

MASTER EN GÉNOMIQUE ET PROTÉOMIQUE FONCTIONNELLES**Langue principale d'enseignement :**French English Arabic **Campus où le programme est proposé :** CST**OBJECTIFS**

Le Master en génomique et protéomique fonctionnelles est une formation multidisciplinaire d'excellence destinée aux biologistes et biochimistes. La formation se base sur un enseignement approfondi par et pour la recherche par des approches complémentaires de la génomique et de la protéomique structurales et fonctionnelles. Son objectif est de former des professionnels de la recherche scientifique capables de concevoir et de mettre en œuvre des approches méthodologiques et expérimentales pour expliquer, résoudre et concevoir des solutions innovantes à des situations complexes liées aux phénomènes biologiques.

COMPÉTENCES

La formation vise l'acquisition de connaissances théoriques approfondies dans différents domaines de la biologie à savoir : la biologie moléculaire et cellulaire, la biochimie, la biologie structurale, la génétique, l'immunologie et la physiologie. La formation vise également le développement de compétences pratiques et méthodologiques ainsi que de compétences transversales nécessaires pour l'insertion professionnelle des diplômés.

Les diplômés de ce Master pourront :

- Utiliser des connaissances scientifiques pour résoudre des situations complexes en biologie et biochimie
- Concevoir et appliquer un protocole expérimental
- Gérer un projet de recherche relatif aux secteurs de la biologie et de la biochimie
- Communiquer des informations scientifiques relatives aux domaines de la biologie et de la biochimie.

CONDITIONS D'ADMISSION

L'admission se fait sur étude du dossier du candidat et après entretien avec le jury de sélection.

- Admission au premier semestre du Master (M1) pour les titulaires d'une Licence en sciences de la vie et de la Terre- biochimie de la Faculté des sciences de l'USJ, ou tout autre diplôme jugé équivalent par la Commission d'équivalence de l'USJ.
- Admission au troisième semestre du Master (M3) pour les étudiants ayant accompli une première année de Master en Biologie ou Biochimie jugé équivalent par la Commission d'équivalence de l'USJ.

UE/CRÉDITS ATTRIBUÉS PAR ÉQUIVALENCE

Les équivalences sont établies à la base de l'étude des dossiers de candidature et en corrélation avec les descriptifs des UE validées par avance.

EXIGENCES DU PROGRAMME**UE obligatoires (120 crédits)**

Analyse de la structure des macromolécules (3 Cr.). Bases physiopathologiques des maladies humaines (3 Cr.). Biochimie cellulaire (2 Cr.). Bio-informatique pour l'analyse du transcriptome (3 Cr.). Bio-informatique structurale (3 Cr.). Biologie intégrative : peptidomique. protéomique. lipidomique et métabolomique (3 Cr.). Communication (4 Cr.). Computational Biology (2 Cr.). Culture des cellules animales : cellules souches et ingénierie tissulaire (2 Cr.). DNA metabarcoding (2 Cr.). Droit et législation (2 Cr.). Étude du génome, de l'épigénome et du transcriptome par des approches à haut débit (3 Cr.). Génétique appliquée (3 Cr.). Génétique des populations et phylogénétique (4 Cr.). Génétique humaine (2 Cr.). Génie génétique (4 Cr.). Génie microbiologique (4 Cr.). Genome Assembly and Annotation (1 Cr.). Genome Editing (2 Cr.). Immunologie appliquée (4 Cr.). Ingénierie des protéines et analyse

des protéomes (2 Cr.). Marqueurs moléculaires (2 Cr.). Méthodes d'analyses instrumentales (3 Cr.). Molecular Applications for Forensic Sciences (1 Cr.). Neurosciences (3 Cr.). Pharmacologie (2 Cr.). Préparation à la vie professionnelle (4 Cr.). Project Management (4 Cr.). Projet de fin d'études (30 Cr.). Python Programming for Biologists (2 Cr.). Récepteurs de l'immunité innée et transduction des signaux immunologiques (1 Cr.). Regulation of Gene Expression (2 Cr.). Séminaires sur les actualités de la recherche en biologie (2 Cr.). Structure des macromolécules (2 Cr.). Traitement et analyse de données (4 Cr.).

PLAN D'ÉTUDES PROPOSÉ

Semestre 1

| Code | Intitulé de l'UE | Crédits |
|-------------|---|-----------|
| 048GGCBM1 | Génie génétique | 4 |
| 048GMCBM1 | Génie microbiologique | 4 |
| 048ICTBM1 | Immunologie appliquée | 4 |
| 048MMCBM1 | Marqueurs moléculaires | 2 |
| 048POCBM1 | Pharmacologie | 2 |
| 048PYCBM1 | Python Programming for Biologists | 2 |
| 048SMCBM1 | Structure des macromolécules | 2 |
| 048TAMTM1 | Traitement et analyse de données | 4 |
| 048COMTM1 | Communication | 4 |
| 048DRLTM1 | Droit et législations القانون والتشريع | 2 |
| | Total | 30 |
| 048CARCM1 * | Communication en langue arabe التواصل باللغة العربيّة | 2 |

* Cours de remise à niveau pour les étudiants qui intègrent le master en mi-parcours.

Semestre 2

| Code | Intitulé de l'UE | Crédits |
|-----------|---|-----------|
| 048ASCBM2 | Analyse de la structure des macromolécules | 3 |
| 048BMCBM2 | Bases physiopathologiques des maladies humaines | 3 |
| 048BCCBM3 | Biochimie cellulaire | 2 |
| 048GACBM2 | Génétique appliquée | 3 |
| 048GPCBM2 | Génétique des populations et phylogénétique | 4 |
| 048AINCM2 | Méthodes d'analyse instrumentales | 3 |
| 048NECBM2 | Neurosciences | 3 |
| 048PVPTM2 | Préparation à la vie professionnelle | 4 |
| 048PRMTM2 | Project Management | 4 |
| 048BTCBM2 | Genome Assembly and Annotation | 1 |
| | Total | 30 |

Semestre 3

| Code | Intitulé de l'UE | Crédits |
|-----------|--|---------|
| 048BATCM3 | Bio-informatique pour l'analyse du transcriptome | 3 |
| 048BSBM3 | Bio-informatique structurale | 3 |
| 048BCCBM3 | Biologie intégrative : peptidomique, protéomique, lipidomique et métabolomique | 3 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 048COCBM3 | Computational Biology | 2 |
| 048CCCBM3 | Culture des cellules animales, cellules souches et ingénierie tissulaire | 2 |
| 048DNAMM3 | DNA Metabarcoding | 2 |
| 048NGCBM3 | Étude du génome, de l'épigénome et du transcriptome par des approches à haut débit | 3 |
| 048GHCBM3 | Génétique humaine | 2 |
| 048MGCBM3 | Genome Editing | 2 |
| 048RICBM3 | Récepteurs de l'immunité innée et transduction des signaux immunologiques | 1 |
| 048IPCBM3 | Ingénierie des protéines et analyse des protéomes | 2 |
| 048MFCBM3 | Molecular Applications for Forensic Sciences | 1 |
| 048RGCBM3 | Regulation of Gene Expression | 2 |
| 048SASBM3 | Séminaires sur les actualités de la recherche en biologie | 1 |
| 04448SGCBM3 | Statistique pour la génomique | 1 |
| | Total | 30 |

Semestre 4

| Code | Intitulé de l'UE | Crédits |
|-----------|------------------------|-----------|
| 048PFETM4 | Projet de fin d'études | 30 |
| | Total | 30 |

DESCRIPTIFS DES UE

048GGCBM1 Génie génétique 4 Cr.

Cet enseignement a pour objectif de présenter les différentes techniques développées pour la manipulation des acides nucléiques. En particulier, elle détaille les outils et techniques qui permettent l'isolement, le clonage, le séquençage, la mutation dirigée des gènes ou autres séquences de l'ADN ainsi que l'expression des gènes dans des hôtes hétérologues et la production et la purification des protéines recombinantes. À la fin de ce cours, l'étudiant maîtrisera les techniques moléculaires nécessaires à la compréhension et l'exploitation de la fonction des gènes ainsi que leurs applications.

048GMCBM1 Génie microbiologique 4 Cr.

Le cours introduit l'évolution rapide et la plasticité des génomes bactériens ainsi que leurs implications dans la virulence bactérienne. Les thèmes étudiés sont : la conjugaison et la transformation bactériennes, la génétique des bactériophages, les mécanismes de la recombinaison homologue et non homologue, les éléments génétiques transposables, le quorum sensing et son rôle dans la pathogénicité des bactéries, les systèmes à deux composantes, les méthodes d'études du métabolisme bactérien (isolement de mutant auxotrophes et tests de syntrophie, etc.), la mutagenèse chez les bactéries, les méthodes de culture et de conservation des souches microbiennes pour finir avec les différentes applications de la génétique microbienne, notamment la production industrielle d'enzymes, de vitamines, d'acides aminés et de biopesticides. Cette UE inclut des séances de cours ainsi que des séances de travaux pratiques au laboratoire.

048ICTBM1 Immunologie appliquée 4 Cr.

Cette UE a pour objectif de présenter et de discuter les pathologies liées au dysfonctionnement ou à la suractivation du système immunitaire. En particulier, le cours traite des réactions d'hypersensibilités et d'inflammation chronique, des maladies auto-immunes et du rejet des greffes ainsi que des immunodéficiences et du développement des tumeurs. Le cours couvre également les techniques utilisées pour la recherche en immunologie ainsi que des séances de travaux pratiques permettant aux étudiants d'apprendre la manipulation de souris – modèle animal le plus utilisé dans la recherche préclinique. Les séances de TP couvrent les méthodes de vaccination, la localisation

des organes lymphoïdes primaires et secondaires ainsi que l'isolement de leurs cellules. Celles-ci seront utilisées pour la mise en œuvre de protocoles expérimentaux (ELISA, ELISPOT). À l'issue de ce cours, les étudiants seront capables d'analyser et d'interpréter les résultats d'expérimentation et de recherche en immunologie.

048MMCBM1 Marqueurs moléculaires 2 Cr.

Cet enseignement est dédié à l'exploration et l'exploitation des séquences d'ADN comme outils de base pour révéler la diversité génétique. En particulier, les étudiants seront amenés à comparer les diverses techniques utilisées pour la détection et la caractérisation de ces marqueurs et à évaluer leurs avantages et leurs limitations. Les progrès de ces techniques ainsi que leurs applications seront abordés dans divers contextes y compris la caractérisation des ressources génétiques, les sciences forensiques, la phylogénétique et la biologie évolutive.

048POCBM1 Pharmacologie 2 Cr.

Cette unité d'enseignement vise à offrir aux étudiants une compréhension rationnelle des fondements de la thérapie médicamenteuse. De manière spécifique, elle vise à :

- Présenter les différentes étapes du développement des médicaments dans l'industrie pharmaceutique.
- Fournir les connaissances essentielles concernant les principales classes, formulations et voies d'administration des médicaments.
- Cultiver une approche raisonnée de la pharmacologie liée à un médicament, englobant la pharmacodynamie, la pharmacocinétique et la pharmacovigilance.

048PYCBM1 Python Programming for Biologists 2 Cr.

This course is designed to equip students with the essential tools for program development, recognizing the indispensability of programming across various scientific fields. It is particularly crucial for students aspiring to pursue careers or engage in research in bioinformatics. The primary focus is on Python, a high-level general-purpose programming language. By the end of this course, students should be proficient in utilizing Python for programming tasks, demonstrating real-world application skills, and preparing for advanced topics.

048SMCBM1 Structure des macromolécules 2 Cr.

Cette unité d'enseignement vise l'initiation de l'étudiant à la biologie structurale et à la bioénergétique. Dans le cadre de ce cours, l'étudiant sera amené à identifier et à caractériser les 4 classes de macromolécules, en particulier les protéines, ainsi qu'à comprendre leur structure, fonction et ingénierie ce qui lui permettra de mieux assimiler la science du protéomique et l'étude des interactions entre les protéines et l'ADN et les protéines et d'autres ligands. Ces connaissances serviront pour une meilleure exploration de l'architecture moléculaire ainsi que la compréhension de nombreuses maladies liées au dysfonctionnement des protéines dans l'objectif de développer/trouver de nouvelles thérapies.

048TAMTM1 Traitement et analyse de données 4 Cr.

Le cours s'articule autour de deux parties principales.

- La première partie, « Statistique », consiste à sensibiliser les étudiants à l'importance de la statistique dans l'analyse des données, la planification des études et la compréhension de la littérature scientifique.
- La deuxième partie, « Analyse multivariée », consiste à fournir aux étudiants les compétences nécessaires pour l'utilisation des outils statistiques afin d'extraire de l'information et de créer de nouvelles connaissances à partir de bases de données complexes obtenues par des méthodes analytiques ou par un autre moyen. Il s'agit d'analyser simultanément un ensemble de variables explicatives et de construire de modèles multivariés qui permettent de décrire, de comparer, de classer et de prédire les caractéristiques d'échantillons d'individus. L'analyse multivariée est largement utilisée dans tous les domaines de la science, de l'ingénierie, de la pharmacologie, de la médecine, de l'économie et de la sociologie.

048COMTM1 Communication 4 Cr.

Partie communication orale

De tous les modes d'échange interpersonnel, la communication ressort comme l'activité la plus fréquente. Elle constitue donc l'assise du bon fonctionnement en équipe, en groupe de travail ou au sein d'une entreprise.

Savoir communiquer, c'est :

- Exprimer ses idées
- Écouter et poser des questions
- Maintenir l'échange relationnel
- Donner un feedback.

Partie communication écrite

Le premier objectif de cette partie est de comprendre l'importance de l'efficacité de la communication écrite pour la valorisation de l'image de l'organisation. D'où l'introduction à différentes situations de communication écrite dans l'organisation telle que les principaux messages de communication interne (note, compte rendu, rapport, lettre, etc.)

Le second objectif de ce cours est de présenter aux élèves toutes les techniques nécessaires pour rédiger des documents utiles dans le monde professionnel. Du curriculum vitae à la lettre de motivation, en passant par l'email de candidature et l'envoi d'une candidature spontanée, les étudiants auront une idée claire du vocabulaire à employer selon la situation à laquelle ils font face.

| | | |
|------------------|---|--------------|
| 048CARCM1 | التواصل باللّغة العربيّة Communication en langue arabe | 2 Cr. |
|------------------|---|--------------|

من بين جميع أساليب التبادل الإنسانيّ، يبرز التواصل كأكثر الأنشطة تكرارًا. وبالتالي، فهو يشكّل الأساس للعمل الجماعيّ الفعال، سواء في فرق العمل أو في مجموعات العمل أو داخل الشركات.

- القدرة على التواصل بشكل فعال تعني:
- التعبير عن الأفكار.
- الاستماع وطرح الأسئلة.
- الحفاظ على التواصل العلاقي.
- تقديم الردود والملاحظات.

| | | |
|------------------|-------------------------|--------------|
| 048DRLTM1 | القانون والتشريع | 2 Cr. |
|------------------|-------------------------|--------------|

يهدف الجزء الأول من هذا المقرر إلى تعريف الملكية الفكرية التي تشمل جميع الحقوق الحصرية الممنوحة للإبداعات الفكرية: الحق القانوني في فكرة أو اختراع أو إبداع في المجال: الصناعي أو العلمي أو الأدبي أو الفني. يتضمّن ذلك عرض مصالح ومزايا هذا المفهوم قبل تقديم شروط تسجيل الاختراع أو المنتج.

يهدف الجزء الثاني من هذا المقرر إلى تزويد الطالب بجميع القواعد التي تحكم التعامل بين المواطنين؛ ويغطي قانون حماية المستهلك، وقانون الأعمال، والقانون الاجتماعي وقانون العمل وقانون البيئة. وهذه القواعد مقلّنة، ويجب على الطالب أن يعرف كيفية التعرف على النصوص المتعلقة بكل مجال ليُعرف كيفية البحث فيها.

- وسوف تشمل:
- القانون البيئيّ الدوليّ وذلك في لبنان.
- حق العمل.
- قانون الضمان الاجتماعي.
- قانون تجاري.

| | | |
|------------------|---|--------------|
| 048ASCBM2 | Analyse de la structure des macromolécules | 3 Cr. |
|------------------|---|--------------|

Cette unité d'enseignement vise à initier l'étudiant à des techniques de biologie structurale, majoritairement spectroscopiques, qui permettent d'explorer la structure des macromolécules, particulièrement les protéines. La maîtrise des principes de ces techniques et l'interprétation des données issues permettent à l'étudiant de comprendre les conformations macromoléculaires, de concevoir les fonctions respectives, d'analyser les interactions protéines-ligands et d'évaluer leur importance biologique, pour réaliser des applications diverses en biologie moléculaire et en biochimie.

| | | |
|------------------|--|--------------|
| 048BMCBM2 | Bases physiopathologiques des maladies humaines | 3 Cr. |
|------------------|--|--------------|

L'objectif général de cette unité d'enseignement est de décrire et d'analyser, à l'échelle cellulaire et moléculaire, d'une part, les mécanismes impliqués dans la dérégulation de l'homéostasie, et d'autre part, ceux impliqués dans les différentes réactions de l'organisme face à un stress d'origine organique, en mettant l'accent sur les systèmes cardiovasculaire, nerveux, rénal et musculaire.

| | | |
|------------------|-----------------------------|--------------|
| 048BCCBM2 | Biochimie cellulaire | 2 Cr. |
|------------------|-----------------------------|--------------|

Ce cours apporte à l'étudiant une information importante sur la structure générale des protéines et des membranes cellulaires avec des aspects particuliers concernant les glycoprotéines, les protéines associées aux membranaires ainsi que les prédictions des structures protéiques. La translocation des protéines au sein des différents compartiments cellulaires, la biochimie des communications cellulaires et leurs régulations sont de même illustrées. La dénaturation et renaturation des protéines et leurs impacts sur la fonctionnalité cellulaire sont argumentés. L'affinité et la spécificité des interactions moléculaires seront analysées dans le cadre d'une étude de la relation structure-fonction des macromolécules biologiques. Les approches biochimiques et spectroscopiques de l'étude des interactions moléculaires seront mises en relief. Finalement, l'épissage des protéines sera abordé comme un nouvel outil de la biotechnologie appliquée.

| | | |
|------------------|----------------------------|--------------|
| 048GACBM2 | Génétique appliquée | 3 Cr. |
|------------------|----------------------------|--------------|

Cette unité d'enseignement vise à développer chez les étudiants les compétences nécessaires pour la compréhension et l'élaboration des stratégies de recherche en génétique. En utilisant la drosophile comme organisme modèle, ce cours présente les différentes stratégies adoptées pour l'identification et la compréhension de la fonction des gènes. En particulier, cette UE aborde les méthodologies utilisées pour la génération de mutants, la cartographie des mutations, la génération de lignées transgéniques en vue de l'exploration de la fonction génique ou encore les stratégies adoptées pour l'interférence avec l'expression des gènes (ARNi).

| | | |
|------------------|--|--------------|
| 048GPPCM2 | Génétique des populations et phylogénétique | 4 Cr. |
|------------------|--|--------------|

La génétique des populations est une discipline visant à identifier et à quantifier les différents processus qui influent sur la variabilité et la différenciation génétique des populations, formant ainsi les fondements de l'évolution. La compréhension de ces processus est essentielle pour interpréter de manière évolutive les phénomènes biologiques. Après acquisition des principes de la génétique fondamentale, les étudiants seront initiés, dans le cadre de ce cours, au calcul des fréquences alléliques, génotypiques et phénotypiques au sein des populations. Ils étudieront également les effets des mutations, migrations et les écarts à la panmixie ainsi que la dérive génétique et la sélection sur les variations de ces fréquences.

À la fin du cours, l'étudiant devrait être capable de comprendre les divers processus impactant la variabilité d'une population et de maîtriser et appliquer les principaux modèles et estimateurs.

La phylogénétique se concentre sur l'étude des liens entre espèces apparentées. À la fin du cours, les étudiants maîtriseront le concept d'espèce, les principes généraux de la reconstruction phylogénétique, et sauront interpréter une phylogénie. Ils comprendront également la relation entre l'histoire évolutive, l'écologie, la biogéographie, la biodiversité et la spéciation.

| | | |
|------------------|--|--------------|
| 048AINCM2 | Méthodes d'analyse instrumentales | 3 Cr. |
|------------------|--|--------------|

Ce cours offre des connaissances théoriques et pratiques qui, une fois complétées par un stage approprié, permettront à l'étudiant d'utiliser la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire (RMN), la spectrométrie de masse (SM) et la spectroscopie infrarouge (IR), la spectroscopie UV/VIS, la spectroscopie d'absorption atomique et les techniques de séparation pour résoudre des problèmes situés à l'interface chimie / biologie. Il s'agit de techniques analytiques puissantes pour élucider les structures et les conformations moléculaires. Différents exemples d'application portant surtout sur la caractérisation des protéines seront abordés en classe afin de permettre à l'étudiant de se familiariser avec ces techniques et de percevoir leur importance. Les séances de travaux pratiques portent sur la mise au point du travail expérimental pour l'analyse d'un échantillon réel.

| | | |
|------------------|----------------------|--------------|
| 048NECBM2 | Neurosciences | 3 Cr. |
|------------------|----------------------|--------------|

Ce cours s'appuie sur la biologie moléculaire et cellulaire pour explorer comment les gènes, les molécules de signalisation, et les différents types cellulaires influencent le fonctionnement du système nerveux. Cette vision intégrative permet de mieux comprendre les processus qui sous-tendent les comportements, les émotions et la cognition des animaux et des humains.

L'introduction de cette UE présente les différents modèles animaux et techniques expérimentales utilisés en neurosciences et rappelle les notions anatomique et physiologique de base au niveau du neurone, de la synapse et de la névroglie. Une deuxième partie, consacrée à l'électrophysiologie, détaille les canaux ioniques intervenant dans les potentiels membranaires et les caractéristiques électrophysiologiques de la transmission synaptique. Concernant

les fonctions cérébrales complexes, le cours abordera essentiellement la sensation nociceptive, le développement de la sexualité ainsi que l'apprentissage et la mémoire. Cela étant toujours dans la même perspective intégrative : du gène au comportement. Finalement, la dernière partie du cours développe les maladies neurodégénératives les plus communes tout en évoquant les réponses neuro-inflammatoires, la réparation neuronale, la neurogenèse et les actualités thérapeutiques sur les cellules souches neuronales.

| | | |
|------------------|---|--------------|
| 048PVPTM2 | Préparation à la vie professionnelle | 4 Cr. |
|------------------|---|--------------|

Cette unité d'enseignement vise à offrir aux étudiants une première expérience dans un laboratoire de recherche. Dans le cadre d'un stage de courte durée, les étudiants sont amenés à participer activement à un projet de recherche sous la supervision d'un chercheur expérimenté. Ils effectuent une recherche exhaustive de la littérature inhérente au projet auquel ils participent, planifient et exécutent au moins une expérience et analysent et interprètent les résultats obtenus. À la fin du stage, les étudiants rédigent un rapport synthétique de leur travail et présentent et discutent les résultats qu'ils ont obtenus ainsi que leurs perspectives au cours d'une soutenance orale devant un jury composé d'enseignants-chercheurs. Cette UE permet le renforcement des compétences en résolution de problèmes, en analyse critique et en communication scientifique, essentielles pour une carrière réussie dans le domaine de la recherche scientifique.

| | | |
|------------------|---------------------------|--------------|
| 048PRMTM2 | Project Management | 4 Cr. |
|------------------|---------------------------|--------------|

This course is designed to equip students with the skills and knowledge necessary to effectively plan, execute, and manage projects across various disciplines. Through a combination of theoretical concepts and practical applications, students will learn how to navigate the complexities of project management, from start to finish.

| | | |
|------------------|---------------------------------------|--------------|
| 048PRMTM2 | Genome Assembly and Annotation | 1 Cr. |
|------------------|---------------------------------------|--------------|

This course aims to introduce the students to various genome analysis tools and applications, with a focus on genome assembly and annotation. Students will be invited to a hands-on application of, first, de novo genome assembly using Galaxy Tools, and second, genome annotation. Students will apply bioinformatic tools to annotate DNA sequences, interpret the resulting GenBank format, and analyze the detected proteins through database similarity searches, alignments and phylogenetic tree inference.

| | | |
|------------------|-------------------------------------|--------------|
| 048BSCBM3 | Bio-informatique structurale | 3 Cr. |
|------------------|-------------------------------------|--------------|

Du fait des nouvelles approches de séquençage à haut débit, le nombre de séquences protéiques disponibles dans les bases de données dépasse actuellement le nombre vertigineux de 109 séquences. Ces séquences impliquées dans des fonctions biologiques variées sont annotées par analogie et donc le plus souvent peu caractérisées.

Lors de ce cours, nous verrons comment dans un premier temps, il convient de bien connaître les séquences primaires et comment accéder aux bases de données majeures. La différence entre bio-informatique (bioinformatics) et biologie computationnelle (computational biology) sera mise en avant. Des exemples d'alignements de séquences et d'outils d'analyse seront proposés.

La fonction des protéines est portée directement par leurs structures tridimensionnelles qui permettent d'appréhender le mécanisme de ces dites fonctions. Malheureusement, du fait d'un coup élevé et de difficultés techniques qui ne sont pas à négliger, le nombre de structures 3D (<http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>) n'était que de 175 602 au 2 octobre 2020. Aussi l'utilisation de la bio-informatique permet de (parfois) passer de la seule séquence en acides aminés à la proposition de modèles structuraux 3D utilisables pour faire avancer la recherche fondamentale ou appliquée. Aussi, dans un second temps, nous appréhenderons les données structurales disponibles. Ensuite, nous verrons comment suivant la difficulté de la recherche, il est possible de faire (i) de la modélisation comparative (par homologie), (ii) des techniques d'apprentissage, (iii) les approches ab initio et (iv) les approches de novo ou méta-serveurs.

L'ensemble de ces questions sera illustré d'exemples tirés de la littérature et de mes propres recherches. Les étudiants ont deux séances de travaux pratiques qui leur permettent (i) de bien prendre en main la recherche de séquences ayant des similitudes de séquences entre elles, et (ii) l'utilisation d'outil online permettant la proposition de modèles structuraux de qualité et leurs évaluations.

| | | |
|------------------|---|--------------|
| 048BATCM3 | Bio-informatique pour l'analyse du transcriptome | 3 Cr. |
|------------------|---|--------------|

Approches de séquençage haut débit – Approches de transcriptomique spatiale et en bulk - Structure et analyse du génome – Expression des gènes et régulation transcriptionnelle - Programmation avec R - Développement de chaînes de traitement avec Galaxy.

| | | |
|------------------|---|--------------|
| 048BCCBM3 | Biologie intégrative : peptidomique, protéomique, lipidomique et métabolomique | 3 Cr. |
|------------------|---|--------------|

Ce module vise à mobiliser des connaissances acquises en biologie pour résoudre des problèmes de physiopathologie humaine. Il s'appuie sur des concepts fondamentaux de biologie cellulaire, de biochimie et de physiologie en considérant la cellule eucaryote et son environnement dans une perspective « géopolitique », c'est à dire en analysant les alternatives d'une cellule ou d'une population cellulaire placée dans un environnement hostile. Cette approche permet de revenir sur les notions théoriques acquises au cours des études précédentes pour les revisiter de manière dynamique et appliquée à une problématique physiopathologique. Ce cours explore également les différentes approches « -omiques » utilisées de manière complémentaire pour obtenir une vision holistique des processus biologiques. L'objectif est de permettre aux étudiants de comprendre comment ces approches contribuent à la recherche biomédicale, à la médecine personnalisée et à la compréhension des maladies.

| | | |
|------------------|------------------------------|--------------|
| 048COCBM3 | Computational Biology | 2 Cr. |
|------------------|------------------------------|--------------|

Computational analysis of cis-regulatory regions + Tutorial suite logicielle RSAT, Impact of DNA methylation on transcriptional regulation networks + Demos logiciels, Logical modelling of cellular regulatory networks + Tutorial suite logicielle GINsim, from molecular data to models for personalized cancer treatments.

| | | |
|------------------|---|--------------|
| 048CCCBM3 | Culture des cellules animales, cellules souches et ingénierie tissulaire | 2 Cr. |
|------------------|---|--------------|

Ce cours explore la théorie et les diverses techniques de culture cellulaire, couvrant la culture de cellules normales, de lignées cellulaires, de cellules immortelles spontanées, et de cellules immortalisées par génie génétique, tout en abordant les différents types de cellules souches. Il aborde également les bonnes pratiques pour l'isolement et la culture des cellules animale, ainsi que les exigences spécifiques de culture pour chaque type de cellules. De plus, la mise en coculture de différents types de cellules, les cultures en 3D et leur exploration dans diverses applications médicales sont expliqués.

| | | |
|------------------|--------------------------|--------------|
| 048DNAMM3 | DNA Metabarcoding | 3 Cr. |
|------------------|--------------------------|--------------|

Le metabarcoding est une méthode rapide d'évaluation de la biodiversité qui combine deux technologies : l'identification basée sur l'ADN et le séquençage d'ADN à haut débit. Il aide à évaluer la biodiversité à partir de l'ADN environnemental (ADNe, obtenu à partir des sédiments, des sols, de l'eau, etc.). Il a un large éventail d'applications : surveillance de la biodiversité, évaluation du régime alimentaire des animaux, reconstruction des paléo-communautés, etc.

Le metabarcodage de l'ADN nécessite des compétences en bio-informatique et en biostatistiques pour analyser les résultats du séquençage.

Ce cours fournira aux étudiants les connaissances de base et les compétences nécessaires pour appliquer l'approche de metabarcoding à l'ADNe. Il comprendra des informations sur l'échantillonnage sur le terrain et les expérimentations au laboratoire. Les applications sur l'ADN sédimentaire, les analyses du régime alimentaire, les études du paléo-ADN, la métagénomique des communautés microbiennes seront discutées. Ce cours fournira également un aperçu de l'état de la technologie actuelle et des différentes plates-formes utilisées. Le programme de cours comprend des conférences et des analyses de données pour fournir aux étudiants une compréhension approfondie de l'utilisation de l'ADNe dans l'écologie moléculaire.

| | | |
|------------------|---|--------------|
| 048NGCBM3 | Étude du génome, de l'épigénome et du transcriptome par des approches à haut débit | 3 Cr. |
|------------------|---|--------------|

Approches de séquençage haut débit – Approches cellules uniques- Structure et analyse du génome et de l'épigénome – Expression des gènes et régulation transcriptionnelles.

| | | |
|------------------|--------------------------|--------------|
| 048GHCBM3 | Génétique humaine | 2 Cr. |
|------------------|--------------------------|--------------|

Ce cours permet d'aborder les bases fondamentales de génétique humaine, en s'appuyant sur différents exemples de pathologies humaines.

| | | |
|-------------------|-----------------------|--------------|
| 048 MGCBM3 | Genome Editing | 2 Cr. |
|-------------------|-----------------------|--------------|

The aim of this course is to provide an overview of the genome editing techniques with a special focus on the CRISPR Cas9 method that is revolutionizing our way of modifying the genome. There will be a hands-on session so that students will be able to design their own experiments using different web tools.

| | | |
|------------------|--|--------------|
| 048RICBM3 | Récepteurs de l'immunité innée et transduction des signaux immunologiques | 1 Cr. |
|------------------|--|--------------|

Le cours s'intéresse aux mécanismes d'activation du système immunitaire inné qui, par ailleurs, permet l'activation et l'orientation de la réponse immunitaire adaptative chez les vertébrés. Les différentes familles de récepteurs ainsi que leurs ligands respectifs, les voies de signalisations qu'ils activent et les mécanismes effecteurs qu'ils induisent sont exposés. L'implication de ces mécanismes de détection et de signalisations dans les pathologies humaines ainsi que dans le développement de nouvelles stratégies thérapeutiques sont également discutés.

| | | |
|------------------|--|--------------|
| 048IPCBM3 | Ingénierie des protéines et analyse des protéomes | 2 Cr. |
|------------------|--|--------------|

L'enseignement vise, d'une part, à aborder des notions modernes de « druggable génome/protéome » et insiste en parallèle sur des exemples enzymatiques de « drug target ». Ont été étudiés en particulier deux exemples de découverte et de mise au point de médicaments visant des enzymes (ACE et PDE5).

À l'échelle du génome humain, un nombre limité de gènes permet la synthèse de systèmes enzymatiques de métabolisation de composés xénobiotiques. La description des systèmes de phase 1, 2 et 3 du métabolisme des xénobiotiques et leur fonctionnement permet de comprendre comment ces systèmes font face à la très grande diversité chimique de l'ensemble de ces molécules qui constituent l'exposome.

Ces éléments permettent d'appréhender les facteurs susceptibles d'impacter la toxicité des xénobiotiques et/ou l'efficacité des traitements médicamenteux sur des bases individuelles. Des notions de pharmacogénomique des enzymes du métabolisme des xénobiotiques (EMX) liée à des polymorphismes génétiques ou des mécanismes de régulation de l'expression ou de l'activité de ces systèmes seront développées. Ces mécanismes couvriront notamment la description de différents facteurs de transcription impliqués dans la régulation de ces gènes en réponse à des facteurs environnementaux et permettant une réponse adaptative face à de telles expositions.

Des enseignements inversés permettent aux étudiants de présenter sous forme de séminaire-discussion des exemples récents de cibles thérapeutiques enzymatiques ont également eu lieu. Ces séminaires permettent, entre autres, aux étudiants de se familiariser à la communication et l'échange scientifique.

| | | |
|------------------|---|--------------|
| 048MFCBM3 | Molecular Applications for Forensic Sciences | 2 Cr. |
|------------------|---|--------------|


This course highlights the importance of genetic testing using DNA and its wide applicability to the field of forensics. It tackles using DNA for: identifying suspects and confirmation of guilt, exculpation of innocent parties; linking crimes and helping in uncovering serial killers; researching biological filiation, establishing consanguinity in more complex cases, identifying victims of terrorist attacks or natural catastrophes, etc.

| | | |
|------------------|--------------------------------------|--------------|
| 048RGCBM3 | Regulation of Gene Expression | 2 Cr. |
|------------------|--------------------------------------|--------------|

With this course, students will acquire extensive knowledge in the field of gene expression regulation and will essentially discuss the mechanisms underlying epigenetics, transcriptional and post transcriptional modes of gene expression regulation. This course also allows students to become familiar with the key elements of protein-protein interactions. These play a key role in regulating the activity of several cellular proteins. This course illustrates the different motifs of protein-protein interactions with a special focus on the methods used for their identification. HIV integrase that catalyzes the integration of viral DNA into the genome of the infected cell will be used as a model to explain these molecular interactions.

| | | |
|------------------|--|--------------|
| 048SASBM3 | Séminaires sur les actualités de la recherche en biologie | 1 Cr. |
|------------------|--|--------------|

Le Master en GPF vise une formation approfondie par et pour la recherche scientifique. De ce fait, les séminaires sur les actualités de la recherche en biologie présentent un intérêt particulier pour le développement des



compétences visées par le programme d'enseignement. Ainsi, ces séminaires permettent une interaction directe entre les étudiants et des chercheurs de différents secteurs de la biologie/ biochimie qui exposent leurs projets de recherche et en discutent les résultats. Les séminaires sont suivis de séances de débat animées qui favorisent le questionnement des étudiants ainsi que leurs initiation aux difficultés rencontrées au cours d'un travail de recherche. La panoplie des stratégies de recherche exposée, ainsi que les différentes technologies discutées permettent le développement des compétences requises pour mieux réfléchir et appliquer un projet de recherche.

| | | |
|------------------|--------------------------------------|--------------|
| 048SGCBM3 | Statistique pour la génomique | 1 Cr. |
|------------------|--------------------------------------|--------------|

Ce cours propose une introduction aux distributions de probabilités continues et à leur utilisation dans le contexte de la génomique. Après une révision des notions fondamentales de probabilités et de statistiques, les étudiants apprendront à utiliser des tests statistiques tels que le T-test de Student et l'ANOVA à un facteur, ainsi que l'ANOVA à deux facteurs, si le temps le permet. Le cours se conclura par une partie pratique où les étudiants analyseront des données protéomiques issues de cancers (du sein et du glioblastome) disponibles dans la base TCGA.

| | | |
|------------------|-------------------------------|--------------|
| 048PFETM4 | Projet de fin d'études | 2 Cr. |
|------------------|-------------------------------|--------------|

Cette UE consiste en un stage de 4 à 7 mois en industrie ou en laboratoire de recherche. À la fin de ce stage, l'étudiant rédigera un rapport détaillé sur le travail effectué et le soutiendra devant un jury composé d'enseignants du Master et de représentants du monde professionnel.

