cellules souches par des conférenciers invités. Préparation d'une introduction d'un des conférenciers invités : son parcours scientifique, son domaine de recherche, ses principales contributions. présentation (avec support Powerpoint) devant les autres étudiants la veille de la conférence. Présentation par l'étudiant de la thématique générale et d'une approche expérimentale/technologique caractéristique. 2 x 8h de TP/TD Présentation des animaux, modèles de Biologie du Développement (C. elegans, drosophile, Souris, poisson-Zèbre).

### Objectifs en termes de compétences

L'étudiant devra apprendre à analyser un article pour en faire une synthèse écrite et orale en mettant à contribution sa culture scientifique et savoir proposer une stratégie de recherche prolongeant ce travail. Il apprendra aussi à prendre des notes dans une conférence et à communiquer avec les conférenciers invités.

## **Unité Enseignement: Initiation a la recherche en Laboratoire**

### Objectifs en termes de connaissances

Familiarisation avec les techniques, moeurs et coutumes du laboratoire d'accueil. Education à la recherche par la recherche.

### Objectifs en termes de compétences

Maîtriser les outils de base du laboratoire d'accueil.

### Pré-requis

Master 1 en Biologie

## **Unité Enseignement: Stage S4 en biologie cellulaire et moléculaire intégrée**

### Objectifs en termes de connaissances

Le stage s'effectuera dans une équipe de l'un des laboratoires d'accueil sous la responsabilité d'un tuteur. Le sujet portera sur la thématique de l'équipe. Le stage couvrira l'intégralité du second semestre et sera évalué à partir d'un rapport d'une vingtaine de pages remis par l'étudiant à l'issue du stage et par une présentation orale devant un jury suivie d'une discussion.

### Objectifs en termes de compétences

L'étudiant apprendra à conduire un projet de recherche, à rédiger un rapport sur son travail et à faire un présentation orale devant un jury.

### Informations complémentaires

Ce stage couvre l'ensemble du semestre et correspond à 750 heures de travail étudiant soit 30 ECTS