

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie



Programme des Enseignements Cycle Ingéniorat en Biotechnologie



Sommaire

| | |
|--|----|
| Rapport de présentation..... | 3 |
| Programmes Semestre 1 (S5 ingéniorat)..... | 12 |
| Programmes Semestre 2 (S6 ingéniorat)..... | 28 |
| Programmes Semestre 3 (S7 ingéniorat)..... | 47 |
| Programmes Semestre 4 (S8 ingéniorat)..... | 61 |
| Programmes Semestre 5 (S9 ingéniorat)..... | 77 |
| Programmes Semestre 6 (S10 ingéniorat)..... | 82 |
| Annexe 1 : Programme « Classe préparatoire intégrée »..... | 88 |
| Annexe 2 : Architecture de la formation globale..... | 91 |



Programme d'enseignement du cycle ingénieur

Préambule.

L'Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie a été créée par le décret N°11-399 du 28/11/2011, son Directeur a été nommé en Septembre 2012. Elle a effectué sa première rentrée en Septembre 2014 en accueillant 212 étudiants avec une moyenne minimale de 14,33/20.

En 2013, l'ENSB a proposé au MESRS un projet d'établissement de 5 ans (2014-2019, copie ci-jointe), centré sur un projet pédagogique d'une formation d'« ingénieurs en Biotechnologie » de 5 ans comprenant une classe préparatoire intégrée de 2 ans (annexe 1), suivie d'un cycle ingénieur complémentaire de 3 ans. Parallèlement, sont prévus des Masters de spécialité professionnalisants et permettant l'obtention d'un double diplôme (Ingénieur/Master). Ils donnent aussi une interface au système LMD. La « prépa intégrée » de l'ENSB est motivée par l'absence d'une classe préparatoire au programme adapté à ses formations. Sachant que la « prépa SNV », déjà en place, est de programme inadéquat car défini avant la création de l'ENSB qui ne figurait donc pas parmi ses débouchés.

En première phase, le programme de la classe préparatoire de l'ENSB a été agréé et il fonctionne convenablement pour sa deuxième année. Son contenu est essentiellement consacré aux enseignements de base en sciences fondamentales, principalement Biosciences et Sciences exactes, considérées indispensables à l'accès au cycle ingénieur dont le programme est complémentaire. Les élèves-ingénieurs reçus en année 2014/2015 et qui auront validé leur cursus préparatoire arrivent à l'échéance de candidature au concours d'accès en cycle ingénieur prévu en Juin 2016.

Le présent document propose, en 2^{ème} phase donc, le programme de formation du cycle ingénieur de l'ENSB. Une 3^{ème} phase complètera l'architecture globale du plan de formation de l'Ecole. Elle concernera les programmes des Masters dont la mise en place est prévue pour l'année 2017-2018, avec un déroulement étalé sur les 4^{ème} et 5^{ème} années d'ingénieur (2017-2018, 2018-2019).

Objectifs de formation

L'objectif majeur de la formation d'ingénieurs en biotechnologie de l'ENSB est de donner à ses candidats un ensemble cohérent de connaissances, complémentaires et actuelles dans les multiples applications des sciences du vivant. Ce qui implique la maîtrise de compétences en sciences fondamentales et en techniques de l'ingénieur nécessaires à la mise en œuvre de méthodes, de procédés, de substrats, de produits ou de modèles ayant pour support : des organismes vivants, des tissus ou des cellules vivantes, des molécules biologiques bioactives.

Le cursus d'ingénieur proposé consacre une part majeure à un enseignement technologique, dans ses aspects théoriques et appliqués les plus avancés. Il est envisagé en une formation de praticiens véritablement opérationnels en milieu professionnel. Milieu sur lequel l'ENSB est résolument ouverte dans le cadre d'un partenariat synergique et pérenne entre la formation, la recherche-développement et l'industrie.

Cet objectif devrait être assuré par une solide base de formation scientifique et technologique, garante de capacités d'évolution et d'assimilation des nouvelles technologies et de l'acquisition de savoir-faire permettant d'être rapidement opérationnel. Dans ce cadre, un des principes pédagogiques fondamentaux de l'ENSB est sa projection clairement professionnalisante et sa démarche permanente d'incitation de l'étudiant, tout au long de son cursus universitaire, à l'ouverture sur la problématique concrète de son milieu professionnel, par l'intégration de l'ensemble de ses données objectives : scientifiques, techniques, socio-économiques...

Cette option fondamentale devrait être favorisée par plusieurs facteurs objectifs : la nature des programmes avec l'importance donnée à leurs aspects appliqués, la qualité de l'encadrement scientifique, les installations scientifiques et technologiques envisagées, la densité des relations établies avec le secteur économique concerné et ses besoins considérables de maîtrise et de transferts technologiques, d'encadrement et de services.

Les enseignements de biotechnologie dispensés par l'ENSB permettront à ses ingénieurs la mise en œuvre convenable de multiples applications professionnelles : la production et la transformation, les services, la modélisation, la recherche-développement. Leurs domaines privilégiés d'exercice professionnel sont :

- L'industrie : industrie agroalimentaire, bioindustrie, industrie pharmaceutique et industrie parapharmaceutique, industrie chimique ;
- L'agriculture : productions végétales, productions animales, biocarburants ;
- L'environnement : traitement des déchets et effluents domestiques et industriels, valorisation de la biomasse ;
- La santé : thérapies et vaccins de nature biotechnologique, biomatériaux, valorisation des bioressources nationales à projection thérapeutique...

Profil pédagogique général

Le programme du cycle ingénieur s'appuie sur le socle du cursus du cycle préparatoire dont il est un complément structurel. La formation globale étant projetée en une formation unitaire et intégrée, dans la logique des cursus d'ingénieur à prépa intégrée conçus sur 5 ans de formation (annexe 2). L'essentiel du programme est consacré aux enseignements des sciences de l'ingénieur, appliquées aux biotechnologies. Elles sont soutenues par un complément d'enseignements de sciences fondamentales, relativement réduit mais considéré d'un apport indispensable aux connaissances acquises en cycle préparatoire et à l'intégration convenable des enseignements techniques et technologiques de l'ingénieur. Des enseignements annexes, qualifiés de « sciences complémentaires » par rapport aux sciences fondamentales et aux sciences de l'ingénieur, sont également prévus afin de permettre à l'ingénieur une perception objective et globale de son contexte professionnel, par la maîtrise des principes de base de sciences diverses : culture et fonctionnement socio-économique et commercial de l'entreprise, langues, expression et communication...

Les enseignements sont programmés en cours, TD et TP. Avec un avantage horaire objectivement consacré aux TP, alternativement organisés en laboratoires et/ou en halls de technologie. La charge horaire semestrielle est en moyenne de 450h la première année, soit une trentaine d'heures hebdomadaires. Cette charge est réduite à 420h en 2^{ème} année et à moins de 400h en 3^{ème} année, afin de dégager des créneaux horaires permettant la mise en place parallèle des Masters. Il est à noter que le dernier semestre d'enseignement (S9) comporte une douzaine d'ateliers technologiques parmi lesquels l'étudiant aura le choix de suivre trois d'entre eux, en concertation avec les responsables pédagogiques pour en assurer la cohérence.

Durant chacune des trois années du cycle ingénieur, un stage est programmé en milieu professionnel, avec des objectifs adaptés au niveau de formation de l'étudiant. Le dernier stage, programmé en S6, sert de support au projet de fin d'étude de l'élève-ingénieur et ne devrait pas durer moins de trois mois effectifs.

Débouchés professionnels

Les ingénieurs en Biotechnologie formés à l'ENSB reçoivent une formation conçue pour leur permettre un exercice performant et une rapide adaptation aux multiples fonctions de tous les secteurs d'application et de recherche des Biotechnologies :

- Ingénieur de production ;
- Ingénieur de contrôle qualité ;
- Ingénieur de laboratoire ;
- Ingénieur de recherche-développement ;
- Ingénieur technico-commercial ;
- Ingénieur projet ;
- Ingénieur conseil...

Ces débouchés ne cessent de s'étendre dans les secteurs publics et privés car très largement portés par l'innovation très importante dans les bioprocédés, les substrats et les produits, les services et la recherche-développement.

La Biotechnologie offre également de grandes opportunités aux ingénieurs promoteurs de projets privés, personnels ou de groupe sous la forme de Start up, dans : la production, les services ou la recherche-développement, en particulier dans les domaines suivants :

- Pharmacie, Parapharmacie, Cosmétologie ;
 - Bio-ingénierie et instrumentation médicales ;
 - Bioindustries et Industries agro-alimentaires ;
 - Industries chimiques et Industries connexes ;
 - Environnement, Bioénergies, Traitements des déchets et effluents domestiques et industriels, Valorisation de la biomasse ;
 - Productions animales, productions végétales ;
 - Services : Représentation technico-commerciale, Analyses et Contrôles, Normalisation et Assurance-qualité, Assistance-Conseil, Assistance technique, Conception et management de projets, Veille technologique, Veille réglementaire...
-

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie



Architecture globale
Cycle Ingéniorat en Biotechnologie

Programme de 1^{ère} année du cycle Ingéniorat : Semestres 1 et 2

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|-------|-----|----|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 1 (1 ^{ère} année second cycle / 3 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 1 | - Physiologie végétale | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 3 |
| | - Physiologie des grandes fonctions | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 3 |
| UE-SF 2 | - Enzymologie | 21h | 12h | 12h | 45h | 3 | 3 |
| | - Protéomique | 15h | 6h | 9h | 30h | 2 | 2 |
| | - Biochimie & Physiologie microbienne | 21h | 6h | 18h | 45h | 3 | 3 |
| UE-SI 1 | - Génie des procédés | 30h | 15h | 45h | 90h | 6 | 7 |
| UE-SI 2 | - Biostatistiques | 21h | 24h | - | 45h | 3 | 3 |
| | - Méthodes numériques | 21h | 12h | 12h | 45h | 2 | 3 |
| UE-SC1 | - Notions d'économie de l'entreprise | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Gestion de projets | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 1 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | 450h | | 30 | |
| Semestre 2 (1 ^{ère} année second cycle / 3 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 3 | - Nutrition | 21h | - | - | 21h | 2 | 1 |
| | - Environnement & Pollution | 21h | - | - | 21h | 2 | 1 |
| | - Microorganismes producteurs de molécules d'intérêt | 21h | - | 9h | 30h | 3 | 2 |
| UE-SF 4 | - Biosignalisation & Culture cellulaire | 30h | - | 15h | 45h | 3 | 3 |
| | - Génomique et post-génomique | 21h | 9h | - | 30h | 2 | 2 |
| UE-SF 5 | - Bioinformatique 1 | 30h | - | 30h | 60h | 3 | 4 |
| | - Traitement du signal | 30h | 15h | 15h | 60h | 2 | 2 |
| | - Optimisation & Planifications expérimentale | 21h | 9h | - | 30h | 2 | 2 |
| UE-SI 3 | - Bioprocédés | 30h | 6h | 39h | 75h | 5 | 5 |
| | - Electronique, Régulation & automatisme | 21h | 6h | 18h | 45h | 2 | 2 |
| UE-SC2 | - Hygiène & Sécurité du travail | 9h | - | - | 9h | 1 | 1 |
| | - Anglais 2 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Projet personnel / Stage de 15 jours en immersion professionnelle (niveau 1) | | | | | | | 3 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | 456 h | | 30 | |

Programme de 2^{ème} année du cycle Ingéniorat : Semestres 3 et 4

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|-----|------|--------------|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 3 (2 ^{ème} année second cycle / 4 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 6 | - Biologie moléculaire & Génomes des plantes | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 2 |
| | - Technologies de biologie cellulaire | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 3 |
| UE-SI 4 | - Microbiologie industrielle | 21h | 24h | 45h | 90h | 5 | 6 |
| | - Génie enzymatique | 21h | 15h | 24h | 60h | 3 | 4 |
| | - Mycologie appliquée | 15h | - | 15h | 30h | 2 | 2 |
| UE-SI 5 | - Bioinformatique 2 | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 4 |
| | - Traitement d'images | 30h | 15h | 15h | 60h | 2 | 2 |
| UE-SC3 | - Assurance qualité | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 3 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Stage en milieu professionnel (niveau 2) | | | | | | 3-4 semaines | |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 420h | | 30 |
| Semestre 4 (2 ^{ème} année second cycle / 4 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 7 | - Virologie | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Pharmacologie/Toxicologie | 21h | 6h | 18h | 45h | 2 | 3 |
| UE-SF 8 | - Technologies de biologie moléculaire | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 3 |
| | - Méthodes d'analyses | 21h | 9h | 30h | 60h | 3 | 3 |
| UE-SI 6 | - Biotechnologies biomédicales & Pharmaceutiques | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Biotechnologies de l'Environnement | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| UE-SI 7 | - Bioconversions | 21h | 9h | 30h | 60h | 4 | 4 |
| | - Modélisation & Simulation des systèmes Biologiques | 36h | - | 24h | 60h | 3 | 4 |
| UE-SC4 | - Bioéthique | 9h | - | - | 9h | 1 | 1 |
| | - Anglais 4 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Projet tutoré | | | | | 20h | | 5 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 411h | | 30 |

Programme de 3^{ème} année du cycle Ingéniorat : Semestres 5 et 6

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|------|------|------|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 5 (3 ^{ème} année second cycle / 5 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| <u>UE-SI 8</u> | - Biotechnologies végétales | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Biotechnologies animales | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| <u>UE-SI 9</u> | - Ateliers de bioengineering | - | - | 180h | 180h | 6 | 18 |
| <u>UE-I10</u> | - Séparation industrielle des Biomolécules | 35h | - | 40h | 75h | 4 | 4 |
| <u>UE-SC5</u> | - Validation des procédés | 15h | - | - | 15h | 2 | 2 |
| | - Bonnes pratiques de fabrication | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 5 | 12h | 18h | | 30h | 1 | 1 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | | 357h | 30 |
| Semestre 6 (3 ^{ème} année second cycle / 5 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| Projet de Fin d'Etudes | | | | | | | 30 |

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie



Programmes détaillés des Enseignements Cycle Ingéniorat en Biotechnologie

Programme de 1^{ère} année du cycle Ingéniorat : Semestres 1 et 2

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|-------|-----|----|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 1 (1 ^{ère} année second cycle / 3 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 1 | - Physiologie végétale | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 3 |
| | - Physiologie des grandes fonctions | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 3 |
| UE-SF 2 | - Enzymologie | 21h | 12h | 12h | 45h | 3 | 3 |
| | - Protéomique | 15h | 6h | 9h | 30h | 2 | 2 |
| | - Biochimie & Physiologie microbienne | 21h | 6h | 18h | 45h | 3 | 3 |
| UE-SI 1 | - Génie des procédés | 30h | 15h | 45h | 90h | 5 | 6 |
| UE-SI 2 | - Biostatistiques | 21h | 24h | - | 45h | 3 | 3 |
| | - Méthodes numériques | 21h | 12h | 12h | 45h | 2 | 3 |
| UE-SC1 | - Notions d'économie de l'entreprise | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Gestion de projets | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 1 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | 450h | | 30 | |
| Semestre 2 (1 ^{ère} année second cycle / 3 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 3 | - Nutrition | 21h | - | - | 21h | 2 | 1 |
| | - Environnement & Pollution | 21h | - | - | 21h | 2 | 1 |
| | - Microorganismes producteurs de molécules d'intérêt | 21h | - | 9h | 30h | 3 | 2 |
| UE-SF 4 | - Biosignalisation & culture cellulaire | 30h | - | 15h | 45h | 3 | 3 |
| | - Génomique et post-génomique | 21h | 9h | - | 30h | 2 | 2 |
| UE-SF 5 | - Bioinformatique 1 | 30h | - | 30h | 60h | 3 | 4 |
| | - Traitement du signal | 30h | 15h | 15h | 60h | 2 | 2 |
| | - Optimisation & Planification expérimentale | 21h | 9h | - | 30h | 2 | 2 |
| UE-SI 3 | - Bioprocédés | 30h | 6h | 39h | 75h | 5 | 5 |
| | - Electronique, Régulation & automatisme | 21h | 6h | 18h | 45h | 2 | 2 |
| UE-SC2 | - Hygiène & Sécurité du travail | 9h | - | - | 9h | 1 | 1 |
| | - Anglais 2 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Projet personnel / Stage de 15 jours en immersion professionnelle (niveau 1) | | | | | | | 3 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | 456 h | | 30 | |

Programme de 1^{ère} année du cycle Ingéniorat : Semestre 1

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|---------------------------------------|--------------------------|-----|-----|------|----|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 1 (1 ^{ère} année second cycle / 3 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| <u>UE-SF 1</u> | - Physiologie végétale | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 3 |
| | - Physiologie des grandes fonctions | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 3 |
| <u>UE-SF 2</u> | - Enzymologie | 21h | 12h | 12h | 45h | 3 | 3 |
| | - Protéomique | 15h | 6h | 9h | 30h | 2 | 2 |
| | - Biochimie & Physiologie microbienne | 21h | 6h | 18h | 45h | 3 | 3 |
| <u>UE-SI 1</u> | - Génie des procédés | 30h | 15h | 45h | 90h | 6 | 7 |
| <u>UE-SI 2</u> | - Biostatistiques | 21h | 24h | - | 45h | 3 | 3 |
| | - Méthodes numériques | 21h | 12h | 12h | 45h | 2 | 3 |
| <u>UE-SC1</u> | - Notions d'économie de l'entreprise | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Gestion de projets | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 1 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 450h | 30 | |

UE-SF 1 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Physiologie végétale

Objectifs : L'enseignement a pour objectifs majeurs :

- L'étude des fonctions vitales de la plante ;
- L'étude des méthodes de mesure de la nature et de l'intensité de ses activités ;
- L'étude de l'influence des facteurs de l'environnement sur ses différentes fonctions ;
- L'étude des réponses de la plante aux facteurs du milieu ;
- L'étude de l'influence des facteurs endogènes de la plante sur l'intensité de ses différentes fonctions : Etat hydrique et nutritionnel, Facteurs hormonaux, Contrôle génétique.

Pré-requis recommandés : Biologie végétale, Biochimie structurale, Biochimie métabolique.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours 30h, TP (15h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. INTRODUCTION GENERALE A LA PHYSIOLOGIE VEGETALE

2. NUTRITION DE LA PLANTE

- Nutrition et régulation hydrique.
- Nutrition carbonée, minérale et azotée.
- Détermination des besoins nutritionnels des végétaux, éléments essentiels.

3. METABOLISME DE LA PLANTE

- Photosynthèse et respiration ;
- Métabolisme des lipides et les métabolites secondaires (alcaloïdes, flavonoïdes).

4. CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT DE LA PLANTE

- Croissance : Caractéristiques de la croissance, Régulateurs de croissance, dormance, floraison ;
- Différenciation, organogenèse et morphogenèse : Développement des semences et différenciation, Capacités organogènes des végétaux, Développement reproductif.

5. PHYSIOLOGIE DE L'INTERACTION CHEZ LES PLANTES

- Les interactions plantes-symbiotes.
- Les interactions plantes- parasites.

6. DE LA PHYSIOLOGIE A LA BIOTECHNOLOGIE VEGETALE : Introduction aux biotechnologies végétales, Aperçu de diverses biotechnologies, Applications actuelles et perspectives des biotechnologies végétales

TRAVAUX PRATIQUES

- Etude de semences et de leur germination.
- Mesure de la succion (potentiel hydrique) d'un tissu végétal.
- Mesure de l'évapotranspiration en réponse à différents facteurs de l'environnement

(Lumière - Température).

- Extraction, Dosages et séparation des pigments chlorophylliens (Chromatographie sur papier des pigments photosynthétiques).
- Mesure des différents paramètres de croissance / un facteur du milieu (nutritionnel).
- Effet des Régulateurs de croissance (GA3): l'effet de l'application de doses croissantes de gibbérellines (GA3) sur la croissance de plantules.

UE-SF 1 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Physiologie des grandes fonctions

Objectifs : L'objectif majeur de cet enseignement est de donner aux élèves-ingénieurs une vision globale mais précise des fonctions physiologiques majeures de l'organisme humain. Dans un contexte intégré et régulé en fonction des besoins physiologiques et de l'environnement. Ces connaissances sont indispensables à une bonne perception des applications actuelles et prospectives de l'ensemble des biotechnologies. En particulier des biotechnologies biomédicales et pharmaceutiques.

Pré-requis recommandés : Biologie animale, Physiologie animale, Biologie cellulaire, Histologie.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (30h), TP (15h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. LE MILIEU INTERIEUR

- Les compartiments liquidiens de l'organisme ;
- Notions d'hématologie : Sang, Hématopoïèse et hémostase, Equilibre acido-basique, Notion d'homéostasie.

2. PHYSIOLOGIE DE LA DIGESTION

- Organisation et structure générale et fonctionnelle du tractus digestif ;
- Activités physiques, chimiques et enzymatiques ;
- Transformation et évolution des aliments ;
- Caractère et rôle du microbiote digestif ;
- Rôle du Foie et du Pancréas.

3. PHYSIOLOGIE HEPATIQUE

- Organisation et structure générale et fonctionnelle du foie ;
- Production et fonctions de la bile et des pigments et des sels biliaires, Fonctions métaboliques du foie, Rôle de détoxification.

4. NEUROPHYSIOLOGIE

- Eléments de structure et d'anatomie fonctionnelle et principes de fonctionnement du système nerveux central ;
- Eléments de somesthésie : structure et propriétés des récepteurs, codage et transmission de l'information, modulation et adaptation de l'information.

5. PHYSIOLOGIE RENALE

- Organisation et structure générale et fonctionnelle de l'appareil urinaire ;
- Fonction de filtration glomérulaire et régulation vasculaire, Régulation hydrique et osmotique, Régulations minérale (Ca, P) et ionique (acide/base).

6. PHYSIOLOGIE CIRCULATOIRE

- Organisation et structure générale et fonctionnelle du système cardiovasculaire ;
- Régulations du débit sanguin et de la pression artérielle.

7. PHYSIOLOGIE DE LA RESPIRATION

- Organisation et structure générale et fonctionnelle de l'appareil respiratoire ;
- Fonctions et mécanismes de ventilation et de transport des gaz respiratoires, Echanges gazeux alvéolo-capillaires et tissulaires.

8. PHYSIOLOGIE DES REGULATIONS

- Systèmes de régulations : rétroactions, balance hydrique, modélisation cybernétique, communications chimiques et électriques, récepteurs ;
- Communications hormonales : synthèse, sécrétion et transport des hormones, récepteurs, voies de signalisation, exemple de régulation hormonale du diabète.

TRAVAUX PRATIQUES

- Mesure de l'activité musculaire et de la contractilité du muscle lisse et médiateurs du système nerveux végétatif (ex : duodénum de rat).
- Mesure de la glycémie du rat et de ses variations.
- Consommation d'O₂ et dépense énergétique chez l'homme : adaptations respiratoires et circulatoires à l'exercice.
- Rappels sur l'Organisation d'un mammifère (localisation des organes / aux fonctions assurées) et Bonnes pratiques de manipulation animale et éthique (niveaux des douleurs de l'animal).
- Méthodes de prélèvements (sang, ponction médullaire, biopsie) et préparation de sérum et plasma.
- Dosage de l'hémoglobine par spectrophotomètre.
- Mesure de la tension artérielle.
- Prélèvement des glandes endocrines (tyroïde, surrénale, pancréatique).
- Mesure de la clearance urinaire chez le rat.
- Localisation des nerfs sympathiques, enregistrement du potentiel d'action.

UE-SF 2 : Unité d'Enseignement de Sciences fondamentales

Enzymologie

Objectifs : L'objectif de cet enseignement est de situer le rôle fondamental des enzymes dans l'activité métabolique des organismes vivants, dans le cadre de leur sujétion aux lois de la chimie et de la thermodynamique. A l'issue de l'enseignement, l'élève-ingénieur se doit de maîtriser le rôle catalytique spécifique des enzymes, ainsi que les conditions de leur activité, de sa régulation et de son optimisation. De même qu'il devra être en mesure de saisir les différents types de catalyseurs enzymatiques et de comprendre leur nature, de calculer les activités enzymatiques dans un milieu de conditions définies et de déterminer les paramètres cinétiques dans les différentes conditions de la catalyse enzymatique.

Pré-requis recommandés : Biochimie structurale, Biochimie métabolique.

Volume horaire global : 45 h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (12h), TP (12h).

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Introduction

- Historique ;
- Interaction protéine-ligand ;
- Structure des enzymes (monomères, oligomères, isoenzymes, complexes multienzymatiques).

2. Mécanismes de la catalyse enzymatique et ordre chimique des réactions enzymatiques

- Rappels sur l'ordre des réactions ;
- le site actif, méthodes d'étude ;
- Types de mécanismes chimiques des interactions « enzymes-substrat » ;
- Effecteurs de la réaction enzymatique : types d'effecteurs, les inhibiteurs, détermination des paramètres cinétiques, Influence de la température et du pH ;
- Mesure de l'activité enzymatique : activité totale, activité spécifique...

3. Cinétiques de la catalyse enzymatique

- Cinétique michaelienne, paramètres cinétiques d'une enzyme ;
- Cinétique à un substrat ;
- Cinétiques à plusieurs substrats ;
- Détermination des constantes cinétiques à partir de représentations graphiques (Représentation de Lineweaver et Burk et Représentation graphique d'Eadie Hofstee et autres)
- Types d'inhibitions et effets des facteurs du milieu (pH, température);

4. Régulations enzymatiques

- Cinétique et propriétés des enzymes « allostériques », exemple de l'hémoglobine ;
- Propriétés régulatrices, cas de la LDH.

Travaux dirigés :

Principalement orientés sur des exercices portant sur les mécanismes et les cinétiques de la catalyse enzymatique. Le principe de base étant la préparation préalable des exos, hors séances.

UE-SF 2 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Protéomique

Objectifs : Cet enseignement a pour but d'initier les étudiants aux techniques de protéomique et de présenter les différentes techniques de traitement des protéines, ainsi que leurs applications en Biotechnologies, notamment à travers l'identification de biomarqueurs.

Pré-requis recommandés : Biochimie structurale, Biochimie métabolique, Biologie cellulaire, Biologie moléculaire.

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (15h), TD (6h), TP (9 h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Introduction à la protéomique
2. L'électrophorèse bidimensionnelle (2D-PAGE)
 - Extraction ;
 - Electrofocalisation ;
 - Séparation sur un gel SDS ;
 - Révélation.
3. L'électrophorèse bidimensionnelle différentielle (2D-DIGE)
4. Méthodes d'identification
 - La spectrométrie de masse MALDI-TOF ;
 - Séquençage de novo par LC MS/MS.
5. Les enjeux de la protéomique

TRAVAUX PRATIQUES :

- Electrophorèse bidimensionnelle d'un extrait protéique ;
- Coloration, révélation et spotting ;
- Préparation des échantillons pour un séquençage ;
- Séquençage par LC MS/MS.

UE-SF 2 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Biochimie & Physiologie microbiennes

Objectifs : Cet enseignement est principalement consacré au fonctionnement de la cellule microbienne et à la réponse d'adaptation de son métabolisme aux fluctuations de son environnement. Avec une projection de ces activités en biotechnologies, dans leurs implications dans les processus de bioremédiation et biodégradation, de bioingénierie... A l'issue du cours, l'étudiant doit être capable

d'appréhender les principes de la physiologie et du métabolisme microbiens, dans leurs principales voies de régulations connues et les appréhender à la fois dans le cadre des outils classiques du métabolisme et modernes de post-génomique.

Pré-requis recommandés : Microbiologie, Biochimie structural, Biochimie métabolique, Biologie moléculaire.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (6h), TP (18h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Métabolisme microbien

- Rappels : Métabolisme intermédiaire et métabolisme énergétique, Types respiratoires ;
- Fermentations microbiennes, Photosynthèses microbiennes ;
- Applications à l'identification des bactéries et des mycètes ;
- Régulation du métabolisme microbien : Mécanismes de régulation, Mécanismes Moléculaires, Enzymes inductibles, enzymes de conversions ;
- Utilisation, Pénétration et Transports de substrats ;
- Sécrétion de métabolites primaires et secondaires, Application à la production d'antibiotiques ;
- Diversité du métabolisme microbien, intérêt en termes d'applications dans les domaines industriels et environnementaux (équilibres naturels et dépollution) ;
- Sélection et amélioration génétique des souches.
- Applications Pratiques : Les milieux de culture, Obtention d'une culture pure, Critères d'identification phénotypique, identification génomique ;

2. Physiologie microbienne

- Rappels succincts : Reproduction et croissance, Nutrition et types trophiques, Coissance et en Biofilm, rôle physiologique des biofilms ;
- Notions de microbiotes et de microbiomes, Relations de complémentarité et de concurrence vitale, Types de relations entre populations microbiennes, Relations avec la biocénose du milieu, Impact des conditions abiotiques du milieu et de ses variations ;
- Réponses physiologiques adaptatives chez les levures, Physiologie moléculaire chez la levure et les bactéries lactiques, génomique microbienne outils post-génomiques (puces à ADN, protéomique...) ;
- Réponse physiologique des microorganismes aux fluctuations des paramètres physico-chimiques de l'environnement : adaptations thermiques (réponses heat-shock et cold-

shock), Osmorégulation, Adaptation aux environnements extrêmes.

- Les Microorganismes Pathogènes : Infections bactériennes, Infections virales, Mycoses, Parasitoses, Vecteurs et maladies vectorielles ;
- Agents Antimicrobiens : Mode d'Action (agents chimiques, agents physiques), agents chimiothérapeutiques, Antibiotiques ;
- Les micro-organismes d'intérêt industriel, agronomique et environnemental.

Travaux Pratiques

- Identification biochimique et génomique de groupements microbiens majeurs ;
- Techniques de : Criblage de souches, Amélioration de souches, Conservation de souches ;
- Isolement de mutants ts (thermosensibles) et cdc (cell division cycle) chez les micro-organismes ;
- Méthodes de mesure de différents paramètres du métabolisme microbien ;
- Mise en place de protocoles de détermination d'activité enzymatique à partir d'extraits cellulaires.

UE-SI 1 : Unité d'Enseignement de sciences de l'ingénieur

Génie des Procédés

Objectifs : Les enseignements proposés concernent les principes théoriques de base qui cadrent la mécanique des fluides et les transferts de quantité de mouvement, de chaleur et de matière. Transferts majeurs, impliqués dans la plupart des opérations unitaires d'applications les plus courantes en Biotechnologies. La maîtrise de leurs concepts et principes devrait permettre de caractériser les flux et d'établir les bilans d'échanges de chaleur et de masse dans les processus physiques et les installations à gradient de température, de concentration ou de pression. Ce qui devrait permettre de concevoir, calculer et faire fonctionner à l'échelle pilote, l'appareillage dans lequel s'effectuent des transformations biologiques. en utilisant un ensemble d'opérations et permettant de préparer un (ou des) produit(s) à partir de matières disponibles.

Pré-requis recommandés : Thermodynamique, chimie, physique, mathématiques.

Volume horaire : 90h

Semestre d'étude : 1

Nature des enseignements : Cours (30h, TD (15h), TP (45h)

Coefficient : 6

Nombre de Crédits : 7

Contenu

1. Mécanique des fluides

- Notion générales : Notion de fluide, Description Eulérienne, Description Lagrangienne, Ligne de courant, Trajectoire ;
- Hydrostatique, Equation fondamentale de l'hydrostatique, Cas d'un fluide compressible, Poussée d'Archimède-résultante des forces de pression, Calcul des forces de pression sur les parois ;
- Conservation de la masse (équation de continuité) et de quantité de mouvement pour un fluide parfait (équation de Euler, relation de Bernoulli), Notions de pression (statique, motrice, totale, relative) ;
- Théorèmes intégraux de conservation de quantité de mouvement et d'énergie mécanique, Notion de perte de charge, Théorème de Bernoulli généralisé ;
- Mesure des débits : Diaphragme, Venturi, Rotamètre, Compteur, Normes (Afnor, CE) ;
- Equation de Navier-Stokes, Notion d'écoulement établi, Ecoulement de Poiseuille ;
- Ecoulement turbulent ;
- Théorie de similitude ;
- Pertes de charges singulières et pertes de charges réparties ;
- Organes de circulation des fluides : pompes centrifuges, pompes volumétriques, Courbes caractéristiques d'une pompe, Courbe de consommation d'une installation, Point de fonctionnement, NPSH, Charge de la pompe, Dimensionnement de réseau hydraulique.

2. Transfert de matières

- Notions générales : équilibre (potentiel chimique), fraction molaire, concentration, pression partielle ;

- Modes de transfert de masse : diffusion, dispersion, convection, étude comparative ;
- Equations de transfert de masse et conditions limites générales ;
- Phénomènes de diffusion : Notions générales, équation et nomenclature des systèmes de diffusion, Diffusion moléculaire et équations constitutives et générales (lois de Fick, coefficient de diffusion), Diffusion en régime stationnaire : fluides au repos, diffusion en flux laminaires, diffusion dans les solides, Diffusion en régime non stationnaire ;
- Coefficients de transfert, coefficient local et coefficient global ;
- Transfert de matières entre phases : formation et théorie du film, pénétration et renouvellement de surface ;
- Notions générales aux échangeurs de matières, notion d'étage théorique, Efficacité, Assemblage d'étages théoriques à co-courant, croisés et à contre-courant.

3. Transfert de Chaleur

- Notions de base : équilibre thermique, Bilan d'énergie (thermodynamique), continuité du champ de température, Transfert de l'énergie, Transferts thermiques, Mesure de la température, Bilans énergétiques, Coefficients locaux et globaux d'échanges, Résistance thermique ;
- Modes de transfert de chaleur et mécanisme d'échanges de chaleur : convection, radiations, conduction ;
- La conduction : loi de Fourier, Conductivité thermique ;
- Résistance en série, Résistances en parallèle, Résistance équivalente ;
- Transfert de chaleur par convection : écoulement laminaire et turbulent, convection forcée et naturelle (différents cas), coefficient convectif et autres paramètres significatifs ;
- Equations de transfert de chaleur et conditions limites, Applications : pertes thermiques, calorifugeage ; erreurs de mesure de la température d'un gaz, calcul des coefficients d'échanges ;
- Transfert de chaleur en présence d'un changement de phase (liquide-gaz) ;
- Applications au dimensionnement des échangeurs de chaleur ;
- Méthode de la différence moyenne logarithmique des températures (DTLM) ;
- Méthode NUT-Efficacité.

TRAVAUX PRATIQUES

- Régimes d'écoulements : mesure de la viscosité, mesure de la pression et manomètres, mesure de la viscosité et viscosimètres, mesure des débits et débitmètres ;
- Unités et dimensions en mécanique des fluides ;
- Calcul d'un circuit hydraulique ;
- Mesures des pertes de charges singulières et réparties ;
- Différents types d'échangeurs de chaleur : étude comparative, rendements, spécificité.

UE-SI 2 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Biostatistiques

Objectifs : Le programme proposé a pour objectifs l'acquisition de connaissances pour :

- L'utilisation de l'outil statistique dans l'exploitation et le traitement des données ;
- La maîtrise de conception de plans d'expériences, en particulier la détermination du nombre d'unités expérimentales nécessaires à la réalisation d'une expérience (« puissante »), spécifiquement adaptée à un objectif biologique ;
- L'obtention et l'analyse statistiquement des données recueillies ;
- L'interprétation convenable des résultats obtenus pour savoir les communiquer.

Pré-requis recommandés : Mathématiques, informatique et biostatistiques élémentaires

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (24h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Statistique et modélisation
2. Les outils statistiques.
3. Pratique et analyse de l'expérimentation.
4. Problèmes particuliers.
5. Modélisation
6. Les différents types de modèles.
7. Elaboration d'un modèle.
 - Abord méthodique d'un protocole expérimental ;
 - le choix d'un modèle statistique simple représentant au mieux les données ;
 - Maîtriser le choix d'un outil d'aide à la décision (test statistique) en adéquation avec le contexte expérimental.
8. Les prédicateurs.
9. Les mesures expérimentales en biologie
10. Méthodes d'échantillonnages.
11. Les Tests statistiques: Tests paramétriques, Tests non paramétriques
12. Notions générales sur les enquêtes.

Travaux Pratiques

- Initiation à l'utilisation d'un logiciel de statistique : Exemple : Excel, SAS, R ou Statistica.
- Programmation.
- Traitement des données.
- Interprétation.

UE-SI 2 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Méthodes numériques

Objectifs : L'objectif de cette matière est de familiariser les étudiants avec les techniques de l'analyse numériques pour pouvoir les utiliser convenablement dans la formulation et la résolution de problèmes en biotechnologie, avec l'aide l'outil informatique.

Pré-requis recommandés : Algèbre linéaire, calcul différentiel, équations différentielles ordinaires, bases de la programmation informatique.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (12h), TP (12h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Résolution des équations non linéaires $f(x)=0$

- Méthode de bisection, méthode des approximations successives (point fixe) ;
- Méthode de Newton-Raphson.

2. Approximation de fonction

- Méthode d'approximation et moyenne quadratique ;
- Approximation par des polynômes orthogonaux ;
- Approximation trigonométrique.

3. Interpolation

- Polynôme de Lagrange ;
- Polynôme de Newton ;
- Ajustement des courbes par la méthode des moindres carrés.

4. Intégration numérique

- Méthode du trapèze ;
- Méthode de Simpson ;
- Formules de quadrature.

5. Résolution des équations différentielles ordinaires

- Rappel sur les équations différentielles ;
- Méthode d'Euler ;
- Méthode de Runge-Kutta.

6. Méthode de résolution des systèmes d'équations linéaires

- Méthode de Gauss ;
- Méthode de factorisation LU ;
- Méthode de factorisation de Choleski ;
- Méthode de Jacobi ;
- Méthode de Gauss-Seidel.

Travaux pratiques

- Résolution des équations non linéaires ;
- Approximation de fonction ;
- Ajustement des courbes par la méthode des moindres carrés ;
- Résolution des équations différentielles ordinaires.

UE-SC 1 : Unité d'enseignement de Sciences complémentaires

Notions d'économie de l'entreprise

Objectifs : Cet enseignement a pour objectif de donner un aperçu global de la gestion d'entreprise dans ses différents domaines d'activités.

Pré-requis recommandés : Culture générale, connaissances en mathématiques.

Volume horaire global : 15h

Nature des enseignements : Cours (15h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Introduction à la gestion de l'entreprise
 - Définition, structure organisationnelle et mission de l'entreprise ;
 - Stratégie de fonctionnement et de développement de l'entreprise ;
 - Notion de marché ;
 - Gestion matières et gestion de stocks ;
 - Gestion de la production ;
 - Contrôle de gestion ;
 - Principaux paramètres d'analyses administratives, financières et commerciales de l'entreprise ;
2. Politique d'entreprise
 - Choix de politique commerciale de l'entreprise ;
 - Gestion et planification d'entreprise ;
 - Eléments de marketing d'entreprise ;
 - Communication d'entreprise ;
 - Veille technologique et réglementaire.
3. Gestion des ressources humaines

UE-SC 1 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Gestion de projets

Objectifs : Cet enseignement a pour objectif de donner à l'élève-ingénieur les principes de base permettant de définir et de structurer un projet, en identifiant ces phases pertinentes. En adéquation avec les fondamentaux du management d'une équipe projet, de la maîtrise de la mise en œuvre et de l'avancement du projet, compte tenu de la dynamique humaine impliquée et la qualité et de la nature de la production envisagée.

Pré-requis recommandés : Connaissances générales, notions d'économie.

Volume horaire global : 15h

Nature des enseignements : Cours (15h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Etude d'opportunité économique et technologique du projet ;
2. Etude de la faisabilité, des conditions financières et de marché, les enjeux, le cahier des charges ;
3. Les principaux acteurs et leur rôle : le commanditaire, le chef de projet, l'équipe projet, les contributeurs, les utilisateurs finaux ;
4. L'analyse stratégique des parties prenantes ;
5. Le lancement du projet : organigramme des tâches, matrice des responsabilités, diagramme Pert et diagramme de Gantt ;
6. Le management de l'équipe projet : les réunions, l'écoute active, la délégation, la mobilisation ;
7. Le pilotage du projet : le triangle d'or, le tableau de bord, le reporting, l'analyse de rendement,
8. La communication ;
9. Le plan de développement ;
10. La clôture du projet.

UE-SC 1 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Anglais 1

Objectifs : Développer la capacité des étudiants à s'exprimer à l'oral, enrichir leur vocabulaire dans les domaines scientifiques, les préparer à présenter un exposé scientifique. Renforcer leur compréhension orale de l'anglais.

Pré-requis recommandés : Notions de bases en langue anglaise

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (12h), TP (18h).

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Travail sur documents vidéo, DVD et documents en ligne ;
2. Travail sur articles scientifiques ;
3. Compréhension d'écoute ;
4. Compréhension orale ;
5. Compréhension de l'écrit : notices d'installations, modes d'emplois d'appareils, aide mémoire, articles scientifiques et techniques ;
6. Développement du vocabulaire scientifique et technique ;
7. Révisions grammaticales.

Programme de 1^{ère} année du cycle Ingéniorat : Semestre 2

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|-----|--------------|-----------|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| <u>UE-SF 3</u> | - Nutrition | 21h | - | - | 21h | 2 | 1 |
| | - Environnement & Pollution | 21h | - | - | 21h | 2 | 1 |
| | - Microorganismes producteurs de molécules d'intérêt | 21h | - | 9h | 30h | 3 | 2 |
| <u>UE-SF 4</u> | - Biosignalisation & culture cellulaire | 30h | - | 15h | 45h | 3 | 3 |
| | - Génomique et post-génomique | 21h | 9h | - | 30h | 2 | 2 |
| <u>UE-SF 5</u> | - Bioinformatique 1 | 30h | - | 30h | 60h | 3 | 4 |
| | - Traitement du signal | 30h | 15h | 15h | 60h | 2 | 2 |
| | - Optimisation & Planification expérimentale | 21h | 9h | - | 30h | 2 | 2 |
| <u>UE-SI 3</u> | - Bioprocédés | 30h | 6h | 39h | 75h | 5 | 5 |
| | - Electronique, régulation & automatisme | 21h | 6h | 18h | 45h | 2 | 2 |
| <u>UE-SC2</u> | - Hygiène & Sécurité du travail | 9h | - | - | 9h | 1 | 1 |
| | - Anglais 2 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Projet personnel / Stage de 15 jours en immersion professionnelle (niveau 1) | | | | | | | 3 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 456 h | 30 | |

UE-SF 3 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Nutrition

Objectifs : Le programme est destiné à rappeler les grandes lignes du métabolisme général et de les mettre dans le contexte global de la nutrition humaine. Il a également pour objectif de préciser le rôle physiologique de la nutrition, ainsi que la nature des composants majeurs de l'alimentation. Les tendances actuelles d'évolution technologique et culturelle des nutriments sont également étudiées. Ces enseignements constituent, en particulier, une base de connaissances générales de grande utilité à la perception et à la contextualisation convenables des Bioprocédés industriels et des Biotechnologies pharmaceutiques, para pharmaceutiques, agroalimentaires et de l'environnement.

Pré-requis recommandés : Physiologie des grandes fonctions, Biochimie métabolique.

Volume horaire : 21h

Nature des enseignements : Cours (21h)

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Energie et nutrition

- Rappels sur le métabolisme énergétique ;
- Besoins alimentaires, Métabolisme de base, Besoins alimentaires et états Physiologiques (grossesse, croissance, maturité, sénescence, activités sportives) ;
- Relation alimentation-santé (maladies cardiovasculaires, diabète, obésité, anémie, cancers, ostéoporose).

2. Nutriments

- Glucides et fibres alimentaires, lipides, protéines, vitamines, minéraux, eau ;
- Aliments naturels ;
- Aliments transformés ;
- Aliments génétiquement modifiés ;
- Emballages et étiquetage.

3. Nutraceutique et produits innovants

- Définitions et principes : Aliments fonctionnels et Alicaments, Compléments alimentaires ;
- Substrats et produits technologiques innovants : Aliments biologiques, Aliments génétiquement modifiés, Aspects toxicologiques et alimentaires ;
- Additifs et adjuvants alimentaires.

TRAVAUX PRATIQUES :

- Cf : Biochimie,
- Cf : Biologie animale, Physiologie animale.

UE-SF 3 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Environnement & Pollution

Objectifs : Le programme a pour objectif d'exposer les notions et principes de base de l'environnement et de préciser la nature et la problématique de ses sources majeures de pollution et des éléments biotiques et abiotiques du milieu impliqués dans leur devenir. Il aborde le rôle fondamental et multidimensionnel de l'eau, ainsi que les processus vitaux de recyclage de la matière à travers ses composants élémentaires principaux. La maîtrise de ces éléments est considérée indispensable aux enseignements en aval des Biotechnologies de l'Environnement, en particulier dans leur dimension de traitements épurateurs, de recyclage et de valorisation.

Pré-requis recommandés : Chimie organique, Chimie minérale, Microbiologie, Biochimie métabolique.

Volume horaire : 21h (cours)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1/ Notions d'Ecosystèmes :

- Le milieu et ses éléments : Sols, Eaux, Air ;
- Relations biocénose-éléments abiotiques ;
- Notions de microbiotes autochtones et de microbiotes allochtones ;
- Associations biologiques naturelles : symbioses (mycorhizes, rhyzosphère...), prédation, parasitisme, Commensalisme, mutualisme.

2/ Cycle de l'eau

- Composition chimique des eaux naturelles ;
- Cycle Précipitations/Evaporation ;
- Bilans hydrauliques.

3/ Interactions Eau-Atmosphère

4/ Natures des pollutions et milieux pollués

- Pollutions agricoles : N, P, engrais, pesticides, herbicides ;
- Pollutions industrielles : Plastiques, biomasse, xénobiotiques, métaux lourds, hydrocarbures... ;
- Pollutions domestiques : pollution chimique, pollution microbienne, déchets et résidus.

5/ Cycles bio-géochimiques des éléments :

- Cycles : C, N, P, S ;
- Biodégradation naturelle de la matière organique.

TRAVAUX PRATIQUES :

- Cf : TP de Chimie,
- Cf : TP de Biochimie

UE-SF 3 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Microorganismes producteurs de molécules d'intérêt

Objectifs : Etudier les bioressources microbiennes d'intérêt et identifier leur potentiel d'application en bioindustries et dans les industries pharmaceutiques, en Agronomie et en Environnement. Ce qui implique la maîtrise des technologies d'identification et de typage des microorganismes impliqués, déjà connus et/ou la recherche et l'identification de candidats potentiels à une application actuelle ou future.

Pré-requis recommandés : Microbiologie générale, Biochimie et physiologie microbienne, Microbiologie industrielle.

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (21h), TP (9h)

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Introduction

- Notions d'agents infectieux et de pouvoir pathogène, différents agents pathogènes ;
- Barrières naturelles et défenses induites de l'organisme hôte ;
- Microbiotes autochtones : Sols, tube digestif, milieux aquatiques, relations microbiote-milieu.

2. Microorganismes en industrie

- Types de microorganismes en industrie ;
- Caractéristiques d'un microorganisme industriel ;
- Types de produits industriels : Métabolites primaires (Acides aminés, Acides organiques, Alcools et solvants, Lipides, Polysaccharides, Vitamines et additifs alimentaires), métabolites secondaires (Antibiotiques, Produits alimentaires (Produits laitiers, boissons), Produits pharmacologiques, Insecticides, Arômes) ;
- Systèmes de culture (système de culture fermé ; système de culture ouvert) ;
- Production d'énergie ;
- Produits de microorganismes génétiquement modifiés : Insuline, Hormone de croissance, Vaccins... ;
- Production de probiotiques et de prébiotiques ;
- Les microorganismes en tant qu'aliments.

3. Microorganismes d'intérêt Agronomique

- Microorganismes et production végétale : Fixation de l'azote et bactéries fixatrices d'azote,
- Processus d'Ammonification, de Nitrification, Dénitrification, Bactéries nitrifiantes/bactéries dénitrifiantes ;
- Associations plantes-microorganismes : interactions plantes-microorganismes, Nodules et nodulation, Mycorhyses.

4. Microorganismes d'intérêt environnemental

- Microorganismes de dégradation des xénobiotiques, Métabolisme des xénobiotiques ;
- Génomique et protéomiques de microorganismes d'intérêt environnemental ;
- Biocapteurs, biosenseurs, biorapporteurs, micropuces ADN microbiens, Biorapporteurs ;
- Immobilisation et élimination microbiennes des métaux lourds.

5. Microorganisme d'intérêt biomédicale et pharmaceutique

- Les microorganismes à intérêt pharmaceutique : Identification des microorganismes dans la nature (Techniques de screening) et Culture des souches, Conservation des microorganismes Aspects microbiologiques du « scale up », Production d'antibiotiques ;
- Exploitation des Toxines des Microorganismes : Définitions, notions de pathogénicité et de mécanismes d'action, moyens de lutte, Les toxines bactériennes, Les Phytotoxines, Les mycotoxines, Utilisation des toxines en médecine (ex: dystonies, botox, vaccins), en industrie agroalimentaire (ex: insecticides, vaccination des bovins), pour le bioterrorisme (ex: l'anthrax) ;

Travaux pratiques

- Différentes techniques utilisées en Microbiologie et Test d'activité antibactérienne sur boîte de pétri utilisant une souche produisant des bactériocines et dirigés contre des bactéries indicatrices.
- Réalisation d'antibiogramme (méthode de diffusion et méthode de dilution), détermination de la CMI, détermination de la CMB, test de Got.
- Mise au point de la production de quelques enzymes (Galerie API).
- Etude appliquée de ferments lactiques.
- Fermentation alcoolique par la levure de bière.
- Fermentation acétique.

UE-SF 4 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Biosignalisation & Culture cellulaire

Objectifs : Cette UE a pour but d'introduire les bases de la culture des cellules eucaryotes *in vitro*, à travers des notions sur le cycle vital des cellules et leurs modes de signalisations. Des ateliers de différents types de culture cellulaire *in vitro* serviront de support pratique à la formation.

Pré-requis recommandés : Biologie cellulaire, Biologie moléculaire.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (30h), TP (15h)

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Introduction à la culture cellulaire : principes, techniques, différents types de cultures cellulaires ;
2. Biosignalisation ;
3. Différenciation cellulaire ;
4. Prolifération et lignées cellulaires ;
5. Vieillesse cellulaire ;
6. Mort cellulaire ;
7. Cytogénétique ;
8. Biosurfaces (inclus les biomatériaux).

TRAVAUX PRATIQUES

- Préparation de milieux de culture.
- Culture et entretien d'une lignée cellulaire (Ex Cellules Hela...).
- Culture primaire de cellules de fibroblastes.
- Culture primaire d'un épithélium.
- Culture primaire de neurones.
- Caryotype et anomalies cytogénétiques.

UE-SF 4 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Génomique & Post génomique

Objectifs : Ce programme a pour but d'enseigner aux élèves-ingénieurs les principes de structuration et de transfert de l'information génique dans les génomes et les transcriptomes, ses interactions avec l'environnement et son évolution dans le temps.

Pré-requis recommandés : Génétique, Biologie cellulaire, Biologie moléculaire.

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (9h)

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Rappels succincts de biologie moléculaire
2. Structure et fonctions des gènes
3. Information génétique
4. Interaction génotype phénotype
5. Modification du matériel génétique
6. Recombinaison génétique
7. Chromosomes et cytogénétique
8. Epigénétique
9. Génomes extranucléaires
10. Génétique des caractères quantitatifs
11. Régulation génique
12. Evolution des génomes
13. Génomique fonctionnelle ou post-génomique

UE-SI 3 : Unité d'Enseignement de sciences de l'ingénieur

Bioinformatique 1

Objectifs : L'enseignement a pour objectifs :

- Interrogation des banques de séquences
- Programmation en Python
- Utilisation de logiciels et de méthodes adéquats afin de répondre à une problématique donnée en bioinformatique moléculaire (recherche de séquence, alignement de séquences, phylogénie...).

Pré-requis recommandés : Informatique (soft), Biologie moléculaire, Statistiques.

Volume horaire global : 60h

Nature des enseignements : Cours (30h), TP (30h)

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 4

Contenu

1. Introduction à la bioinformatique :

- Introduction à la bioinformatique, Qu'est ce que la bioinformatique ? (Analyse *in silico*) ;
- Historique et applications ;
- Séquence ADN (nucléotides : A, T, C et G) ;
- Séquence Protéine (acides aminés).

2. Initiation au Python (langage de programmation)

- Bases du langage Python ;
- Programmation Orientée Objet avec Python ;
- Utilisation du module BioPython (manipulation et alignement des séquences génomiques et protéomiques, interrogation des bases de données publiques).

3. Recherche dans les banques et bases de données biologiques

- Banques généralistes et spécialisées (nucléotides/génomiques et protéiques) ;
- Exemples : EMBL, GenBank, SwissProt.

4. Comparaison de séquences

- Matrices de comparaisons et de similarité (PAM, BLOSUM) ;
- BLAST (approche déterministe) ;
- FASTA (approche heuristique).

5. Alignement de séquences

- Alignement local (chevauchements locaux) ;
- Alignement global (séquences homologues) ;
- Alignement multiple (programmation dynamique, ...) ;

6. Algorithmes pour la phylogénie moléculaire

- Rappels sur la phylogénie moléculaire ;
- Méthodes de distances et de maximum de vraisemblance (basée sur caractères) ;
- Construction d'arbres phylogénétiques (Arbres d'espèces et de gènes en utilisant ClustalW2).

7. Recherche de fonctions à partir d'une séquence ou structure

- Annotation structurale (signatures et motifs) ;
- Annotation fonctionnelle ;
- Méthodes intrinsèques (probabilistes) et extrinsèques (comparatives).

Travaux Pratiques

- Programmation avec Python et Biopython ;
- Recherche de séquences dans la banque GenBank ;
- Comparaison de séquences en utilisant les logiciels FASTA et BLAST ;
- Représentation LOGO ;
- Logiciel SeaView pour le calcul d'arbre phylogénétique ;
- Détection de signatures de séquence : logiciel PROSITE.

UE-SI 3 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Traitement de signal

Objectifs : Cet enseignement a pour objectifs de donner aux étudiants les notions de base de représentation, de traitement et d'analyse des signaux analogiques et discrets. Il leur propose également des notions sur les filtres analogiques et numériques, les processus aléatoires et l'analyse spectrale. Des applications pratiques sont aussi programmées pour permettre aux étudiants une approche sur les différents types de traitement du signal, dans le domaine des sciences de la vie et de la santé. Des TD seront réalisés sur ordinateur avec le logiciel MATLAB.

Pré-requis recommandés : Mathématiques : Nombres complexes, Dérivation et intégration, Séries, probabilités et statistiques, Méthodes numériques.

Volume horaire global : 60h

Nature des enseignements : Cours (30h), TD (15h), TP (15h).

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Généralités sur les signaux et systèmes continus

- Signal : définition, classes (analogique et discret, déterministe et aléatoire), chaîne de traitement ;
- Exemples de signaux. Signaux particuliers. Energie et puissance d'un signal analogique.
- Notion de bruit.

2. Analyse de Fourier et notion de corrélation des signaux

- Notion de fréquence ;
- Séries de Fourier, Transformée de Fourier ;
- Fonctions d'intercorrélation et d'autocorrélation ;
- Densités spectrales ;
- Théorème de Winner-Khintchine.

3. Systèmes linéaires continus

- Définition d'un système et exemples, classification de systèmes ;
- Notion de convolution ;
- Réponses temporelle (impulsionnelle, indicielle, ...) et fréquentielle d'un système ;
- Transformée de Laplace : définition, propriétés et applications, caractérisation par des fonctions de transfert ;
- Notion de filtrage, différents filtres sélectifs.

4. Echantillonnage des signaux

- Schéma de l'échantillonnage, échantillonnage idéal ;
- Théorème de Shannon, quantification.

5. Transformation de Fourier des signaux discrets

- Définition, propriétés ;
- Transformation de Fourier discrète, transformation de Fourier rapide ;
- Application à la détermination de spectres de signaux déterministes.

6. Systèmes linéaires discrets et filtrage numérique

- Définition et exemples ;
- Relations entrée/sortie : équations aux différences et convolution discrètes, réponses fréquentielles ;
- Transformée en z : définition, propriétés et application, caractérisation par des fonctions de transfert en z ;
- Notion de filtrage numérique, filtres à réponse impulsionnelle finie, filtres à réponse impulsionnelle infinie.

7. Notion de processus aléatoires

- Généralités, variables aléatoires et signaux aléatoires, exemples de processus aléatoires ;
- Caractéristiques des processus aléatoires : stationnarité, ergodisme, valeur moyenne, variance, corrélation et densité spectrale de puissance ;
- Processus aléatoires particuliers : bruit blanc, mouvement brownien ...

8. Introduction à l'analyse spectrale

- Notion de périodogramme ;
- Estimation spectrale paramétrique : AR, MA et ARMA ;
- Application à l'estimation de la densité spectrale de puissance de certains signaux biologiques réels (séquences d'ADN, ...).

Travaux pratiques :

- Introduction à Matlab, génération et affichage des signaux discrets.
- Séries de Fourier, transformée de Fourier, densités spectrales.
- Echantillonnage, transformée de Fourier des signaux discrets.
- Filtrage numérique.
- Analyse spectrale numérique.

UE-SI 3 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Optimisation & Planification expérimentale

Objectifs : Permettre aux étudiants l'acquisition et l'autonomie dans la construction et l'analyse de plans d'expériences classiques. Dans le but d'augmenter l'efficacité, la productivité et la qualité dès l'approche de leurs activités de R&D comme de production.

Pré-requis recommandés : Mathématiques, Biostatistiques, informatique.

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (9h)

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Cycles et stratégies expérimentales ;
2. Plans d'expériences ;
3. Régression linéaire en planification expérimentale ;
4. Description d'un problème et évaluation de la qualité d'un plan expérimental ;
5. Plans factoriels et dérivés ;
6. Plans pour l'estimation de modèles d'ordres 2, 3...
7. Plans optimaux ;
8. Planification expérimentale selon Tagushi ;
9. Plan de traitement de Problèmes de mélanges ;
10. Optimisation simultanée de plusieurs réponses ;
11. Algorithmes simplex et EVOP pour l'optimisation d'une réponse ;
12. Exemples industriels : Formulation de milieu de fermentation...
13. Optimisation d'une opération de bioséparation.

UE-SI 4 : Unité d'enseignement de sciences de l'Ingénieur

Bioprocédés

Objectifs : Les enseignements concernent les principales opérations unitaires d'applications biotechnologiques, en termes de transferts de matière et d'énergie et de mécanique des fluides. Les thèmes proposés découlent des opérations unitaires de transformation et/ou de stabilisation de la matière, soit les opérations unitaires industrielles parmi les plus courantes en Biotechnologies. La maîtrise convenable de leurs concepts et principes et de leurs méthodes de calcul devrait permettre de conclure des choix technologiques et/ou d'envisager leur optimisation.

Pré-requis recommandés : Thermodynamique, Génie des procédés

Volume horaire : 75h

Nature des enseignements : Cours (30h), TD (6h), TP (39h)

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 5

Nombre de Crédits : 5

Contenu

1/ Séparations diffusionnelles

1.1/ Equilibres liquide-vapeur

- Notions et principes, applications ;
- Diagrammes d'équilibre de phase (P, T, composition), Diagramme isobare, Diagramme isotherme ;
- Diagramme des titres molaires (à P = Cte, courbe de partage $y = f(x)$;
- Equilibre des phases : notion d'équilibre, mélange binaire idéal (loi de Raoult-Dalton, mélange binaire non idéal (autres modèles thermodynamiques).

1.2/ Distillation (Séparation directe)

- Principe de la distillation ;
- Distillation flash, Distillation différentielle ;
- Distillation fractionnée : méthode graphique et construction de Mac Cabe et Thiele (Equation de bilan matière, équation de la droite opératoire), Méthode graphique et construction de Ponchon et Savarit (Bilan matière et énergie), Détermination du diamètre de colonne à partir du point d'engorgement.
- Appareillages de distillation (colonnes à plateaux, colonnes à garnissage), Applications.

1.3/ Absorption (Séparation indirecte)

- Notions, principes de fonctionnement, applications ;
- Choix du solvant, Courbe d'équilibre (loi d'Henry), Impact des conditions opératoires ;
- Détermination théorique du nombre de plateaux, Bilan du soluté ;
- Profils de concentration du soluté à l'interface gaz-liquide (schéma de Nernst), Théorie des 2 films (schéma de Lewis et Whitman).

1.4/ Extraction liquide-liquide (Séparation indirecte)

- Notions, Principes de fonctionnement, Définitions (soluté, solvant, diluant, transfert interphases, extraits, raffinats, titres et rapports massiques) ;
- Représentation graphique de l'équilibre entre phases de mélange ternaire, courbe de partage ou d'équilibre, coefficient de partage ;
- Méthodes d'extraction : extraction simple contact, extraction à étages multiples, extraction à

- contre courant, Bilan matière, Calcul du nombre d'étage théorique ;
- Appareillage d'extraction et applications : mélangeurs-décanteurs, colonnes agitées, colonnes pulsées, colonnes à garnissage, colonnes à plateaux.

1.5/ Désorption (Séparation indirecte)

1.6/ Adsorption (Séparation indirecte)

1.7/ Déshydratation

- Séchage : principes de fonctionnement, mécanismes impliqués (transferts de chaleur et de matière, courbe de séchage et modélisation), Description et dimensionnement des sécheurs de solides poreux ou divisés (séchage à pression atmosphérique, sous vide ou à la vapeur d'eau) ;
- Principes de calculs opératoires, les appareils industriels de séchage ;
- Atomisation : Principes et applications ;
- Lyophilisation : Principes de fonctionnement et paramètres du cycle de lyophilisation, Méthode de conception d'une opération de lyophilisation, Lecture et interprétation de graphiques de lyophilisation, Application et appareillages industriels de lyophilisation ;
- Evapo-concentration : Principes et applications.

2. Séparations mécaniques

2.1/ Filtration et Séparation sur membrane

- Loi de l'écoulement en milieu poreux (Loi de Darcy, Loi de Kosenyl, Applications) ;
- Principes de fonctionnement, Filtration frontale (filtre presse, filtre à tambour) et filtration tangentielle ;
- Filtration sur support, Microfiltration tangentielle, Ultrafiltration, Osmose inverse, Applications.

2.2/ Décantation

- Principes de fonctionnement, Décantation statique, Décantation centrifuge, Applications ;
- Coagulation et Floculation : Principes et applications ;
- Essorage centrifuge continu, Essorage continu par cycles, Applications.

TRAVAUX PRATIQUES :

- Absorption du pentane par l'huile de paraffine pure ;
- Désorption du pentane dans l'huile de paraffine par la phase gazeuse ;
- Distillation eau/méthanol ;
- Etude comparative des différents types de filtration ;
- Centrifugation et taux de décantation.

UE-SI 4 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Electronique, Régulation & Automatismes

Objectifs : L'objectif de cet enseignement est de permettre aux étudiants de découvrir les composants électroniques de base de l'électronique analogique et de l'électronique numérique. Il est aussi de comprendre leurs principes de fonctionnement et leur intégration dans des systèmes électroniques complexes et asservis. A l'issue de ce cours, les étudiants seront aussi en mesure d'identifier les circuits électroniques de base utilisés dans les appareils électroniques.

Pré-requis recommandés : Bases d'électricité et d'électronique.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (6h), (TP 18)

Semestre d'étude : 2

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Rappels :

- Distribution électrique, monophasé, triphasé ;
- Les machines électriques : Moteur continu, asynchrone, alternateur ;
- Sécurité électrique et Protection contre le danger électrique.

2. Electronique analogique

- Rappels de principes généraux
- Rappel sur la jonction pn et les diodes : Notion de dopage. Semi-conducteurs N et P. Jonction PN. Diode : Constitution et fonctionnement, schéma équivalent, et applications (redressement simple et double alternance). Diode Zener, DEL, photodiode ;
- Transistors : Transistors bipolaires (Constitution et fonctionnement. Trois montages fondamentaux : EC, BC, CC. Schéma équivalent ;
- Etude de circuits amplificateurs à base de transistors. Transistors en commutation.
- Transistors à effet de champ : principe de fonctionnement : transistor JFET, et transistor MOSFET. Les régimes de fonctionnement. Amplificateurs à source commune, à drain commun et à grille commune ;
- Amplificateurs opérationnels : Principe, schéma équivalent, Ampli-op idéal, contre-réaction, montages de base de l'amplificateur opérationnel : inverseur, non inverseur, sommateur, comparateur, ...

3. Electronique numérique

- Systèmes de numération et Codage de l'information : Représentation d'un nombre par les codes (binaire, hexadécimal, DCB, binaire signé et non signé, ...) changement de base ou conversion.
- Logique combinatoire et algèbre de Boole : Variables et fonctions logiques (OR, AND, NOR, NAND, XOR). Lois de l'algèbre de Boole. Théorème de De Morgan. Fonctions logiques complètes et incomplètes. Représentation des fonctions logiques : tables de vérité, tables de Karnaugh. Simplification des fonctions logiques : Méthode algébrique, méthode de Karnaugh.
- Circuits combinatoires : Codeur, décodeur, transcodeur, multiplexeur,

démultiplexeur, circuits arithmétiques.

- Les bases de la logique séquentielle : Introduction aux circuits séquentiels. Les bascules : la bascule RS, la bascule RST, la bascule D, la bascule T, la bascule JK. Les compteurs synchrones et asynchrones. Les registres.

4. Régulations et automatismes

- Principes de la commande automatique ;
- Instrumentation et traitement du signal ;
- Métrologie des systèmes automatisés ;
- Asservissement ;
- Initiation à l'automatisme binaire ;
- Structure d'un système automatisé de production ;
- Différents types d'automatismes ;
- Régulation : fonction de transfert, Correcteur PID, Action, Réglage ;
- Qualité de régulation, commandes avancées.

TRAVAUX PRATIQUES

- Etude de fonction : Analogique, logique, oscillateur.
- Etude d'une chaîne de mesure.
- Etude de l'amplificateur à transistor (bipolaire et/ou à effet de champ).
- Technologie des circuits intégrés TTL et CMOS.
- Etude d'un circuit combinatoire logique.
- Etude d'un circuit séquentiel.
- Présentation des automatismes : Gemma (guide de mode marche/arrêt), Grafcet –notions d'étapes, chaînes linéaires, simultanément, aiguillage).
- Etude d'équipements industriels.

UE-SI 1 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Hygiène & Sécurité de travail

Objectifs : Appréhender les risques et dangers spécifiquement liés au milieu industriel professionnel. Il s'agit également de maîtriser l'application des mesures et normes de sécurité au travail, évaluées en termes de risques chimiques, physiques et psychologiques pour l'individu mais également vis-à-vis de l'outil de travail et de l'environnement. Acquisition des principes de la gestion des risques et de leur prévention.

Pré-requis recommandés : Culture générale, Notions de normes et d'environnement.

Volume horaire global : 9h

Nature des enseignements : Cours (9h)

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Hygiène

- Introduction à la sécurité industrielle et à ses différents aspects, structure et organisation de la prévention ;
- Identification des sources de nuisances : chimiques, biologiques, environnementales, sonores...
- Normes et Mesure d'hygiène personnelle et collective ;
- Gestion des déchets et effluents domestiques et industriels, normes.

2. Sécurité de travail

- Notions de secourisme ;
- Les accidents du travail et les maladies professionnelles ;
- Identification, évaluation et prévention des risques ;
- Méthodes de prévention des risques ;
- Information et Formation des personnels concernés à la prévention.

UE-SC 1 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Anglais 2

Objectifs : Développer la capacité des étudiants à s'exprimer à l'oral, enrichir leur vocabulaire dans les domaines scientifiques, les préparer à présenter un exposé scientifique. Renforcer leur compréhension orale de l'anglais.

Pré-requis recommandés : Notions de bases en langue anglaise

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (12h), TP (18h).

Semestre d'étude : 1

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Travail sur documents vidéo, DVD et documents en ligne ;
2. Travail sur articles scientifiques ;
3. Compréhension d'écoute ;
4. Compréhension orale ;
5. Compréhension de l'écrit : notices d'installations, modes d'emplois d'appareils, aide mémoire, articles scientifiques et techniques ;
6. Développement du vocabulaire scientifique et technique ;
7. Révisions grammaticales.

PS : Ce programme constitue le prolongement du module Anglais 1 enseigné au 1^{er} Semestre, dans le cadre d'un programme d'enseignement annuel.

Programme de 2^{ème} année du cycle Ingéniorat : Semestres 3 et 4

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|-----|--------------|----|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 3 (2 ^{ème} année second cycle / 4 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 6 | - Biologie moléculaire & génomes des plantes | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 2 |
| | - Technologies de biologie cellulaire | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 3 |
| UE-SI 4 | - Microbiologie industrielle | 21h | 24h | 45h | 90h | 5 | 6 |
| | - Génie enzymatique | 21h | 15h | 24h | 60h | 3 | 4 |
| | - Mycologie appliquée | 15h | - | 15h | 30h | 2 | 2 |
| UE-SI 5 | - Bioinformatique 2 | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 4 |
| | - Traitement d'images | 30h | 15h | 15h | 60h | 2 | 2 |
| UE-SC3 | - Assurance qualité | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 3 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Stage en milieu professionnel (niveau 2) | | | | | 3-4 semaines | | 5 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 420h | | 30 |
| Semestre 4 (2 ^{ème} année second cycle / 4 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 7 | - Virologie | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Pharmacologie/Toxicologie | 21h | 6h | 18h | 45h | 2 | 3 |
| UE-SF 8 | - Technologies de biologie moléculaire | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 3 |
| | - Méthodes d'analyses | 21h | 9h | 30h | 60h | 3 | 3 |
| UE-SI 6 | - Biotechnologies biomédicales & Pharmaceutiques | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Biotechnologies de l'Environnement | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| UE-SI 7 | - Bioconversions | 21h | 9h | 30h | 60h | 4 | 4 |
| | - Modélisation & Simulation des systèmes Biologiques | 36h | - | 24h | 60h | 3 | 4 |
| UE-SC4 | - Bioéthique | 9h | - | - | 9h | 1 | 1 |
| | - Anglais 4 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Projet tutoré | | | | | 20h | | 5 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 411h | | 30 |

Programme de 2^{ème} année du cycle Ingéniorat : Semestre 3

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|-----|------|--------------|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 3 (2 ^{ème} année second cycle / 4 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| UE-SF 6 | - Biologie moléculaire & Génomes des plantes | 30h | - | 15h | 45h | 2 | 2 |
| | - Technologies de biologie cellulaire | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 3 |
| UE-SI 4 | - Microbiologie industrielle | 21h | 24h | 45h | 90h | 5 | 6 |
| | - Génie enzymatique | 21h | 15h | 24h | 60h | 3 | 4 |
| | - Mycologie appliquée | 15h | - | 15h | 30h | 2 | 2 |
| UE-SI 5 | - Bioinformatique 2 | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 4 |
| | - Traitement d'images | 30h | 15h | 15h | 60h | 2 | 2 |
| UE-SC3 | - Assurance qualité | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 3 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Stage en milieu professionnel (niveau 2) | | | | | | 3-4 semaines | 5 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 420h | 30 | |

UE-SF 5 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Biologie moléculaire & Génomes des plantes

Objectifs : Acquérir de connaissances sur :

- Certains aspects des génomes nucléaires et cytoplasmiques des plantes la génétique quantitative, notamment l'identification et la cartographie des QTL et la sélection assistée par marqueurs (SAM).
- Les nouveaux outils de modification génétique des génomes de plantes supérieures.
- La génétique de l'interaction chez les plantes.

Pré-requis recommandés : Connaissances de base en génétique classique, biologie moléculaire, biologie et physiologie végétale.

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (30h), TP (15h)

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Généralités :

- Plantes modèles ;
- Génomes végétaux : structure et expression ;
- La polyploïdie et les particularités épigénétiques des plantes ;
- Le déterminisme du sexe chez les plantes.

2. Création de variabilité génétique chez les plantes :

- Les fondements et les techniques de la culture *in vitro* : micropropagation, culture de tissus, de cellules et de protoplastes, embryogenèse somatique et semences artificielles ;
- Production de plantes haploïdes, et haplodiploïdisation.
- Mutagenèse ;
- L'outil proroplaste et l'hybridation somatique: sélection des fusions, induction de la stérilité mâle cytoplasmique, transfert de l'hérédité cytoplasmique ;
- hybridation intra- et interspécifiques ;
- Aspects moléculaires de la variation somaclonale ;
- Transformation des plantes: notions de base de génie génétique, techniques de transgénèse végétale.

3. Les méthodes d'identification des gènes d'intérêt agronomique :

- Les marqueurs moléculaires : Les balises du génome (marqueurs RFLP, microsatellites, RAPD, AFLP...), L'empreinte génétique d'une plante ;
- Les cartes génétiques : La cartographie des marqueurs moléculaires, La cartographie d'un gène majeur, La cartographie comparée, La cartographie d'un caractère quantitatif (la cartographie des QTL) ;
- La sélection assistée par les marqueurs (SAM).

4. La génétique de l'interaction chez les plantes

- Associations symbiotiques et fixation de l'azote ;

- Résistance des plantes aux stress biotiques et abiotiques.

Travaux pratiques

- Préparation de différents milieux de culture. Mise en culture d'explants sur les différents milieux.
- Désinfection et introduction d'explants *in vitro* + observation des cultures (rhizogenèse, caulogenèse) et des désinfections.
- Préparation des protoplastes. Isolement des protoplastes, comptage, viabilité, perméation + observation des cultures (callogenèse).
- Transformation de la pomme de terre avec *Agrobacterium rhizogenes*
- Détection de la présence d'OGM dans des aliments.

UE-SF 5 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Technologies de Biologie cellulaire

Objectifs : Ce programme d'enseignement est proposé sous forme de cours d'ateliers pratiques. Il a pour but majeur de former les élèves-ingénieurs aux principales techniques de culture cellulaires et à leurs applications.

Pré-requis recommandés : Biologie cellulaire, Biologie moléculaire, Biologie animale.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (21h), TP (24h)

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Rappel sur les bonnes pratiques en culture cellulaire ;
2. Cellules souches ;
3. Transfection cellulaire : principes et techniques ;
4. Tri cellulaire : principes et applications ;
5. Introduction à la cytométrie en flux ;
6. Tests fonctionnels *in vitro* : adhérence, prolifération, migration, apoptose ;
7. Microscopie cellulaire ;
8. Imagerie cellulaire ;
9. Surfaces intelligentes et dynamique cellulaire.

Programme des Travaux Pratiques

- Mise en culture de cellules primaires et/ou de lignées ;
- Marquage cellulaire et coloration d'organites (DAPI, rhodamine....) ;
- Préparation de cellules souches de rat/souris ;
- Culture et différenciation de cellules souches neurales embryonnaires murines ;
- Transfection cellulaire (plasmide+lipofectamine) ;
- Transfection cellulaire (iRNA+lipofectamine) ;
- Dynamique cellulaire sur surfaces intelligentes ;
- Culture organotypique ;
- Techniques histologiques ;
- Techniques immuno-histochimiques ;
- Cytométrie en flux et Tri cellulaire.

UE-SI 5 : Unité d'Enseignement de sciences de l'Ingénieur

Microbiologie industrielle

Objectifs : Il s'agit de former l'étudiant aux technologies des applications industrielles des microorganismes, dans un processus global intégrant l'identification des souches d'intérêt, la définition du process et des équipements requis et l'obtention du produit envisagé. L'étude des différents types de bioréacteurs, de la diversité des applications des cultures microbiennes industrielles et de leur monitoring devrait permettre la maîtrise et la projection autonome de schémas de production de cellules et de métabolites à un niveau industriel, dans un contexte économique donné et compte tenu des contraintes de biosécurité. Les applications menées en laboratoire et en pilotes industriels permettront de connaître et de mettre en pratique les méthodes de transfert d'échelles (*scale up* et *scale down*) pour les bioprocédés.

Pré-requis recommandés : Microbiologie, Biochimie et physiologie microbienne, Génie des procédés, Bioprocédés, Génie enzymatique.

Volume horaire global : 90h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (24h), TP (45h)

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 5

Nombre de Crédits : 6

Contenu :

1. Introduction : Présentation des productions microbiennes industrielles.

2. Procédés et Réacteurs de culture discontinue

- Cinétique de croissance microbienne en système discontinu (Batch) ;
- Batch à volume variable ;
- Bilans matières ;
- Loi de Monod.

3. Procédés et Réacteurs de culture semi-continue

- Définition et cinétique de croissance microbienne en système semi-continu ;
- Bilans matières ;
- Calcul de débit.

4. Procédés et Réacteurs de culture continue

- Définition et cinétique de croissance microbienne en système continu ;
- Taux de dilution ;
- Principes des Chémostat et Turbidostat ;
- Bilans matières.

5. Productivité comparée des différents types de Bioréacteurs

- Bilan comparatif des éléments de transformations culturales et flux de matières ;
- Transfert de matière par diffusion : Flux aux interfaces et transfert entre deux phases ;
- Aération des milieux, Rôle, transfert et mesure de l'oxygène.

6. Ingénierie et Design des Bioréacteurs

- Types et Configurations des Bioréacteurs, Design, Agitation, Aération ;
- Technologies et Caractéristiques des Bioréacteurs : Vannes spécifiques (fermenteurs), Filtres,

- Capteurs (classiques, nouveaux, maintenance), Echangeurs à plaques ;
- Transfert de matière ;
 - Transfert de chaleur ;
 - Forces de cisaillement ;
 - Techniques d'agitation ;
 - Introduction aux méthodes de l'extrapolation : Extrapolation et intrapolation des bioréacteurs, Apport des mesures locales à l'extrapolation des bioréacteurs, Scale-up et scale-down de Bioréacteurs ;
 - Simulation numérique des écoulements au sein des bioréacteurs de culture.

7. Régulation et contrôle des Bioréacteurs

- Les capteurs ;
- Rôles : de la nature spécifique du microorganisme, de l'aération et du transfert de l'O₂, de l'agitation, de la pression, de la viscosité, de la nature du substrat et du produit, de l'antimousse ;
- Les stratégies de contrôle : contrôle en boucle ouverte/contrôle en boucle fermée ;
- Automatisation d'une fermentation ;
- Modélisation.

8. Prévention des contaminations

- Maîtrise des souches et des conditions d'asepsie de l'installation ;
- Stérilité, Stérilisation, Transfert stérile.

Travaux pratiques

- Mise en œuvre d'une fermentation : préparation, stérilisation, ensemencement ;
- Fermentation avec : calculs sur données de fermentation, bilan matières, rendements, K_{la} par le bilan gazeux, quotient respiratoire, cinétique de croissance... ;
- Fermentation de *Saccharomyces cerevisiae* en fermenteur-pilote/fermenteur de labo ;
- Production de la levure boulangère ;
- Fabrication des yaourts et des laits fermentés ;
- Fermentation alcoolique par la levure de bière ;
- Fermentation acétique ;
- Traitements biologiques d'eaux résiduelles.

UE-SI 5 : Unité d'Enseignement de sciences de l'Ingénieur

Génie enzymatique

Objectifs : L'objectif de cet enseignement est de présenter la démarche industrielle et analytique d'application des enzymes et d'appréhender ses intérêts et ses enjeux. Il est également de connaître les principales enzymes actuellement utilisées dans l'industrie, dans leur contexte d'utilisation et de recherche-développement, dans une projection d'avantages à la fois productifs et environnementaux. L'étudiant devrait maîtriser l'approche conceptuelle et appliquée de systèmes d'utilisation et de production d'enzymes en bioréacteurs, dans les conditions spécifiques de leur optimisation.

Pré-requis recommandés : Biochimie structurale, Biochimie métabolique, Biochimie microbienne.

Volume horaire global : 60h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (15h), TP (24h)

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 4

Contenu

1. Rappels sur l'enzymologie et bioconversion

- Introduction aux principes des bioconversions enzymatiques ;
- Avantages, contraintes et limites d'utilisation *ex vivo* des enzymes.

2. Réacteurs enzymatiques, principes et procédés enzymatiques

- Généralités sur les principaux réacteurs enzymatiques, Capteurs enzymatiques ;
- Procédés d'exploitation et d'amélioration de la catalyse enzymatique en milieu industriel. Ingénierie moléculaire des enzymes ;
- Principe génétiques généraux : surexpression, évolution et mutagenèse dirigée, mutagenèse saturante, mutagenèse saturante itérative, fusion ;
- Amélioration techno-fonctionnels des enzymes : enzymes de polymérisation et dépolymérisation, enzymes de modifications de chaînes latérales, les oxydoréductases... ;
- Immobilisation des enzymes : méthodes physiques, méthodes chimiques ;
- Assemblage multienzymatiques et biologie synthétique.

3. Production des enzymes

- Sources d'enzymes : végétales, animales, microbiennes ;
- Méthodes de production : fermentations et bioréacteurs enzymatiques ;
- Méthodes d'extraction ;
- Méthodes de purification ;
- Procédés industriels de production de préparations enzymatiques :
 1. Convergence et divergence des folds et d'activités,
 2. Promiscuité et "evolvabilité" des activités enzymatiques,
 3. Analyse structurale de différentes activités enzymatiques (à définir, exemple protéase, lysozyme ...) Méthodes d'ingénierie et d'amélioration d'enzymes (DNA shuffling, Evolution dirigée ...).

4. Domaines d'utilisation des enzymes

- Méthodes et propriétés de l'immobilisation des enzymes : Immobilisation par inclusion, par adsorption, par liaison covalente, applications ;

- Phénomènes diffusionnels ;
- Applications des enzymes en Biotechnologies : Applications médicales et pharmaceutiques, Applications en biologie moléculaire, Biocapteurs enzymatiques, Industries agro-alimentaires (transformation de constituants de matières premières), Amélioration de propriétés fonctionnelles de constituants d'aliments, Amélioration de la biodisponibilité de constituants alimentaires ;
- Applications des enzymes dans l'industrie chimique : Industries des détergents, industries des textiles, industries du cuir... ;
- Maîtrise de la qualité hygiénique : Action bactéricide, Action bactériostatique ;
- Applications industrielles prospectives : Activités destructurantes et structurantes, Activités synthétisantes (molécules synthétisées par inversion de l'activité naturelle d'enzymes spécifiques), Mise en œuvre de chaînes d'enzymes.

Travaux dirigés :

- Série 1. Exercices portant sur la purification, les calculs de rendement et les calculs d'activités totales et spécifiques.
- Série 2. Applications concrètes de synthèse.

Travaux pratiques : TP organisés sous forme d'ateliers

- Production d'une enzyme microbienne en culture batch en erlens à baffles, mesure de l'activité enzymatique.
- Production d'une enzyme microbienne en fermenteur batch, mesure de l'activité enzymatique, extraction et dosage des protéines totales.
- Préparation d'un extrait enzymatique (à partir d'une plante ou d'un organe animal) : broyage, centrifugation, mesure de l'activité enzymatique spécifique, Précipitation au sulfate d'ammonium, Chromatographie (affinité de préférence).
- Exemple d'immobilisation d'enzymes.

UE-SI 5 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Mycologie appliquée

Objectifs : L'objectif de ce programme est de fournir une introduction à la mycologie et à ses nombreuses applications biotechnologiques. Elle commence par les définitions et caractéristiques des mycètes. La biologie des levures est illustrée à travers la présentation de *C. albicans*, une levure pathogène, et de l'utilisation de *S. cerevisiae* et *P. pastoris* en biotechnologies et en recherche. L'impact des moisissures sur la santé humaine (aspergillose, mycotoxines) est également abordé.

Pré-requis recommandés : Microbiologie générale, Biologie cellulaire, Biologie moléculaire, Biochimie et physiologie microbienne.

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (15h), TP (15h)

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Principes généraux

- La cellule fongique et le développement végétatif : Structure et composition, Développement (Dimorphisme, Rhizomorphe, Sclérote),
- Croissance de la colonie fongique sur un milieu liquide et milieu solide.
- Croissance en fermenteur (Batch, Culture continue).
- Effet de l'environnement sur la croissance Macro et Micro élément nutritif Carbone
- Spores, Noyau de dissémination Formation et développement biologique des spores. Sporulation et reproduction. Sporulation et classification. Dissémination et dormance. Culture des Spores. Spores et reproduction sexuelle. Libération des Spores. Germination des Spores.

2. Mycètes nuisibles, Mycètes pathogènes : pour les animaux, pour les végétaux.

- Mycètes de bio détérioration (denrées alimentaires, Produits divers) ;
- Sources de contaminations et Moyens de prévention et de lutte anti-fongique

3. Biotechnologie des mycètes

- Technologies des fermentations fongiques
- Applications de recherche associées aux fermentations
- Milieux de fermentation : Milieu submergé, Milieu solide
- Technologie de production des enzymes fongiques : conditionnement des enzymes (enzymes immobilisées)
- Applications alimentaires des mycètes : Pain, Fromages...
- Production par les mycètes de métabolites d'intérêt : Métabolites primaires (Ethanol, Acide citrique...), Métabolites secondaires (Antibiotiques...).

Travaux pratiques

- Préparation des milieux de cultures et des colorants d'observation microscopique des champignons, identification structurale.
- Principe de l'identification numérique, Démarche d'identification des levures.
- Production et séparation d'enzyme fongiques d'intérêt.

UE-SI 6 : Unité d'Enseignement de sciences de l'ingénieur

Bioinformatique 2

Objectifs : L'UE a pour objectif majeur de former les étudiants à la prédiction et la modélisation des structures 2D ou 3D d'une protéine par l'utilisation d'outils informatiques : logiciels et banques de données.

Pré-requis recommandés : Biochimie structurale, Bioinformatique 1.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (21h), TP (24h)

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 4

Contenu

1. Prédiction de structures secondaires des protéines :

- Diagramme de Ramachandran ;
- Approche par homologie ;
- Méthodes statistiques ;
- Approche par apprentissage (réseaux neuronaux, algorithmes génétiques, ...).

2. Prédiction de structures 3D des protéines :

- Méthodes expérimentales ;
- Banque PDB ;
- Modes de représentations.

3. Modélisation de structures 3D :

- Importance de la modélisation ;
- Par homologie ;
- Pertinence d'un modèle 3D de protéine.

4. Introduction au criblage in silico (docking moléculaire) :

5. Fouille de données (datamining) :

- Introduction au datamining ;
- Arbres de décision et règles d'association ;
- Techniques de classification (supervisée et non supervisée) ;
- Cas pratiques en bioinformatique.

TRAVAUX PRATIQUES

- Format PDB (Protein Data Bank);
- Logiciel de visualisation moléculaire : Pymol ;
- Utilisation du logiciel mfold ;
- Logiciels de classification.

UE-SI 6 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Traitement d'images

Objectifs : Cet enseignement a pour objectifs de donner aux étudiants les notions de base de représentation et de traitement des images numériques. Des exemples d'applications seront présentés aux étudiants pour les aider à bien saisir l'intérêt de cette démarche dans le domaine des sciences de la vie et de la santé.

Pré-requis recommandés : Traitement de signal analogique et numérique, connaissances de base en informatique.

Volume horaire global : 60h

Nature des enseignements : Cours (30h), TD (15h), TP (15h)

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Généralités sur les images numériques

- Acquisition des images numériques et Principales étapes de traitement (Prétraitement, Amélioration, Analyse, Interprétation).
- Formats des fichiers d'images numériques (gif, bitmap, tiff, ppm, eps, ...).
- Applications au domaine des sciences de la vie (Classification de chromosomes, Tri de graines selon leur dimension et/ou forme...), et de la santé (radiographie, angiographie, résonance magnétique nucléaire, ...).

2. Numérisation des images

- Echantillonnage spatial.
- Quantification.
- Représentations matricielle et vectorielle.

3. Histogramme

- Définition et utilité, Interprétation.
- Histogrammes normalisé et cumulé, Égalisation d'histogramme.
- Transformations des images (ponctuelle, locale et globale).

4. Transformations de Fourier bidimensionnelles

- Transformée de Fourier continue bidimensionnelle, Transformée de Fourier discrète bidimensionnelle.
- Corrélation.
- Spectre d'une image.

5. Filtrages spatial et fréquentiel

- Bruits des images.
- Notion de masque de convolution. Produit de convolution bidimensionnel.
- Filtres de lissage (par moyennage, gaussien). Filtre médian. Filtrage par transformée de Fourier-2D.

6. Détection de contours

- Définition et Modèles de contours.

- Détection de contour par filtrage (Gradient et Laplacien).
- Opérateurs de Roberts. Opérateurs de Prewitt. Opérateurs de Sobel. Opérateurs de Kirch.
- Détecteur de Canny.

7. Segmentation

- Définition.
- Segmentation basée sur le seuillage.
- Segmentation basée sur les contours. Segmentation basée sur les régions.

8. Exemples d'illustration du traitement d'image en biologie par l'utilisation de logiciels libres de traitement et d'analyse d'image : ImageJ.

Travaux Pratiques

- Chargement et affichage d'images. Histogramme
- Transformations de Fourier bidimensionnelles et applications
- Filtrage linéaire et non-linéaire pour la réduction des bruits dans les images
- Détection de contours
- Segmentation d'images

UE-SC 3 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Assurance qualité

Objectifs : Montrer aux étudiants l'importance vitale d'une production qualitative et des outils de son maintien et de sa garantie. Indiquer les différentes étapes d'évaluation de niveau de qualité et d'évolution des objectifs d'entreprise dans ce cadre.

Pré-requis recommandés : Connaissances générale, notions d'économie de l'entreprise.

Volume horaire global : 15h

Nature des enseignements : Cours (15h)

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

- 1- Introduction : Contrôle qualité et Assurance qualité, Problématique et intérêt ;
- 2- Méthodes et outils d'évaluation de la qualité ;
- 3- Normalisation et normes de qualité ;
- 4- Certification et accréditation ;
- 5- Procédures opératoires et standards ;
- 6- Outils de maîtrise référentiels de la qualité : système HACCP, normes ISO ;
- 7- Management de la qualité : mise en œuvre, outils, QbD... ;
- 8- Gestion du risque ;
- 9- Contrôle qualité, et traçabilité : Matières premières, produits, Gestion des standards... ;
- 10- Etudes de cas : Production d'eau de qualité pharmaceutique, Gestion des risques dans un laboratoire de contrôle.

UE-SC 3 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Anglais 3

Objectifs : Développer la capacité des étudiants à s'exprimer à l'oral et à l'écrit, enrichir leur vocabulaire dans les domaines scientifiques, les préparer à présenter un exposé scientifique. Renforcer leur compréhension écrite et orale de l'anglais.

Pré-requis recommandés : Notions de bases en langue anglaise

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (12h), TP (18h).

Semestre d'étude : 3

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Analyse d'articles scientifiques en anglais ;
2. Ecrire et lire un rapport en anglais ;
3. Présentations scientifiques ;
4. Communications par e-mail, forums, réseaux sociaux...
5. Travail sur des projets.

Programme de 2^{ème} année du cycle Ingéniorat : Semestre 4

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|-----|------|----|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 4 (2 ^{ème} année second cycle / 4 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| <u>UE-SF 7</u> | - Virologie | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Pharmacologie/Toxicologie | 21h | 6h | 18h | 45h | 2 | 3 |
| <u>UE-SF 8</u> | - Technologies de biologie moléculaire | 21h | - | 24h | 45h | 3 | 3 |
| | - Méthodes d'analyses | 21h | 9h | 30h | 60h | 3 | 3 |
| <u>UE-SI 6</u> | - Biotechnologies biomédicales & Pharmaceutiques | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Biotechnologies de l'Environnement | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| <u>UE-SI 7</u> | - Bioconversions | 21h | 9h | 30h | 60h | 4 | 4 |
| | - Modélisation & Simulation des systèmes Biologiques | 36h | - | 24h | 60h | 3 | 4 |
| <u>UE-SC4</u> | - Bioéthique | 9h | - | - | 9h | 1 | 1 |
| | - Anglais 4 | 12h | 18h | - | 30h | 1 | 1 |
| Projet tutoré | | | | | 20h | | 5 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 411h | | 30 |

UE-SF 6 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Virologie

Objectifs : Ce cours permet d'acquérir les connaissances de base concernant les familles virales majeures et leurs interactions avec les cellules-hôtes. Des notions de virologie appliquée sont également enseignées, notamment dans leur application en génomique.

Pré-requis recommandés : Microbiologie générale, Biologie cellulaire, Biologie moléculaire, Biochimie structurale.

Volume horaire global : 21h

Nature des enseignements : Cours (21h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Rappels et Principes généraux

- Structure et Multiplication ;
- Composition et architecture virales ;
- Taxonomie.

2. Interactions avec les cellules hôtes :

- Interactions moléculaires et Stratégies de survie ;
- Mécanismes de pathogénèse et thérapies antivirales.

3. Méthodes de purification et d'analyses des propriétés virales

4. Les Bactériophages : organisation, réplication, transcription

- Bactériophages à ARN (MS2, R17) ;
- Bactériophages à ADN simple brin (Fx174, M13) et double brin (T4 et T7)

5. Phytovirus : Différents types, Structure et génomes.

- Organisation et mécanismes d'expression de quelques génomes à ARN ;
- Notions d'ARN satellites et viroïdes

6. Virus animaux : Différents types, Structure et génomes.

- Virus à ARN : polarité (+) (Picornaviridae), à polarité (-) (Rhabdoviridae)
- Virus à ADN : Papovaviridae

7. Techniques d'études des virus

- Techniques classiques : Conditions de prélèvement, de culture et de conservation des virus, Techniques de diagnostic virologique directes (microscopiques) et indirectes (sérologiques)
- Techniques moléculaires d'identification des virus : Apport de la biologie moléculaire, Hybridation moléculaire, Différents types de PCR, Génotypes (HIV, hépatites), techniques Immunoserologiques (ELISA, héma-agglutination, immuno-empreintes), PCR.

8. Vecteurs viraux et leurs applications

UE-SF 6 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Pharmaco-toxicologie

Objectifs : L'objectif majeur de cette UE est de permettre aux étudiants d'appréhender l'organisation de l'industrie pharmaceutique et de son marché. L'introduction à la pharmacodynamique et la pharmacocinétique exposera les caractéristiques physiques et chimiques des principaux groupes de xénobiotiques et les voies et moyens qui conduisent à leurs différentes propriétés. A la fois dans le domaine de la formulation des médicaments, de leur devenir dans l'organisme et dans l'environnement et de leur toxicité et/ou activité pharmacologique. L'approche analytique et de développement d'un médicament, ainsi que la réglementation et la sécurité chimique seront également abordés.

Pré-requis recommandés : Physiologie cellulaire, Enzymologie, Physiologie des grandes fonctions, Biochimie métabolique.

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (6h), TP (18h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 4

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Introduction à la pharmacologie :

- Définitions et origines d'un produit actif ;
- Différentes étapes de la vie d'un médicament, Formes galéniques, Voies d'administration ;

2. Devenir d'un médicament dans l'organisme :

- Franchissement des barrières et biodisponibilité ;
- Etapes majeures de cheminement : Absorption, Métabolisme, Elimination.

3. Notions de Pharmacodynamique :

- Modes d'action des médicaments ;
- Effet thérapeutique et effet Placebo ;
- Structures et classification des récepteurs ;
- Interaction médicament-récepteur, Interactions médicamenteuses.

4. Biotechnologie des médicaments :

- Mesure de l'effet des médicaments : l'expérience, les données, leur interprétation ;
- Outils technologiques d'identification des molécules d'intérêt thérapeutique ;
- Bioinformatique, Drug design, Stratégies d'analyses et de recherche pharmaceutiques.

5. Introduction à la toxicologie :

- Définitions et concepts : Toxiques, toxines, xénobiotiques, doses, dose-effet
- Classes de toxiques : Médicaments, Toxines, Toxiques agroalimentaires, xénobiotiques.

6. Effets toxiques :

- Mécanismes d'action des toxiques ;

- Métabolisme et transport des toxiques ;
- Action toxique : Accidents, Effets indésirables, Effets toxiques, Dépendances et abus, Effets mutagènes et cancérigènes, Effets nocifs des excipients et impuretés, Interactions ;
- Toxicologie d'organes : Organes cibles, Méthodes d'étude (*in vivo* / *in vitro*), Immunotoxicologie ;
- Toxicologie des médicaments issus des biotechnologies ;
- Méthodes d'étude classiques et alternatives : Modèles animaux, Modèles cellulaires ;

7. Aspects réglementaires et de Sécurité chimique.

TRAVAUX PRATIQUES

- Préparation d'une solution antiseptique
- Etude d'un analgésique (Aspirine/agent algogène, acide Acétique)
- Mesure de l'effet d'un diurétique sur le rat.

UE-SF 7 : Unité d'enseignement de sciences fondamentales

Technologies de Biologie moléculaire

Objectifs : Ce programme proposé sous forme de cours et d'ateliers a pour but de familiariser les élèves avec les principales technologies de génie génétique et de séquençage des acides nucléiques et leurs applications.

Pré-requis recommandés : Biologie cellulaire, Biologie moléculaire, Génomique et post-génomique

Volume horaire global : 45h

Nature des enseignements : Cours (21h), TP (24h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Outils de génie génétique :

- Les enzymes de restrictions et de modifications.
- Vecteurs de clonage (procaryotes et eucaryotes)

2. Techniques de génie génétique :

- Clonage moléculaire.
- Technologie de l'ADN recombinant chez les eucaryotes.
- Les Banques d'ADN.
- Hybridation moléculaire.
- Techniques de mutagenèse dirigée.
- ARN interférence
- Cartographie de l'ADN (RFLP, RAPD)

3. Le séquençage des acides nucléiques

4. Séquençage massif des génomes

5. L'analyse des génomes

6. La Métagénomique

7. Chip-chip et Chip-seq.

Travaux Pratiques

- Extraction, purification, séparation et amplification des acides nucléiques.
- Clonage moléculaire (digestion, ligation, transformation).
- Analyse et établissement de cartes de restriction.
- Séquençage d'ADN par la technologie SANGER.
- Analyse métagénomique d'une communauté microbienne.
- Analyse transcriptomique sur puce (génomique fonctionnelle).

UE-SF 7 : Unité d'enseignement de Sciences de l'Ingénieur

Méthodes d'analyses

Objectifs : Maîtrise des principales techniques d'analyses d'usage courant dans les divers domaines des biotechnologies pharmaceutiques, industrielles et environnementales. Acquisition des principes méthodologiques et du savoir faire pour l'utilisation et le choix de l'appareillage et des méthodes adéquats à toute analyse d'un milieu ou d'une matrice biologique.

Pré-requis recommandés : Chimie inorganique, Chimie organique, Biochimie structurale.

Volume horaire : 60h ;

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (9h), TP (ateliers, 30h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 3

Contenu

1. Méthodes d'extraction, de préparation et de fractionnement, Principes et applications

- Prélèvements et échantillonnage
- Conservation (congélation, lyophilisation)
- Précipitation, Dialyse et Filtration ;
- Centrifugation et ultracentrifugation.

2. Méthodes spectroscopiques, Principes et applications

- Spectroscopie de Masse : Grandes techniques (Impact Electronique, Ionisation Chimique, MALDI et Electrospray ;
- Spectroscopie de vibration (IR) : Rappels des notions fondamentales, application à l'analyse fonctionnelle et à l'étude d'interactions intermoléculaires ;
- Spectroscopie RMN 1D, 1H et 13C : déplacement chimique et couplage, Equivalence magnétique et chimique, Notion de sous spectres du premier et du second ordre, Influence du champ et du solvant, Spectre carbone couplé et non découplé des protons : généralités sur les couplages C-H ;
- Fluorimétrie : principes et domaine d'application.

3. Méthodes spectrométriques, principes et applications

- Spectrométrie d'absorption atomique à flamme couplé à un four graphite et à un système à Hydrure ;
- ICP-MS et ICP-AOS ;
- ICP-MS couplée à l'HPLC pour l'analyse de spéciation. Calculs de spéciation par logiciels Spécialisés ;
- Colorimétrie et spectrophotométrie UV/visible.

4. Méthodes électrophorétiques, principes et applications

- Principe de l'électrophorèse ;
- Les différents types d'électrophorèse et les domaines d'utilisation ;
- Les différentes méthodes de révélation.

5. Méthodes isotopiques

- Principes d'utilisation des radio-isotopes ;
- Utilisation et mesure de la radioactivité ;
- Equipements et Radio-protection.

5. Système de cristallographie à rayons X, principes et utilisations

6. Immunofluorescence, Analyseur de Cytométrie en flux, Système d'analyse en temps réel

Travaux pratiques :

- Analyse de marqueurs et de paramètres biologiques

- Mesure d'activités enzymatiques chez des plantes et des animaux par spectrophotomètre UV/Visible ;
- Dosage de la proline, de la chlorophylle et du carotène chez des plantes par spectrophotomètre UV/Visible

- Analyse des protéines :

- Cartographie peptidique et détermination des ponts disulfures par SM et/ou HPLC ;
- Identification du point isoélectrique par Electrophorèse sur gel 1D et 2D ;
- Détermination de la séquence N-terminale par SDS-Page et western blot ;
- Confirmation des ponts disulfures par RMN 2D ;
- Analyse des cristaux (en cas de cristallisation de la protéine) par Cristallographie RX.

- Analyse des éléments traces (cadmium, plomb, chrome...)

- Echantillonnage et préparation des différentes matrices (sol, eau, milieu de production, produit fini) ;
- Réalisation de la courbe d'étalonnage ;
- Dosage par Spectrophotomètre d'absorption atomique couplée à un four graphite (HGAAS), par ICPAOS ou ICPMS.

- Analyse de micropolluants organiques et de composés organiques volatiles (COV)

- Analyse des micropolluants organiques dans différentes matrices (sol, eau, air et produits de fabrication) par HPLC ;
- Analyse des composés organiques volatils (COV) dans l'air et des Impuretés volatiles résiduelles (solvants résiduels) dans les produits de fabrication par (CPG).

UE-SI 7 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Biotechnologies médicales & pharmaceutiques

Objectifs : Le programme a pour objectif d'exposer les principales applications biotechnologiques actuelles et prospectives dans le domaine des applications médicales et pharmaceutiques. Il expose aussi les catégories de médicaments issus des biotechnologies et la nature de leurs bioressources (microbiennes, végétales, animales). De même que l'apport des biotechnologies à la conception de nouveaux médicaments, à travers les principales applications biotechnologiques en ce domaine, en particulier : le Génie génétique, la Génomique et la Protéomique.

Pré-requis recommandés : Chimie organique, Microbiologie, Biochimie métabolique, Biotechnologies cellulaires, Biotechnologies moléculaires, bioprocédés.

Volume horaire global : 21h

Nature des enseignements : Cours (21h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Bioressources de médicaments

- Plantes médicinales et phytothérapie : sources de plantes d'intérêt thérapeutiques, criblage (criblage biologique systématique, criblage phytochimique, criblage bibliographique), Principes actifs, Méthodes de récolte et d'extraction, Pharmacotoxycologie des plantes thérapeutiques, Applications industrielles ;
- Bioressources microbiennes : Microorganismes d'intérêt pharmaceutique, Techniques de screening et culture de souches, Produits microbiologiques majeurs (Antibiotiques, enzymes, vitamines et arômes, biosurfactants...) ;
- Bioressources animales : Métabolites d'intérêt, transgénèse animale et modèles animaux, principes généraux de vaccinologie, Principes de thérapie génique, Principes de l'ingénierie des anticorps monoclonaux, Applications industrielles et immunobiotechnologie.

2. Apport des biotechnologies dans la production pharmaceutique

- Biotechnologie et grands groupes industrie pharmaceutique ;
- Techniques de mise au point de nouveaux médicaments : Apport de la génomique, de la protéomique et du génie génétique et des cultures cellulaires à l'innovation médicamenteuse, Technique des cellules hybridomes ;
- Bioprocédés et production de protéines recombinantes ;
- Principales catégories de médicaments issus des biotechnologies : Hormones, cytokines, Insuline, Vaccins...
- Biomatériaux : Généralités sur les biomatériaux et principes de fonctionnement, Biomimétisme et biocompatibilité, Différents types de biomatériaux, Interactions milieu biologique-biomatériaux, Applications ;

Chapitre 3. Aspects réglementaire et éthiques

UE-SI 7 : Unité d'Enseignement de sciences de l'Ingénieur

Biotechnologies de l'Environnement

Objectifs : Exposé de la problématique de production de traitement et de recyclage des déchets et résidus domestiques, agricoles et industriels. Ainsi que des possibilités et perspectives de leur traitement épuratif et/ou de recyclage et de valorisation. Acquisition de connaissances et de compétences pour la définition, le développement, l'utilisation et le contrôle de processus de biotechnologie appliqués aux problèmes de pollution de l'environnement dans leur diversité.

Pré-requis recommandés : Microbiologie, Biochimie microbienne, Pollutions, Génie des procédés.

Volume horaire global : 21h

Nature des enseignements : Cours (21h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu :

Introduction:

- Rappels de notions essentielles : Sources de pollution de l'air, de l'eau, et des sols, Chimie environnementale, Biochimie et Cycle de l'eau ;
- Principes et intérêts généraux : Chimie analytique de la pollution, Cycles de transformation des rejets (solides, liquides et gazeux), Problématiques de gestion des matières résiduelles, urbaines et industrielles, Lois et réglementation nationales et internationales et leurs applications.

1. Techniques de traitement des eaux (potables et usées)

- Ressources en eau, composition de l'eau naturelle, régulation du cycle de l'eau potable et gestion des ressources, problématique des eaux usées ;
- Principes de production de l'eau potable : Processus physico-chimiques, oxydation, désinfection, processus d'adsorption, technologies membranaires, processus biologiques, procédés standards, procédés mixtes ;
- Principes de traitement de la pollution organique et inorganique des eaux usées : Traitements primaire, secondaire et tertiaire, découplage des temps de résidence hydraulique et des boues ;
- Station d'épuration à boues activées et à biomasse fixée : Principes de fonctionnement et diagrammes de traitement, configuration des systèmes ;
- Processus de l'élimination biologique et chimique de l'azote et du phosphore ;
- Tableau récapitulatif des techniques et de leurs applications.

2. Collecte et traitement des rejets solides et des boues de stations

- Incinération et cendres volantes ;
- Compostage (diverses techniques) ;
- Enfouissement et gestion des lixiviats ;
- Valorisation des sous produits.

3. Valorisation énergétique de la biomasse (biogaz, bioéthanol, biodiesel)

- Procédés de bio méthanisation : Principes et aspects techniques, biogaz, applications en milieu agricole, exploitation et optimisation ;

- Etude thermodynamique en co-générateur, Rendement ;
- Les plantes sources d'énergie renouvelable ;
- Études de cas.

4. Bioremédiation

- Introduction à la bioremédiation : Principes et applications ;
- Processus d'oxydo-reduction et diversité de l'action métabolique des bactéries de dépollution, Aspects fondamentaux de la Biodégradation, Exemples d'applications.

5. Phytoremédiation

- Principes, Avantages et limites d'application ;
- Métabolisme des polluants dans les plantes ;
- Utilisation de plantes pour traiter des sites aquatiques et telluriques contaminés par des métaux toxiques et des polluants organiques ;

6. Biomonitoring

- Utilisation de systèmes biologiques pour le suivi de molécules chimiques ;
- Analyse des gènes ;
- Contrôle de la toxicité.

UE-SI 8 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Bioconversions

Objectifs : Cet enseignement a pour objectif de situer les conditions d'utilisation exceptionnellement douces des biocatalyseurs (microorganismes entiers et enzymes isolées), comparés aux méthodes classiques de la chimie organique, et leurs applications spécifiques et à haut rendement en "chimie verte", notamment dans les domaines de : la valorisation de la masse cellulosique et la production de biocarburants, la production de médicaments et de métabolites d'intérêt... Dans la perspective aussi de projection industrielle des procédés développés en laboratoire ou à l'échelle pilote.

Pré-requis recommandés : Biochimie structurale, Biochimie métabolique, Microbiologie, Génie enzymatique, Biologie moléculaire, Microbiologie industrielle.

Volume horaire global : 60h

Nature des enseignements : Cours (21h), TD (9h), TP (30h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 4

Nombre de Crédits : 4

Contenu

1. Génie des procédés des bioconversions

- Principes généraux : Définition, Problématique et Intérêt, Choix du catalyseur (cellule ou enzyme, libre ou fixe) ;
- Réacteurs de bioconversions enzymatiques, Modes de production des enzymes de bioconversion ;

2. Applications industrielle à la production de micro-algues

- Biologie des micro-algues et Technologies de Cultures ;
- Contrôle et paramètres de croissance, Récolte, Séchage, Extraction des lipides, Séparation des protéines ;
- Conversion et valorisation de la biomasse et des coproduits : biocarburants, lipides, protéines ;
- Intégration aux les stations d'épuration industrielles ;
- Marché : valeur, chaîne de la valeur, opérateurs, évolution ;
- Aspects réglementaires (Algérie, UE, USA, autres) ;
- Opportunités économiques et challenges technologiques de la filière micro-algale.

3. Applications aux biocarburants

- Evolution technologique et générationnelle des biocarburants ;
- Technologie de production des biocarburants : Substrats, Procédés de bioproduction, organismes, Réacteurs de bioconversion ;
- La Méthanisation : Procédés, Microorganismes, Conditions opératoires, Substrats, Biogaz, Applications aux effluents industriels, Applications aux déchets et effluents domestiques, Perspectives environnementales et économiques ;

4. Autres applications

- Applications alimentaires majeures : Bioconversions des sucres, Bioconversions des acides aminés, Amidons transformés, hydrolyse des protéines... ;
- Applications industrielles majeures : Biotechnologies des biocarburants, Applications pharmaceutiques (Bioconversions des antibiotiques, Bioconversion des stérols), Applications

chimiques (acides aminés, nitrile-amide...);

- Applications industrielles d'enzymes thermostables (amylase haute température...);
- Applications en métallurgie extractive.

TRAVAUX PRATIQUES

- Etude de cas : Exemple de procédé de bioconversion, depuis le laboratoire jusqu'au stade industriel.
- Culture de micro-algues en photo-bioréacteur batch : séparation, séchage et conditionnement des produits.
- Production de biocarburant en pilote industriel.
- Production de biogaz à partir de déchets domestiques.

UE-SI 8 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Modélisation & Simulation des systèmes biologiques

Objectifs : L'objectif est la maîtrise des outils théoriques requis à la compréhension de la simulation et de la modélisation de biomolécules et de processus et systèmes biologiques, par l'analyse et la projection mathématique de modèles dynamiques. Ce qui implique l'intégration par les élèves-ingénieurs des interactions de connaissances issues de domaines différents.

Pré-requis recommandés : Equations différentielles aux différences, méthodes numériques.

Volume horaire : 60h, Cours (36), TP (24h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 3

Nombre de Crédits : 4

Contenu

1. INTRODUCTION A LA MODELISATION ET A LA SIMULATION

- MODELISATION : Notion de système dynamique, Notion de modèle. Classification des modèles (déterministes ou stochastiques ; statiques, dynamiques ou chaotiques, ...). Exemples de modèles mathématiques en biologie: croissance bactérienne, dynamique des populations, évolution de maladies infectieuses, modélisation de systèmes physiologiques, modélisation des neurones... ;
- SIMULATION : définition et intérêt de la simulation, différents types de simulation (physique, analogique, et numérique). Logiciels de simulation utilisés en biologie.

2. MODELISATION DETERMINISTE

- Équations différentielles ordinaires linéaires à coefficients constants ;
- Équations simultanées à coefficients constants ;
- Équations aux dérivées partielles ;
- Equations aux différences.

3. MODELISATION STATISTIQUE

- Rappel sur les notions de probabilités (variables aléatoires, densités de probabilité, ...) ;
- Modèles linéaires généralisés ;
- Chaines de Markov ;
- Mouvement Brownien ;
- Équations différentielles stochastiques.

4. MODELISATION CHAOTIQUE

- Notion de comportement chaotique dans les systèmes biologiques ;
- Chaos déterministe.

5. ETUDES DE CAS EN BIOLOGIE

- Division cellulaire ;
- Cinétique chimique ;
- Proies-prédateurs ;
- Croissance de tumeurs ;
- Épidémie.

Travaux Pratiques : Les TP consistent à développer par les étudiants des programmes informatiques de simulation numérique des comportements décrits par les modèles du chapitre 5.

UE-SC 4 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Bioéthique

Objectifs : Développer chez l'étudiant un esprit critique qui le rende capable d'identifier les enjeux éthiques des progrès scientifiques et technologiques dans le domaine des sciences de la vie et de la santé, afin d'intégrer cette réflexion éthique à sa pratique professionnelle.

Pré-requis recommandés : Connaissances générale, Economie de l'entreprise.

Volume horaire global : 9h

Nature des enseignements : Cours (9h)

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Historique sur la déontologie, l'éthique et la bioéthique
 - Courants d'éthique contemporain : éthique délibérative + pragmatisme + rationalisme,
 - Fondement de l'éthique divine (religion musulmane, croyances et religions monothéistes) et éthique positive (posée par l'homme).
2. Textes législatifs algériens (droit général et droit spécial : code de la sante, déontologie, loi sur la transfusion sanguine, code de la sécurité sociale,...etc. -Traités et conventions internationaux. Les déclarations en bioéthique (à achever).Déclaration universelle en bioéthique (droits de l'homme, sur la bioéthique et des droits de l'homme, d'Helsinki, Singapour.
3. Domaines de la bioéthique appliquée à la biotechnologie.
4. Secret professionnel : secret scientifique appliqué à la biotechnologie (types, caractéristiques, dérogations légales, les infractions en cas de viol du secret SC,...etc.
5. Expertises biotechnologique (autorité de décision, déroulement, scelles et matériel, homologations des méthodes d'analyses et moyens scientifiques et techniques, résultats, discussion et conclusion, rédaction du rapport, témoignage (administratif/judiciaire).
6. Protocoles de recherche utilisant les cellules souches (projet CERSV et comité d'éthique des sciences de la sante).
7. Protocoles de recherche utilisant les animaux de laboratoire (prescriptions éthiques et proscription).
8. Prévention des risques liés aux manipulations du laboratoire en biotechnologie « assurance – qualité, sécurité ».

UE-SC 4 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Anglais 4

Objectifs : Développer la capacité des étudiants à s'exprimer à l'oral et à l'écrit, enrichir leur vocabulaire dans les domaines scientifiques, les préparer à présenter un exposé scientifique. Renforcer leur compréhension écrite et orale de l'anglais.

Pré-requis recommandés : Notions de bases en langue anglaise

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (12h), TP (18h).

Semestre d'étude : 4

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Analyse d'articles scientifiques en anglais ;
2. Ecrire et lire un rapport en anglais ;
3. Présentations scientifiques ;
4. Communications par e-mail, forums, réseaux sociaux...

PS : Ce programme constitue le prolongement du module Anglais 3 enseigné au 3^{ème} Semestre, dans le cadre d'un programme d'enseignement de progression annuelle.

Programme de 3^{ème} année cycle du Ingéniorat : Semestres 5 et 6

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|------|------|----|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| Semestre 5 (3 ^{ème} année second cycle / 5 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| <u>UE-SI 8</u> | - Biotechnologies végétales | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Biotechnologies animales | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| <u>UE-SI 9</u> | - Ateliers de bioengineering | - | - | 180h | 180h | 6 | 18 |
| <u>UE-I10</u> | - Séparation industrielle des Biomolécules | 35h | - | 40h | 75h | 4 | 4 |
| <u>UE-SC5</u> | - Validation des procédés | 15h | - | - | 15h | 2 | 2 |
| | - Bonnes pratiques de fabrication | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 5 | 12h | 18h | | 30h | 1 | 1 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 357h | 30 | |
| Semestre 6 (3 ^{ème} année second cycle / 5 ^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| Projet de Fin d'Etudes | | | | | | | 30 |

Programme de 3^{ème} année cycle du Ingéniorat : Semestre 5

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|--|--------------------------|-----|------|-------------|-----------|-----|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| <u>Semestre 5</u> (3^{ème} année second cycle / 5^{ème} année d'ingéniorat) | | | | | | | |
| <u>UE-SI 8</u> | - Biotechnologie végétale | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| | - Biotechnologie animale | 21h | - | - | 21h | 2 | 2 |
| <u>UE-SI 9</u> | - Ateliers de bioengineering | - | - | 180h | 180h | 6 | 18 |
| <u>UE-I10</u> | - Séparation industrielle des Biomolécules | 35h | - | 40h | 75h | 4 | 4 |
| <u>UE-SC5</u> | - Validation des procédés | 15h | - | - | 15h | 2 | 2 |
| | - Bonnes pratiques de fabrication | 15h | - | - | 15h | 1 | 1 |
| | - Anglais 5 | 12h | 18h | | 30h | 1 | 1 |
| Volume horaire et crédits semestriels | | | | | 357h | 30 | |

UE-SI 8 : Unité d'Enseignement de sciences de l'ingénieur

Biotechnologies végétales

Objectifs : L'objectif de cette UE est d'indiquer aux élèves-ingénieurs l'état actuel et prospectif des biotechnologies végétales, en permettant l'acquisition des principes de base sur leurs différents aspects techniques, tels que : les mécanismes fondamentaux régissant la croissance et la différenciation chez les végétaux vasculaires, la culture *in vitro* des tissus végétaux et leur utilisation dans les différents domaines de la production végétale, la micropropagation et l'amélioration des plantes, la modification des génomes par fusion somatique ou par transfert dirigé de gènes d'intérêt pour diverses applications...

Pré-requis recommandés : Biologie végétale, Biologie moléculaire, Génomique et post génomique.

Volume horaire global : 21h

Nature des enseignements : Cours (21h)

Semestre d'étude : 5

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Introduction

- Une brève histoire de la biotechnologie végétale et les méthodes traditionnelles de multiplication et d'amélioration des plantes.
- Les apports des biotechnologies à la sélection classique, Place des biotechnologies dans un programme de sélection ;
- Rappels sur quelques notions de biologie: les fondements et les techniques de la culture *in vitro* et la maîtrise de la reproduction.
- Rappels succincts sur les Génomes végétaux.

2. Exploiter la diversité

- L'introduction de nouveaux caractères;
- La fusion de protoplastes et applications ;
- La transgénèse: Le génie génétique, les étapes de la transgénèse, la transformation biologique, Le transfert direct, l'obtention d'une variété OGM ;
- Les domaines d'application de la transgénèse;
- La réglementation sur les OGM, hygiène, sécurité, éthique et débats publics.

3. Diminuer la durée de création

- L'haplodiploïdisation : La fixation plus rapide du matériel végétal, Le principe de l'haplodiploïdisation ;
- La culture d'embryons immatures (sauvetage des embryons)

4. La biotechnologie des micro algues et des macro algues

UE-SI 8 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Biotechnologies animales

Objectifs : Permettre l'acquisition des notions majeures de biologie de la reproduction et d'embryologie, de reproduction assistée. D'initiation également à la culture et à la manipulation de cellules animales ainsi qu'à la transgénèse animale, dans le cadre des techniques de disponibilité actuelle et prospective.

Pré-requis recommandés : Biologie animale, Histologie, Biologie cellulaire, Biologie moléculaire.

Volume horaire global : 21h

Nature des enseignements : Cours (21h)

Semestre d'étude : 5

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 2

Contenu

1. Principes généraux

- Biologie de la reproduction (parturition) ;
- Croissance et différenciation *in vitro*.

2. Techniques de transgénèse

- Hybridation cellulaire ;
- Fusion cellulaire ;
- Notion de chimères ;
- Clonage ;
- Micro-injection de gène chez les animaux ;
- Transfert de gènes par l'intermédiaire de cellules embryonnaires ;
- Transfert de gènes dans les gamètes.

4. Les principaux modèles animaux

- Principaux modèles animaux ;
- Animaux génétiquement identiques.

5. Reproduction animale assistée

- Insémination artificielle ;
- Fécondation *in vitro* ;
- Cryopréservation d'ovocytes et d'embryons, technologie du sperme ;
- Bioréacteur pour la culture en masse de cellules animales.

UE-SI 9 : Unité d'enseignement de sciences de l'Ingénieur

Ateliers de Bioingénierie

Objectifs : Le but des ateliers de Bioingénierie est de permettre à l'élève-ingénieur de mener seul ou en groupe restreint un mini-projet appliqué, allant de la phase de la conception (procédé/Substrat-produit/Modèle) jusqu'à la réalisation et l'analyse des résultats. Les projets sont proposés par les étudiants et agréés par le comité d'enseignants chargé de l'évaluation et de la supervision de cette tâche au niveau de l'Ecole, dans sa faisabilité et son déroulement. Ils correspondent à des applications étalées sur une semaine. Chaque atelier porte sur une application technologique ciblée, traitant d'une problématique du secteur industriel partenaire ou mettant en œuvre une approche d'application originale.

Pré-requis recommandés : Bioprocédés, Biologie cellulaire, Biologie moléculaire, Bioinformatique, Biotechnologies animales, Biotechnologies végétales, Biotechnologies médicales et pharmaceutiques, Biotechnologie de l'environnement.

Volume horaire global : 1 semaine (matinée ou après midi)

Nature des enseignements : Ateliers, 1 semaine/atelier

Semestre d'étude : 5

Coefficient : 5

Nombre de Crédits : 18

Contenu

Les ateliers sont organisés au niveau des Halls de technologie et/ou des laboratoires. Pour valider l'UE, l'élève-ingénieur doit réaliser, au choix, 3 ateliers parmi la liste suivante, mise à jour à chaque session, en fonction des opportunités et des conditions matérielles de l'Ecole.

- Bioconversion de substrat ;
- Application enzymatique à la transformation d'un substrat ou l'obtention d'un produit ;
- Purification d'un extrait enzymatique ;
- Amélioration de l'activité d'une enzyme (analyse structurale, mutation, production, criblage et test d'activité) ;
- Conduite d'un processus de fermentation substrat-produit ;
- Application intégrée d'opérations unitaires en un procédé de production ;
- Option d'amélioration d'un bioprocédé ;
- Biodégradation d'un composé polluant ;
- Production de cellules iPS à partir de fibroblastes murins ;
- Mise en place d'une stratégie de culture *in vitro* d'une plante locale d'intérêt ;
- Préparation et test d'un biomatériau (surface intelligente) ;
- Fabrication d'une puce à ADN ;
- Fabrication d'une puce à protéines ;
- Conception et réalisation d'un projet bioinformatique *in silico*...

UE-SI 10 : Unité d'enseignement de sciences de l'ingénieur

Séparation industrielle des biomolécules

Objectifs : Concrétiser les connaissances théoriques acquises par les étudiants dans les différents domaines de Biochimie, d'Enzymologie et de Génie enzymatique, de Bioprocédés et de Microbiologie industrielle, par des applications permettant l'obtention du produit final issu du procédé appliqué. Permettre aux étudiants d'acquérir les formations de base sur le traitement des biomolécules en les intégrant à la préservation de leurs propriétés physicochimiques majeures.

Pré-requis recommandés : Génie des procédés, Bioprocédés, Microbiologie industrielle.

Volume horaire global : 5

Nature des enseignements : Cours (35h), TP (40h)

Semestre d'étude : 5

Coefficient : 4

Nombre de Crédits : 4

Contenu

1. Principes de récolte des cellules et de clarification

- Récupération des constituants intracellulaires ;
- Concentration des produits biologiques,

2. Chromatographie industrielle

- Principes de purification par chromatographie ;
- Principes de la chromatographie linéaire ;
- Principes de fonctionnement des colonnes chromatographiques ;
- Front d'absorption, Fronts d'élution, Pics linéaires et non linéaires, Régime cyclique ;
- Différents types de supports ;
- Différents types de chromatographies associés ;
- Isothermes d'équilibre : linéaire, non linéaire, multi-composants ;
- Mesures-Package ;
- Procédés de chromatographie : Absorption/extraction en réacteur batch, Procédés en colonnes (lits fixes, lits expansés, lits mobiles, Applications ;
- Chromatographie industrielle des biomolécules ;
- Schéma de fonctionnement des différentes techniques de chromatographie dans un processus industriel de purification : adsorption, échange d'ions, interactions hydrophobes, affinité, gel-filtration.

3. Séparation par centrifugation et Décantation

- Mécanismes de sédimentation et de centrifugation ;
- Equipements et applications industrielles.
- Principes de la décantation centrifuge : décantation d'une partie isolée ou en milieu Concentré, Décantation gravitaire et influence de l'accélération centrifuge, Nombre de « g », notion de surface équivalente.
- Technologie et mode de fonctionnement des différentes machines : décanteuses à bol cylindrique, à bol ouvrant, à vis, séparateurs à chambres, centrifugeuses à assiettes.
- Exploitation et suivi des performances : cycles de fonctionnement. Paramètres de conduite. Automatisation, Incidents mécaniques, Sécurité.

4. Filtration industrielle

- Mécanismes de la filtration : filtration sur support ou en profondeur, adjuvants de filtration, Propriétés des liquides à filtrer, Media filtrants ;
- Caractérisation de la séparation recherchée : bilan matière, qualité de la séparation, efficacité, seuil de séparation ;
- Technologie des principaux types de filtres : à cartouches, à tamis, à cadres, à pré-couche, à sable, rotatifs, filtres-presse... ;
- Fonctionnement des filtres en opération : gestion des étapes du cycle, suivi des opérations et de la qualité de la séparation. Automatisation des séquences. Systèmes de vide. Incidents de marche : diagnostic et actions correctives.

4. Extraction par solvants

- Principes généraux ;
- Equipements et applications industrielles.

Travaux pratiques

- Réalisation d'une colonne de chromatographie d'exclusion (Séphacyl 200), utilisation pour l'estimation du PM de la Péroxydase (navet...).
- HPLC : Détermination de la teneur en caféine de boissons au cola (Coca cola/Pepsi cola), avec utilisation d'un étalon interne.
- CPG : Dosage des AGV fermentaires de cultures bactériennes anaérobies (*Clostridium*...).
- Visites d'installations industrielles.

UE-SC 5 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Validation des procédés

Objectifs : Comprendre les enjeux de la validation des procédés appliqués et de l'Assurance Qualité (AQ) à considérer aux différents niveaux de l'activité industrielle.

- Connaître la méthodologie de mise en œuvre d'une démarche et d'une organisation, compatibles avec les contraintes spécifiques de qualité de la production industrielle considérée ;
- Être capable de mettre en œuvre la validation des procédés ;
- Intégrer le Contrôle Qualité (CQ) dans le processus industriel.

Pré-requis recommandés : Notions de processus et d'organisation industrielle, Connaissances générales en biotechnologies et bioprocédés.

Volume horaire global : 15h

Nature des enseignements : Cours-TD (15h)

Semestre d'étude : 5

Coefficient : 2

Nombre de Crédits : 1

Contenu

11. Qualification et validation d'un procédé : Principes et applications ;

- 2- Qualification des équipements : QC, QI, QO et QP ;
- 3- Validation d'un procédé ;
- 4- Démarche et étapes de la validation ;
- 5- Exemples de validation de procédés ;
- 6- Métrologie et cartes de contrôle ;
- 7- Etude de cas : qualification et validations d'un procédé sur un nouveau site de production.

UE-SC 5 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Bonnes pratiques de fabrication

Objectifs : Ce cours vise à établir les normes et la réglementation sur lesquelles reposent toutes les opérations de production. Il amènera l'étudiant à reconnaître les principes de la qualité s'appliquant à tous les domaines de la production et à définir son rôle au sein du processus de production biotechnologique. Les sujets abordés dans le cours permettront à l'étudiant de saisir l'importance de l'environnement rigoureux dans lequel sont fabriqués et conditionnés les produits reliés à la santé.

Pré-requis recommandés : Connaissances générales, Pratique des TP en laboratoires et halls de technologie.

Volume horaire global : 15h

Nature des enseignements : cours (15h)

Semestre d'étude : 5

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

12. **NOTIONS DE BASE :** Règlements, normes, Hygiène, Sécurité, Poste de travail, Catégories de personnels...

2. ENTRETIEN DES LOCAUX DE PRODUCTION

- Mesure de contrôle antiparasitaire
- Surveillance et maintien des pressions différentielles : température et humidité

3. UTILISATION ET NETTOYAGE DES EQUIPEMENTS

- Conception et utilisation
- Nettoyage
- Étalonnage/calibration : Principes, entretien et maintenance.

4. ROLES ET RESPONSABILITES DU PERSONNEL

- Attitude et comportement
- Formation et qualification
- Rôles et responsabilités
- Hygiène, sécurité et santé

5. DOCUMENTATION

- Documents-types de production et enregistrements
- Principes de documentation
- Optimisation des procédures

6. APPROVISIONNEMENT ET CONTROLE DES MATIERES PREMIERES (MPS)

- Provenance des MPs
- Étiquetage, certificat d'analyse et certificat de conformité
- Ententes contractuelles
- Contrôle de qualité des MPs
- Date de péremption et re-contrôle
- L'eau comme matière première

7. APPROVISIONNEMENT ET CONTROLE DU MATERIEL D'EMBALLAGE

- Provenance, type et spécification du matériel d'emballage
- Contrôle du matériel imprimé
- Réception du matériel d'emballage
- Inspection des caractéristiques physiques, chimiques ou microbiologiques
- Durée de conservation

8. CONTROLE QUALITE DES PRODUITS FINIS ET SEMI-FINIS

- Spécification des produits finis
- Méthodes d'analyse
- Contrôle qualité des produits finis selon leur provenance
- Traitement des non-conformités
- Stabilité des produits

9. CONTROLES DE FABRICATION

- Processus d'approvisionnement
- Réception et entreposage
- Inspection et contrôle qualité
- Fabrication
- Emballage
- Entreposage et distribution des produits finis

10. REGLEMENTATION ET VALIDATION DES PROCESSUS BIOTECHNOLOGIQUES

- Généralités
- Réglementation et guides : FDA,..
- Procédures liées à la validation
- Les plans maîtres de validation (VMP)
- Plans de qualification et de validation
- Analyse des documents de validation

11. ÉVALUATION STATISTIQUE DE LA QUALITE

- La courbe normale
- Différents outils statistiques pour évaluation de la qualité
- Élaborer un graphique de contrôle
- Interprétation du graphique de contrôle.

12. LES BONNES PRATIQUES DE LABORATOIRE

- Le cahier de laboratoire, Archives de laboratoire ;
- Procédures opératoires standards ;
- Gestion des produits et solutions : Etiquetage, Catégorisation, Stockage ;
- Gestion des déchets et effluents ;
- Entretien et maintenance des équipements.

Travaux Pratiques

- Sortie visite d'une usine : Hygiène, aménagement des locaux, équipements, contrôle du matériel. Compte rendu individuel de la visite.
- Exercice synthèse de situations non conformes.
- Activité synthèse : applications de bonnes pratiques de fabrication par type d'activités : Personnel, locaux, équipements, MPs et matériel d'emballage, produits finis et stabilité, contrôle de fabrication.
- Élaborer des courbes de contrôle et interprétation.

UE-SC 5 : Unité d'enseignement de sciences complémentaires

Anglais 5

Objectifs : Développer la capacité des étudiants à s'exprimer à l'oral et à l'écrit, enrichir leur vocabulaire dans les domaines scientifiques, les préparer à présenter un exposé scientifique. Renforcer leur compréhension écrite et orale de l'anglais.

Pré-requis recommandés : Notions de bases en langue anglaise

Volume horaire global : 30h

Nature des enseignements : Cours (12h), TP (18h).

Semestre d'étude : 5

Coefficient : 1

Nombre de Crédits : 1

Contenu

1. Analyse d'articles scientifiques en anglais ;
2. Rédaction de synthèse d'articles scientifiques ;
3. Travail sur des projets ;
4. Construction de présentation et commentaires en Power point ;
5. Présentation orale de communications
6. Débats.

Programme de 3^{ème} année cycle du Ingéniorat : Semestre 6

| UE | Matières | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--|----------|--------------------------|----|----|-----|----|-----------|
| | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| <u>Semestre 6</u> (3^{ème} année second cycle / 5^{ème} année d’ingéniorat) | | | | | | | |
| Projet de Fin d’Etudes | | | | | | | |
| (3-5 mois en entreprise ou en laboratoire ou hall technologique de R&D avec mémoire de PFE) | | | | | | | |
| | | | | | | | 30 |

Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie

Programme : Cycle préparatoire 1^{ère} et 2^{ème} années

| Unités d'Enseignement | Matières | Semestre d'étude | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|-----------------------|---|------------------|--------------------------|-----|-----|------|----|-----|
| | | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| | 1 ^{ère} Année | | | | | | | |
| UE 1 : Biologie 1 | - Bio-001 : Biologie et Physiologie Cellulaires | S1 | 45h | 10 | 20h | 75h | 4 | 5 |
| | - Bio-002: Histologie | S2 | 35h | - | 25h | 60h | 2 | 4 |
| UE 2 : Biologie 2 | - Bio-003: Biologie et Physiologie végétales | S1 | 45h | 10 | 20h | 75h | 3 | 5 |
| | - Bio-004 : Biologie et Physiologie animales | S2 | 30h | 10 | 20h | 60h | 3 | 5 |
| UE 3 : Chimie 1 | - Chm-001 : Chimie générale | S1 | 35h | 15h | 10h | 60h | 3 | 6 |
| | - Chm-002 : Chimie analytique | S2 | 45h | 15h | 15h | 75h | 4 | 6 |
| UE 4 : Physique 1 | - Phy-001 : Physique 1 | S1 + S2 | 75h | 15h | 15h | 105h | - | 10 |
| UE 5 : Math 1 | - Mat-001 : Mathématiques 1 | S1 + S2 | 60h | 30h | - | 90h | - | 10 |
| UE 6 : Découv. 1 | - Inf-001 : Informatique | S1 + S2 | 15h | 15h | 15h | 45h | 1 | 3 |
| | - Bbl-001 : Méthodologies bibliographique | S1 + S2 | 30h | 15h | - | 45h | 1 | 2 |
| UE 7 : Transv. 1 | - Fra-001 : Français 1 | S1 + S2 | 45h | - | - | 45h | 1 | 2 |
| | - Ang-001 : Anglais 1 | S1 + S2 | 45h | - | - | 45h | 1 | 2 |
| Total (heures) | | | 505 | 135 | 140 | 780 | - | 60 |
| | 2 ^{ème} Année | | | | | | | |
| UE 8 : Biologie 3 | - Bio-005 : Biologie moléculaire | S3 | 35h | 15h | 25h | 75h | 4 | 6 |
| | - Bio-006 : Biochimie structurale | S3 | 45h | 10h | 20h | 75h | 3 | 4 |
| | - Bio-007 : Embryologie | S4 | 25h | 10h | 10h | 45h | 2 | 3 |
| UE 9 : Biologie 4 | - Bio-008 : Biochimie métabolique | S4 | 45h | 10h | 20h | 75h | 3 | 4 |
| | - Bio-009 : Microbiologie | S3 + S4 | 45h | - | 30h | 75h | 5 | 6 |
| | - Bio-010 : Immunologie | S4 | 25h | 10h | 10h | 45h | 3 | 3 |
| | - Bio-011 : Génétique | S4 | 45h | 15h | - | 60h | 4 | 4 |
| UE 10 : Chimie 2 | - Chm-003 : Chimie inorganique et organique | S3 + S4 | 45h | 15h | 15h | 75h | - | 10 |
| UE 11: Physique 2 | - Phy-002 : Biophysique | S3 | 45h | 15h | 15h | 75h | - | 7 |
| UE 12 : Maths 2 | - Mat-002 : Biostatistiques | S3 + S4 | 30h | 15h | - | 45h | - | 5 |
| UE 13 : Découv. 2 | - Inf-002 : Informatique 2 | S3 + S4 | 15h | 15h | 15h | 45h | 1 | 2 |
| | - Eco-001 : Notions d'économie générale | S3 + S4 | 45h | - | - | 45h | 1 | 2 |
| UE 14 : Transv. 2 | - Fra-002 : Français 2 | S3 + S4 | 45h | - | - | 45h | 1 | 2 |
| | - Ang-002 : Anglais 2 | S3 + S4 | 45h | - | - | 45h | 1 | 2 |
| Total (heures) | | | 535 | 130 | 145 | 825 | - | 60 |

Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie

Programme : Cycle préparatoire 1^{ère} année

| UE | Matières | Semestre d'étude | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--------------|--|------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-----------|
| | | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| UE 1 | - <u>Bio-001</u> : Biologie et Physiologie cellulaires | S1 | 45h | 10h | 20h | 75h | 4 | 5 |
| | - <u>Bio-002</u> : Histologie | S2 | 35h | - | 25h | 60h | 2 | 4 |
| UE 2 | - <u>Bio-003</u> : Biologie et Physiologie végétales | S1 | 45h | 10h | 20h | 75h | 3 | 5 |
| | - <u>Bio-004</u> : Biologie et Physiologie animales | S2 | 30 | 10h | 20h | 60 | 3 | 5 |
| UE 3 | - <u>Chm-001</u> : Chimie générale | S1 | 35h | 15h | 10h | 60h | 3 | 6 |
| | - <u>Chm-002</u> : Chimie analytique | S2 | 45h | 15h | 15h | 75h | 4 | 6 |
| UE 4 | - <u>Phy-001</u> : Physique 1 | S1 + S2 | 75h | 15h | 15h | 105h | 6 | 10 |
| UE 5 | - <u>Mat-001</u> : Mathématiques 1 | S1 + S2 | 60h | 30h | - | 90h | - | 10 |
| UE 6 | - <u>Dec-001</u> : Informatique 1 | S1 + S2 | 15h | 15h | 15h | 45h | 2 | 3 |
| | - <u>Dec-002</u> : Méthodologies bibliographiques | S1 + S2 | 30h | 15h | - | 45h | 2 | 2 |
| UE 7 | - <u>Fra-001</u> : Français 1 | S1 + S2 | 45h | - | - | 45h | 2 | 2 |
| | - <u>Ang-002</u> : Anglais 1 | S1 + S2 | 45h | - | - | 45h | 2 | 2 |
| Total | | | 505h | 135h | 140h | 780h | - | 60 |

Remarques :

- Les coefficients affectés aux différentes matières des UE composées sont d'utilisation intra-UE, pour le seul calcul de sa moyenne.
- Pour le calcul de la moyenne annuelle générale, chaque UE aura pour coefficient la somme des crédits des matières la composant.

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie**Programme : Cycle préparatoire 2^{ème} année**

| UE | Matières | Semestre d'étude | Nature des enseignements | | | | Cf | Cdt |
|--------------|--|------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|----|-----------|
| | | | Cours | TD | TP | VHG | | |
| UE 8 | - <u>Bio-005</u> : Biologie moléculaire | S3 | 35h | 15h | 25h | 75h | 4 | 6 |
| | - <u>Bio-006</u> : Biochimie structurale | S3 | 45h | 10h | 20h | 75h | 3 | 4 |
| | - <u>Bio-007</u> : Embryologie | S4 | 25h | 10h | 10h | 45h | 2 | 3 |
| UE 9 | - <u>Bio-008</u> : Biochimie métabolique | S4 | 45h | 10h | 20h | 75h | 3 | 4 |
| | - <u>Bio-009</u> : Microbiologie | S3 + S4 | 45h | - | 30h | 75h | 5 | 6 |
| | - <u>Bio-010</u> : Immunologie | S4 | 25h | 10h | 10h | 45h | 3 | 3 |
| | - <u>Bio-011</u> : Génétique | S4 | 45h | 15h | - | 60h | 4 | 4 |
| UE 10 | - <u>Chm-003</u> : Chimie inorganique et organique | S3 + S4 | 45h | 15h | 15h | 75h | - | 10 |
| UE 11 | - <u>Phy-002</u> : Biophysique | S3 | 45h | 15h | 15h | 75h | - | 10 |
| UE 12 | - <u>Mth 2</u> : Biostatistiques | S3 + S4 | 30h | 15h | - | 45h | | 5 |
| UE 13 | - <u>Inf-002</u> : Informatique 2 | S3 + S4 | 15h | 15h | 15h | 45h | 1 | 3 |
| | - <u>Dec-002</u> : Notions d'économie | S3 + S4 | 45h | - | - | 45h | 1 | 2 |
| UE 14 | - <u>Fra-002</u> : Français 2 | S3 + S4 | 45h | - | - | 45h | 1 | 2 |
| | - <u>Ang-002</u> : Anglais 2 | S3 + S4 | 45h | - | - | 45h | 1 | 2 |
| Total | | | 535h | 130h | 160h | 825h | - | 60 |

Remarques :

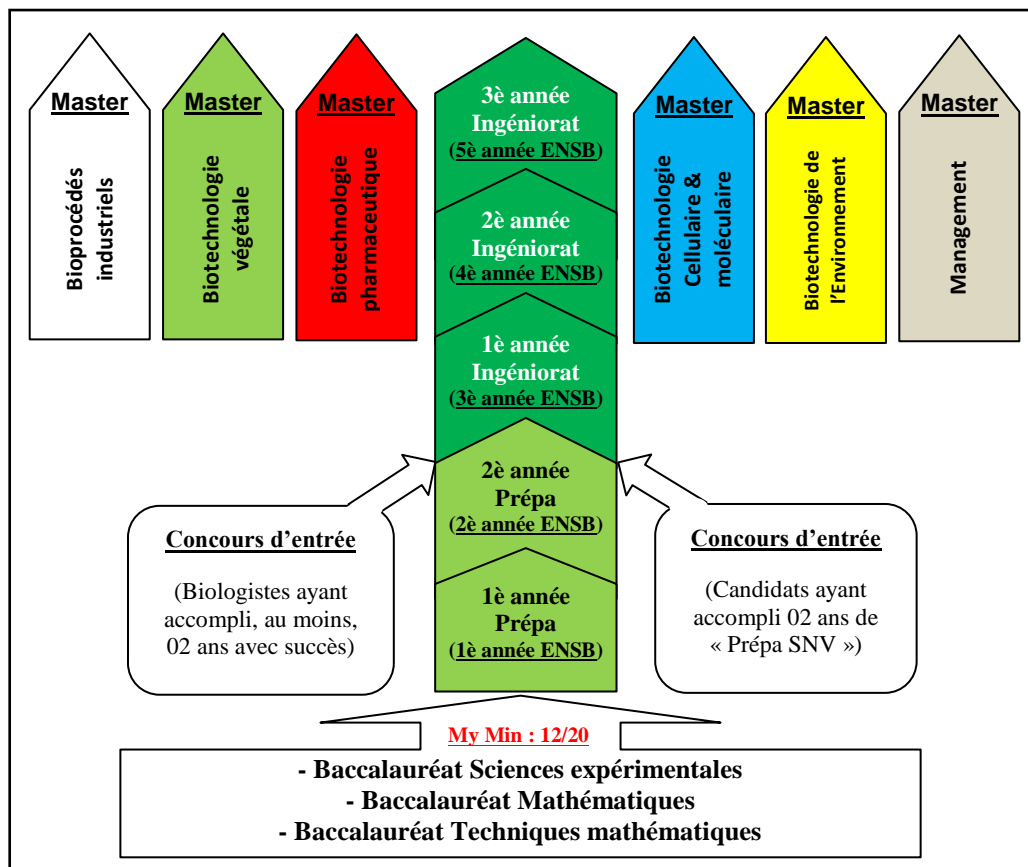
- Les coefficients affectés aux différentes matières des UE composées sont d'utilisation intra-UE, pour le seul calcul de sa moyenne.
- Pour le calcul de la moyenne annuelle générale, chaque UE aura pour coefficient la somme des crédits des matières la composant.

Plan de Formation

(Tel que proposé en 2013 dans le projet d'établissement de l'ENSB : 14-2019)

Le plan de formation proposé par l'ENSB s'inspire directement de la tendance mondiale actuelle des formations d'**ingénieurs en Biotechnologie** qui, en général, servent de support à des **Masters de spécialité** optionnels, spécifiquement et ponctuellement adaptés à la nature des profils d'activités et d'employabilité du secteur industriel. En aval, une **formation doctorale** et des cycles de **formation continue** sont toujours présents, afin d'assurer une **recherche-développement** qui, à la fois, soutient la qualité et l'actualité des enseignements et permet une projection appliquée et un **lien permanent au secteur économique**.

Plan de formation graduée de l'ENSB



Dans ce cadre et à tous les niveaux de formation, l'objectif de l'Ecole est d'assurer la maîtrise rationnelle des effectifs et des moyens, pour une formation de qualité hautement professionnalisante et actuelle, conforme à la mission de l'Ecole et adaptée aux besoins de son environnement industriel et à sa prospective de croissance.

Ces règles de base permettent de proposer un schéma global de formation, de mise en place progressive et intégrant tous ces aspects.

- **Formation graduée :** Elle est centrée autour d'une formation d'« **Ingenieur en Biotechnologie** », directement accessible aux bacheliers des filières « Sciences expérimentales », « Mathématiques » et « Techniques mathématiques », justifiant d'une moyenne générale minimale de préinscription de 12/20. A cet ingénieur seront adossés six (06) **Masters de spécialité** (voir diagramme de la page précédente).

- Ingéniorat : La formation d'ingénieur s'étale sur **cinq (05) années, dont deux années préparatoires intégrées** (1^{ère} et 2^{ème} années) et aux programmes spécifiques, agréés par le MESRS. Afin de permettre l'essentielle ouverture de l'ENSB sur l'université, des **passerelles d'accès** à la formation d'Ingénieur, sur concours et dans le cadre d'un quota, sont prévues à l'entrée de la 1^{ère} année d'ingéniorat (3^{ème} année du cursus ENSB). A la fois pour les biologistes justifiant d'au moins deux (02) années d'études avec succès et pour les étudiants en fin de cycle de la « Prépa SNV ».

Le cursus d'ingéniorat intègre un total de 05 mois de stages de différents niveaux sur site industriel, répartis sur les trois années d'ingéniorat (3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} années) et comprenant un projet de fin d'étude d'au moins trois mois sur site industriel ou de recherche.

La formation d'ingénieur associe, dans des proportions relativement équivalentes, les **sciences de l'ingénieur** à leurs indispensables supports de **sciences fondamentales** en biologie, chimie, physique et mathématiques. Ces cursus intègrent aussi un enseignement significatif de **sciences économiques** et de **sciences sociales** et **humaines** afin d'assurer la contextualité des diplômés et, par delà, l'optimisation de leur employabilité et de leur intégration professionnelle. La maîtrise convenable des **langues**, française et anglaise, est également programmée de manière conséquente car vitale à la progression scientifique et technologique des ingénieurs mais leur nécessaire ouverture sur le progrès et sur le Monde.

- Masters : Dès la première promotion d'ingénieurs, **six (06) Masters de spécialité**, adossés à l'ingéniorat, seront proposés. Leurs nature, importance et programmes seront définis en concertation avec le milieu industriel, en fonction donc de la réalité de ses besoins et de ses opportunités d'emploi.

Ces Masters sont **optionnels et non obligatoires**, leurs programmes sont spécifiques, parallèles et complémentaires à l'ingéniorat et leur programmation s'étale sur les 4^{ème} et 5^{ème} années d'étude. Dans ce cas, la formation aboutit à un **double diplôme : Ingéniorat et Master**. La nature et le nombre des Masters de spécialité sont appelés à se diversifier et à s'actualiser en permanence, pour une adaptation continue aux spécificités de la demande du secteur économique employeur. Dans ce cadre, des discussions sont en cours avec plusieurs institutions étrangères analogues, en vue de la mise en place de Masters de spécialité communs. En particulier dans les domaines suivants :

- Bioprocédés industriels ;
- Biotechnologie pharmaceutique et parapharmaceutique ;
- Biotechnologie de l'environnement ;
- Biotechnologie végétale ;
- Biotechnologie cellulaire et moléculaire ;
- Management.

Les cinq premiers Masters sont à vocation d'intégration professionnelle directe, dans le secteur industriel ou en recherche-développement. Alors que le Master en management est envisagé pour les ingénieurs désireux d'engager des

carrières technico-commerciales ou d'assistance/conseils, désormais des plus prolifiques dans les différents domaines des Biotechnologies.

- Formation Doctorale : Cette activité est également un élément de première importance pour l'Ecole. Elle constitue, par sa nature et sa portée, un soutien naturel à son plan de formation et de recherche, à son développement et à son rayonnement, ainsi qu'à la formation et à la promotion du plan de carrière de ses jeunes enseignants-chercheurs, presque tous détenteurs de doctorats et en demande donc de l'habilitation universitaire. En aval des PFE des Ingénieurs, La formation doctorale pourra aussi être un formidable levier d'ouverture de l'ENSB au milieu industriel, par l'intégration à ses thèmes de recherche-développement des préoccupations maîtrise technologique, de croissance et de développement de ses partenaires.
Une demande en ce sens a été engagée vers les Services concernés du MESRS. Car l'ENSB remplit déjà pleinement les conditions réglementaires requises en ce domaine. Cette opération est objectivement favorisée par la qualité de l'encadrement de l'ENSB et par la nature et le volume du plan d'équipement engagé.
-