

**Biotechnologies**  
Brevet de technicien supérieur



LE MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,  
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

Vu le décret n ° 95-665 du 9 mai 1995 modifié portant règlement général du brevet de technicien supérieur ;

vu l'arrêté du 9 mai 1995 fixant les conditions d'habilitation à mettre en œuvre le contrôle en cours de formation en vue de la délivrance du baccalauréat professionnel, du brevet professionnel, et du brevet de technicien supérieur ;

vu l'arrêté du 9 mai 1995 relatif au positionnement en vue de la préparation du baccalauréat professionnel, du brevet professionnel et du brevet de technicien supérieur ;

vu l'avis de la commission professionnelle consultative « chimie » en date du 13 novembre 2003, du 24 juin 2004 et du 19 décembre 2005 ;

vu l'avis du Conseil supérieur de l'éducation du 10 juillet 2006 ;

vu l'avis du Conseil national de l'Enseignement supérieur et de la Recherche du 17 juillet 2006 ;

Arrête

*Article premier* – La définition et les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Biotechnologies sont fixées conformément aux dispositions du présent arrêté.

*Article 2* – Le référentiel des activités professionnelles et le référentiel de certification sont définis en annexe I au présent arrêté.

Les unités constitutives du référentiel de certification du brevet de technicien supérieur Biotechnologies sont définies en annexe IIa au présent arrêté.

L'annexe IIb précise les unités communes au brevet de technicien supérieur Biotechnologies et à d'autres spécialités de brevet de technicien supérieur.

*Article 3* – Le règlement d'examen est fixé en annexe IIc au présent arrêté. La définition des épreuves ponctuelles et des situations d'évaluation en cours de formation est fixée en annexe IId au présent arrêté.

*Article 4* – En formation initiale sous statut scolaire, les enseignements permettant d'atteindre les compétences requises du technicien supérieur sont dispensés conformément à l'horaire hebdomadaire figurant en annexe IIIa au présent arrêté.

*Article 5* – La formation sanctionnée par le brevet de technicien Biotechnologies comporte des stages en milieu professionnel dont les finalités et la durée exigée pour se présenter à l'examen sont précisées à l'annexe IIIb au présent arrêté.

*Article 6* – Pour chaque session d'examen, la date de clôture des registres d'inscription et la date de début des épreuves pratiques ou écrites sont arrêtées par le ministre chargé de l'Éducation nationale. La liste des pièces à fournir lors de l'inscription à l'examen est fixée par chaque recteur.

*Article 7* – Chaque candidat s'inscrit à l'examen dans sa forme globale ou dans sa forme progressive conformément aux dispositions des articles 16, 23, 23bis, 24 et 25 du décret du 9 mai 1995 susvisé.

Dans le cas de la forme progressive, le candidat précise les épreuves ou unités qu'il souhaite subir à la session pour laquelle il s'inscrit.

Le brevet de technicien supérieur Biotechnologies est délivré aux candidats ayant passé avec succès l'examen défini par le présent arrêté conformément aux dispositions du titre III du décret du 9 mai 1995 susvisé.

*Article 8* – Les correspondances entre les épreuves de l'examen organisées conformément à l'arrêté du 7 avril 1998 portant définition et fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Biotechnologies et les épreuves de l'examen organisées conformément au présent arrêté sont précisées en annexe IV au présent arrêté.

La durée de validité des notes égales ou supérieures à 10 sur 20 aux épreuves de l'examen subi selon les dispositions de l'arrêté du 3 septembre 1997 précité et dont le candidat demande le bénéfice dans les conditions prévues à l'alinéa précédent, est reportée dans le cadre de l'examen organisé selon les dispositions du présent arrêté conformément à l'article 17 du décret du 9 mai 1995 susvisé et à compter de la date d'obtention de ce résultat.

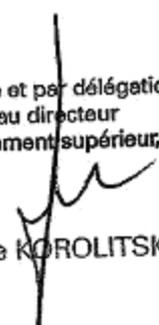
*Article 9* – La première session du brevet de technicien supérieur Biotechnologies organisée conformément aux dispositions du présent arrêté aura lieu en 2009.

La dernière session du brevet de technicien supérieur Biotechnologies organisée conformément aux dispositions de l'arrêté du 7 avril 1998 portant définition et fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Biotechnologies aura lieu en 2008. A l'issue de cette session, l'arrêté du 7 avril 1998 précité est abrogé.

*Article 10* – Le directeur général de l'enseignement supérieur et les recteurs sont chargés, chacun en ce qui les concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au *Journal officiel de la République française*.

Fait à Paris, le 8 novembre 2006.

Pour le ministre et par délégation  
Le directeur de l'enseignement scolaire

Pour le Ministre et par délégation,  
l'adjoint au directeur  
de l'enseignement supérieur,  
  
Jean-Pierre KOROLITSKI

*Nota* – Le présent arrêté et ses annexes II, III et VI seront publiés au *Bulletin officiel de l'Éducation nationale* du 4 janvier 2007 disponible au Centre national de documentation pédagogique, 13, rue du Four 75006 Paris, ainsi que dans les centres régionaux et départementaux de documentation pédagogique.

L'arrêté et l'ensemble de ses annexes seront diffusés par les centres précités. Ils sont diffusés en ligne à l'adresse suivante : [www.cndp.fr](http://www.cndp.fr)

**ANNEXE I**  
**Référentiels du diplôme**

# Annexe la – Référentiel des activités professionnelles

Ce document a pour objet de décrire les activités professionnelles et les tâches professionnelles pouvant être naturellement confiées à un titulaire du diplôme concerné.

Il s'agit de décrire les actes professionnels que ce diplômé peut assumer après quelques années d'expérience, la phase d'adaptation à l'emploi étant alors achevée.

## Contexte professionnel

Le titulaire du BTS Biotechnologies est un assistant ou un collaborateur d'ingénieur ou de chercheur dans le domaine des biotechnologies. Cette collaboration s'exerce à travers deux grands types d'emploi :

- des emplois en recherche et recherche-développement : grands organismes de recherche, grandes entreprises, PME, *start-up*, universités, etc. ;
- des emplois en production mettant en œuvre des procédés biotechnologiques.

Les biotechnologies sont des technologies transversales qui touchent des secteurs très variés : industries agro-alimentaires, industries pharmaceutiques, industries cosmétiques, agriculture, environnement, recherche fondamentale, recherche clinique...

Le titulaire du BTS Biotechnologies met en œuvre, en recherche et en recherche-développement, les méthodes de clonage et les techniques d'obtention, de préparation, d'identification et de purification d'agents biologiques ou de biomolécules. Il participe à l'exploitation des résultats et des données soit pour élaborer de nouveaux outils d'analyse soit à des fins de mise à l'échelle de procédés biotechnologiques utilisables dans l'industrie, notamment en production de médicaments.

Ces fonctions exigent donc d'abord la maîtrise des technologies issues principalement de la biologie moléculaire et du génie génétique tels qu'analyse des séquences nucléiques ou protéiques, amplification d'acides nucléiques, sondes moléculaires, biopuces, ingénierie cellulaire, génotypage et phénotypage moléculaires, ingénierie des protéines, transfections et vectorisations.

Ces activités liées à la biologie moléculaire et au génie génétique nécessitent aussi une maîtrise suffisante de l'outil informatique et des technologies de l'information :

- soit pour analyser ou traiter les données (exploitation de bases de données, prédiction de structures, numérisation et gestion documentaires, numérisation et indexation d'images, logiciels d'aide à la décision) ;
- soit pour transmettre l'information (réseau local ou distant).

Ces fonctions impliquent également la maîtrise d'opérations de génie fermentaire et cellulaire et celle d'opérations de génie enzymatique et protéique à l'échelle du laboratoire de recherche-développement.

Enfin le technicien supérieur en biotechnologies doit évidemment connaître les techniques de base en biochimie, biophysique, microbiologie, immunologie et biologie cellulaire.

Comme tout technicien supérieur, le titulaire du BTS Biotechnologies doit être en mesure de s'adapter aux évolutions des techniques et de la réglementation.

Les laboratoires et les ateliers qui préparent ou utilisent des agents biologiques et des biomolécules sont amenés à mettre en œuvre des démarches assurance qualité afin de répondre aux exigences actuelles en matière de qualité. Ces démarches sont très sensibles au niveau des techniciens et des opérateurs qui travaillent sur ces produits. Les personnels concernés doivent donc être en mesure de comprendre et d'appliquer les procédures prescrites, voire de les expliciter.

S'agissant de métiers où les articles scientifiques et techniques, les manuels et les notices techniques sont essentiellement publiés en anglais, la maîtrise de la langue anglaise concourt à asseoir de manière décisive la compétence professionnelle du technicien supérieur.

## Fonctions

- F1 : Mise en œuvre de techniques de laboratoire
- F2 : Conception et organisation
- F3 : Mise en œuvre d'opérations pré-industrielles
- F4 : Participation à un système qualité
- F5 : Communication
- F6 : Information et formation professionnelles.

## Activités

Activités	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Prélèvement et gestion des échantillons						
Mise en œuvre des procédures de préparation des échantillons						
Mise en service d'un nouvel équipement et de son logiciel éventuel						
Vérification, réglage et étalonnage des équipements (matériels de mesure, matériels d'analyse, matériels intermédiaires)						
Préparation, conditionnement et conservation des réactifs, des produits et des milieux						
Mise en œuvre de techniques biochimiques et de techniques biophysiques : techniques préparatives						
Mise en œuvre de techniques biochimiques et de techniques biophysiques : techniques d'analyse et de caractérisation						
Mise en œuvre de techniques microbiologiques						
Mise en œuvre de techniques de cultures cellulaires animales ou végétales						
Mise en œuvre de techniques utilisant des anticorps						
Mise en œuvre et exploitation d'opérations de biologie moléculaire et de génie génétique						
Mise en œuvre et exploitation d'outils bio-informatiques						
Mise en œuvre d'opérations de génie fermentaire en recherche-développement						
Mise en œuvre d'opérations de génie enzymatique en recherche-développement						
Participation à une politique de santé-sécurité du laboratoire ou de l'entreprise						
Enregistrements techniques liés à la mise en œuvre de l'assurance qualité						
Contribution à la mise au point ou à l'évaluation de nouveaux protocoles ou à l'adaptation de protocoles existants						
Utilisation du réactif animal						
Maintenance préventive et maintenance corrective						
Suivi de formations, participation à des séminaires						
Accompagnement et encadrement de stagiaires et de personnels techniques						
Présentation critique des résultats expérimentaux						
Communication professionnelle : réalisation et présentation d'un dossier documentaire, contribution à la réalisation d'un support de présentation, participation aux réunions de service ou de laboratoire, échanges avec les collègues ou les intervenants extérieurs						
Contribution à l'organisation matérielle et au fonctionnement du laboratoire						
Gestion réglementaire des déchets						

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Prélèvement et gestion des échantillons.

#### Conditions d'exercice

##### Moyens et ressources

- Matériel biologique
- Matériel de prélèvement et de conditionnement
- Matériel d'étiquetage et d'identification
- Matériel de stockage et de conservation
- Procédures de prélèvement

##### Autonomie

- Autonomie totale

#### Résultats attendus

- Respect des procédures de prélèvement
- Garantie de la traçabilité des échantillons
- Respect des conditions de conservation et de stockage des échantillons
- Contrôle des paramètres de stockage
- Vérification de la disponibilité des échantillons

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre des procédures de préparation des échantillons.

#### Conditions d'exercice

##### Moyens et ressources

- Index des échantillons
- Matériels de préparation et fiches techniques
- Equipements individuels et collectifs de sécurité
- Protocoles de préparation des échantillons
- Procédures d'enregistrement des opérations effectuées
- Procédures de sécurité

##### Autonomie

- Autonomie totale ou partielle

#### Résultats attendus

- Respect des protocoles et des procédures
- Préparation conforme des échantillons dans leur contexte d'utilisation
- Enregistrements techniques
- Respect des règles de sécurité
- Participation à l'amélioration des conditions de sécurité
- Garantie de la traçabilité des échantillons

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en service d'un nouvel équipement et de son logiciel éventuel.

#### Conditions d'exercice

##### Moyens et ressources

- Formation technique préalable
- Protocoles pour essais de fonctionnalité
- Équipements
- Notices techniques des fabricants
- Réactifs, produits, étalons et échantillons de contrôle
- Fiches de données de sécurité
- Équipements individuels et collectifs de sécurité
- Procédures d'établissement des fiches signalétiques, de vie, de maintenance et d'intervention des équipements

##### Autonomie

- Autonomie partielle

#### Résultats attendus

- Respect des procédures, des règles d'hygiène et de sécurité
- Fiches signalétiques, de vie, de maintenance et d'intervention
- Rédaction de notices techniques à utilisation interne

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Vérification, réglage et étalonnage des équipements (matériels de mesure, matériels d'analyse, matériels intermédiaires).

#### Conditions d'exercice

##### Moyens et ressources

- Protocoles pour comparaison et confrontation aux spécifications
- Protocoles de réglages et d'ajustages
- Protocoles d'étalonnages
- Matériels
- Réactifs, produits, étalons et matériaux de référence
- Fiches de données de sécurité
- Équipements individuels et collectifs de sécurité
- Fiches de vie des équipements

##### Autonomie

- Autonomie totale

#### Résultats attendus

- Respect des protocoles, des règles d'hygiène et de sécurité
- Mise à jour de la fiche de vie des équipements
- Gestion des non conformités vers la réparation puis éventuellement le déclassement

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Préparation, conditionnement et conservation des réactifs, des produits et des milieux.

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Matériels et produits nécessaires
- Matériels de conditionnement
- Matériels d'étiquetage et d'identification
- Matériels de stockage et de conservation
- Protocoles de préparation
- Protocoles de conditionnement et de conservation
- Fiches de données de sécurité
- Équipements individuels et collectifs de sécurité

#### Autonomie

- Autonomie totale

### Résultats attendus

- Respect des protocoles de préparation et des règles de sécurité
- Garantie de la traçabilité des réactifs, produits et milieux
- Respect des conditions de conservation et de stockage
- Contrôle des paramètres de conservation
- Gestion des stocks

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Mise en œuvre d'opérations pré-industrielles.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre de techniques biochimiques et de techniques biophysiques
- 1 – Techniques préparatives

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Échantillon à traiter
- Procédures et protocoles
- Matériels, appareils et automates
- Réactifs et produits
- Fiches de données de sécurité
- Équipements individuels et collectifs de sécurité

#### Autonomie

- Autonomie totale

### Résultats attendus

- Organisation pertinente du poste et du temps de travail
- Respect des procédures, des protocoles et des règles d'hygiène et de sécurité
- Participation aux choix méthodologiques
- Analyse critique des résultats

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre de techniques biochimiques et de techniques biophysiques
- 2 – Techniques d'analyse et de caractérisation

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Échantillons à traiter
- Procédures et protocoles
- Matériels et automates
- Réactifs, produits, étalons, matériaux de référence et échantillons de contrôle
- Fiches de données de sécurité
- Équipements individuels et collectifs de sécurité

#### Autonomie

- Autonomie totale

### Résultats attendus

- Organisation pertinente du poste et du temps de travail
- Respect des procédures, des protocoles et des règles d'hygiène et de sécurité
- Participation aux choix méthodologiques
- Analyse critique des résultats

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre de techniques microbiologiques.

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Échantillon à analyser, souches microbiennes
- Milieux de culture et réactifs
- Équipements, en particulier PSM, robots et automates
- Équipements individuels et collectifs de sécurité
- Équipements de prétraitement ou de traitement des cultures en vue d'une élimination sécurisée
- Procédures et protocoles
- Fiches de données de sécurité
- Procédures de mise en œuvre d'opérations touchant à la sécurité biologique

#### Autonomie

- Autonomie totale

### Résultats attendus

- Organisation pertinente du poste et du temps de travail
- Respect des procédures, des protocoles et des règles d'hygiène et de sécurité
- Analyse critique des résultats
- Gestion des souchiers microbiens
- Participation aux choix méthodologiques
- Participation à la gestion des risques
- Procédés d'élimination conformes

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre de techniques de cultures cellulaires animales ou végétales.

#### Conditions d'exercice

##### Moyens et ressources

- Échantillons biologiques
- Lignées cellulaires
- Milieux de culture
- Procédures et protocoles de culture
- Équipements et consommables spécifiques à la culture cellulaire
- Équipements de prétraitement ou de traitement des cultures en vue d'une élimination sécurisée
- Équipements individuels et collectifs de sécurité
- Fiches de données de sécurité
- Réglementation et recommandations en vigueur dans le domaine de la bio-éthique

##### Autonomie

- Autonomie totale

#### Résultats attendus

- Organisation pertinente du poste et du temps de travail
- Respect des procédures et des protocoles
- Analyse critique des résultats
- Gestion des lignées cellulaires
- Respect des procédures de stérilité et de sécurité
- Respect de la bio-éthique
- Procédures d'élimination conformes

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre de techniques utilisant des anticorps.

#### Conditions d'exercice

##### Moyens et ressources

- Échantillons à contrôler et/ou à analyser
- Protocoles d'immunopurification, d'immuno-analyse et d'immunodosage
- Anticorps libres, immobilisés ou marqués
- Équipements et consommables spécifiques
- Équipements individuels et collectifs de sécurité

##### Autonomie

- Autonomie totale

#### Résultats attendus

- Organisation pertinente du poste et du temps de travail
- Respect des procédures, des protocoles et des règles d'hygiène et de sécurité
- Participation aux choix méthodologiques
- Analyse critique des résultats

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre et exploitation d'opérations de biologie moléculaire et de génie génétique.

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Échantillon
- ⇒ source d'acides nucléiques à extraire (cellules, tissus ...)
- ⇒ acides nucléiques à traiter
- Procédures et protocoles
- Matériels, robots et automates
- Réactifs individuels ou en « kit »
- Équipements de prétraitement ou de traitement des déchets en vue d'une élimination sécurisée
- Fiches de données de sécurité
- Équipements individuels et collectifs de sécurité
- Réglementation et recommandations en vigueur dans le domaine de la bio-éthique

#### Autonomie

- Autonomie totale

### Résultats attendus

- Organisation pertinente du poste et du temps de travail
- Respect des protocoles, des règles d'hygiène et de sécurité
- Procédures d'élimination conformes
- Participation aux choix méthodologiques
- Analyse critique des résultats
- Respect des règles de bioéthique

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre et exploitation d'outils bio-informatiques.

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Formation technique préalable
- Ordinateur connecté en réseau local et distant ou/et interfacé avec un automate
- Logiciels « locaux » ou « en ligne » (internet) d'interrogation, de traitement ou d'archivage des données
- Accès aux banques de données
- Données à traiter : fichier texte (séquences nucléiques et protéiques) ou fichier image
- Protocoles de traitement des données
- Procédures d'archivage des données
- Documentation informatique d'utilisation des logiciels et des banques

#### Autonomie

- Autonomie partielle

### Résultats attendus

- Participation aux choix des outils informatiques adaptés
- Recherche d'informations et de données dans les banques
- Organisation pertinente de la séquence de traitements de données
- Respect des protocoles de traitement informatique des données
- Analyse critique des résultats dans le contexte biologique de l'exploitation
- Archivage des fichiers résultats

## Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Mise en œuvre d'opérations pré-industrielles.
- Participation à un système qualité.

## Activités

- Mise en œuvre de techniques d'opérations de génie fermentaire en recherche-développement : préparation des matériels et des souches, conduite de la fermentation, premier traitement des moûts.

## Conditions d'exercice

### Moyens et ressources

- Documentation technique des équipements
- Équipements de culture : bioréacteurs, matériels d'enregistrement...
- Matériels de traitement des milieux (milieux de culture et moûts)
- Équipements individuels et collectifs de sécurité
- Produits et milieux
- Souches
- Protocoles de mise en œuvre et d'amélioration des cultures
- Protocoles de traitement des milieux (milieux de culture et moûts)
- Procédures d'enregistrement des paramètres
- Procédures de mise en œuvre d'opérations touchant à l'hygiène et la sécurité
- Équipements de prétraitement ou de traitement des déchets en vue d'une élimination sécurisée

### Autonomie

- Autonomie totale

## Résultats attendus

- Préparation du matériel
- Respect des protocoles et des procédures
- Intervention adaptée en cas de dysfonctionnement
- Enregistrement des paramètres
- Analyse critique des enregistrements
- Propositions d'amélioration des procédés
- Respect des protocoles d'élimination
- Participation à la gestion des risques

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Mise en œuvre d'opérations pré-industrielles.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Mise en œuvre d'opérations de génie enzymatique en recherche et développement.

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Échantillon à traiter
- Protocoles d'obtention des enzymes (extraction, purification)
- Protocoles d'utilisation des enzymes (immobilisation, analyse par biocapteur, biocatalyse en réacteur)
- Équipements spécifiques
- Réactifs et produits
- Équipements individuels et collectifs de sécurité
- Fiches de données de sécurité
- Équipements de prétraitement ou de traitement des déchets en vue d'une élimination sécurisée

#### Autonomie

- Autonomie totale

### Résultats attendus

- Organisation pertinente du poste et du temps de travail
- Respect des protocoles, des règles d'hygiène et de sécurité
- Respect des protocoles d'élimination
- Participation aux choix méthodologiques et à l'amélioration des procédés
- Analyse critique des résultats

### Fonctions

- Participation à un système qualité.

### Activités

- Participation à une politique de santé/sécurité du laboratoire ou de l'entreprise.

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Personnes ressources
- Comptes rendus d'incidents ou d'accidents
- Protocoles et procédures
- Textes réglementaires
- Fiches de données de sécurité
- Équipements individuels et collectifs de sécurité

#### Autonomie

- Autonomie totale

### Résultats attendus

- Analyse exhaustive des protocoles, des fiches techniques et des fiches de données de sécurité afin d'évaluer et de hiérarchiser les risques et les facteurs potentiels d'accidents ou d'incidents (analyse *a priori*)
- Détermination des causes qui ont conduit à un incident ou à un accident (analyse *a posteriori*)
- Propositions de mesures de prévention adéquates, en conformité avec la réglementation
- Déclenchement des opérations adaptées en cas de dysfonctionnement pouvant créer une situation de risque pour les personnes, les matériels, les produits ou l'environnement : arrêt des machines et des matériels ; destruction ou neutralisation des produits, des déchets, des effluents ; alerte interne dans le laboratoire ; appel des services d'urgence

### Fonctions

- Participation à un système qualité.

### Activités

- Enregistrements techniques liés à la mise en œuvre de l'assurance qualité.

#### Conditions d'exercice

##### Moyens et ressources

- Supports d'enregistrements techniques
- Procédures d'archivage et de confidentialité
- Procédures de modifications *ad hoc* des données d'origine sans perte de ces dernières

##### Autonomie

- Autonomie totale

#### Résultats attendus

- Garantie de la traçabilité : enregistrement et compte rendu de l'ensemble des observations, données et calculs liés à une opération particulière au moment de sa réalisation
- Tenue conforme d'un cahier de laboratoire

### Fonctions

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Conception et organisation.

### Activités

- Contribution à la mise au point ou à l'évaluation de nouveaux protocoles ou à l'adaptation de protocoles existants.

#### Conditions d'exercice

##### Moyens et ressources

- Cahier des charges ou contrat (objectifs qualitatifs et quantitatifs, délais)
- Spécifications techniques et réglementaires.
- Protocoles existants et expertises qualitatives.
- Documentation technique.
- Documentation relative à la sécurité.

##### Autonomie

- Autonomie partielle

#### Résultats attendus

- Étude préalable du dossier
- Réalisation rigoureuse de la chaîne d'opérations associées à la mise en œuvre d'un protocole.
- Gestion rigoureuse et pertinente du temps de travail.
- Élaboration d'un compte rendu.
- Analyse critique des résultats obtenus en relation avec un cahier de charges.
- Proposition d'aménagement ou de modification de protocoles expérimentés.
- Évaluation comparative de nouveaux protocoles

**Fonctions**

- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Participation à un système qualité.

**Activités**

- Utilisation du réactif animal.

**Conditions d'exercice****Moyens et ressources**

- Animal de laboratoire
- Protocoles de prélèvement d'organe ou de tissu, de dissection, d'injection ou de réimplantation, de transfection
- Matériels et équipements
- Réactifs et produits
- Équipements individuels et collectifs de sécurité
- Fiches de données de sécurité

**Autonomie**

- Autonomie totale

**Résultats attendus**

- Respect des protocoles et respect de la chronologie des opérations
- Respect des règles de bioéthique, d'hygiène et de sécurité
- Conservation du matériel biologique résultant

## Fonctions

- Participation à un système qualité.

## Activités

- Maintenance préventive :
  - opérations de maintenance de premier, de deuxième et de troisième niveaux ;
  - Enregistrement des opérations de maintenance préventive effectuées.
- Maintenance corrective :
  - identification d'une défaillance ;
  - déclenchement du processus d'intervention corrective ;
  - enregistrement des dysfonctionnements, des diagnostics et des opérations de maintenance effectuées.

## Conditions d'exercice

### Moyens et ressources

- Appareils et matériels utilisés dans le laboratoire
- Documentation technique des appareils et des matériels
- Liste des anomalies répertoriées et des solutions appropriées
- Dossier historique des interventions de maintenance
- Pièces standard ou éléments simples de remplacement
- Outillage simple pour échange standard ou remplacement d'éléments simples
- Procédures de maintenance de premier, deuxième et troisième niveaux
- Réglage général des équipements ou réaligement des
- Appareils de mesure
- Procédures de consignation et de déconsignation
- Planning des opérations de maintenance
- Règles et consignes d'hygiène et de sécurité
- Équipements collectifs et individuels de sécurité
- Documents d'enregistrement à remplir

### Autonomie

- Autonomie totale (premier et deuxième niveaux)
- Autonomie partielle (troisième niveau)

## Résultats attendus

- Opérations de maintenance préventive effectuées conformément aux prescriptions
- Localisation correcte du dysfonctionnement
- Décision argumentée de l'intervention directe ou de la demande d'assistance
- Opportunité et périodicité des contrôles
- Mise en œuvre correcte d'un échange standard
- Pose et dépose correctes d'éléments simples
- Réglages généraux des équipements
- Suivi rigoureux des procédures de maintenance de premier et de deuxième niveaux fixées par le constructeur ou l'installateur
- Respect des conditions d'hygiène et de sécurité
- Exactitude et concision des informations enregistrées (dysfonctionnements constatés, diagnostics et opérations de maintenance réalisés)
- Indexage et archivage des enregistrements

**Fonctions**

- Information et formation professionnelles.
- Communication.

**Activités**

- Suivi de formations, participation à des séminaires.

**Conditions d'exercice****Moyens et ressources**

- Sessions de formations théoriques et pratiques, séminaires et ateliers (en anglais et en français)
- Tous supports d'information professionnelle en anglais et en français

**Autonomie**

- Autonomie totale

**Résultats attendus**

- Perfectionnement et actualisation des connaissances scientifiques et technologiques dans le domaine de compétences du technicien

**Fonctions**

- Information et formation professionnelles.
- Communication.
- Conception et organisation.

**Activités**

- Accompagnement et encadrement de stagiaires et de personnels techniques.

**Conditions d'exercice****Moyens et ressources**

- Expertise reconnue
- Objectifs de la formation
- Poste de travail

**Autonomie**

- Autonomie totale pour la tâche confiée

**Résultats attendus**

- Apprentissage de l'évaluation des risques et explicitation des protocoles et des règles d'hygiène et de sécurité à mettre en œuvre
- Démonstration, suivi et évaluation de la mise en œuvre d'une technique ou d'un appareillage

### **Fonctions**

- Communication.
- Information et formation professionnelles.
- Conception et organisation.

### **Activités**

- Présentation critique des résultats expérimentaux.

### **Conditions d'exercice**

#### **Moyens et ressources**

- Contexte et objectifs de la tâche
- Ordinateur, accès à un réseau local ou distant, logiciels de bureautique, logiciels de présentation
- Auxiliaires pédagogiques
- Cahier de laboratoire et autres enregistrements techniques

#### **Autonomie**

- Autonomie totale

### **Résultats attendus**

- Élaboration d'un compte rendu : présentation synthétique du travail expérimental réalisé
- Analyse et interprétation argumentée des résultats
- Comparaison des résultats aux objectifs attendus

### **Fonctions**

- Communication.
- Information et formation professionnelles.
- Conception et organisation.

### **Activités**

- Communication professionnelle : réalisation et présentation d'un dossier documentaire, contribution à la réalisation d'un support de présentation, participation aux réunions de service ou de laboratoire, échanges avec les collègues ou les intervenants extérieurs.

### **Conditions d'exercice**

#### **Moyens et ressources**

- Démonstrations réalisées par les fabricants de réactifs et d'appareils
- Dossier documentaire relatif à une thématique ou à une technique particulière
- Outils et supports multimédia
- Activités du laboratoire

#### **Autonomie**

- Autonomie totale ou partielle

### **Résultats attendus**

- Présentation d'un dossier documentaire : choix pertinent des documents constitutifs et des références bibliographiques, respect du temps imparti, précision et concision du rapport écrit ou oral
- Transmission pertinente d'informations à un public défini, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entreprise ou de l'organisme dans lequel travaille le technicien
- Réalisation totale ou partielle d'un support de présentation

### Fonctions

- Conception et organisation.
- Participation à un système qualité.

### Activités

- Contribution à l'organisation matérielle et au fonctionnement du laboratoire.

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Délégation de certaines responsabilités en matière d'organisation matérielle du laboratoire
- État des stocks
- Accès aux informations des fournisseurs
- Expertise technique reconnue
- Outil de gestion et de partage des connaissances au laboratoire (LIMS – *Laboratory Information & Management System*)

#### Autonomie

- Autonomie totale dans le cadre des missions confiées

### Résultats attendus

- Initiative en matière de proposition d'organisation du laboratoire (ergonomie, organisation fonctionnelle, gestion des déchets)
- Responsabilités dans l'organisation logistique du laboratoire
- Suivi des besoins en consommables, matériels et équipements
- Etablissement de demandes d'achats
- Initiative en matière de propositions d'implémentations techniques

### Fonctions

- Participation à un système qualité.
- Mise en œuvre de techniques de laboratoire.
- Mise en œuvre d'opérations pré-industrielles.

### Activités

- Gestion réglementaire des déchets.

### Conditions d'exercice

#### Moyens et ressources

- Lois, décrets et règlements en vigueur
- Matériels de collecte au poste de travail et d'entreposage des déchets
- Procédures et protocoles de gestion des divers déchets du secteur

#### Autonomie

- Autonomie totale

### Résultats attendus

- Tri à la source des déchets
- Participation à la gestion conforme de l'ensemble des déchets du secteur en responsabilité

# Annexe Ib – Référentiel de certification

**Tableau de relation du référentiel des activités professionnelles et du référentiel de compétences**

Fonctions	Capacités	Compétences terminales
F1 : Mise en œuvre de techniques de laboratoire F3 : Mise en œuvre d'opérations pré-industrielles F4 : participation à un système qualité F5 : Communication	C1 – Réaliser	C1.1 – Préparer les réactifs et les solutions de travail
		C1.2 – Préparer ou prétraiter les échantillons biologiques
		C1.3 – Mettre en œuvre des techniques en biochimie et en biophysique : 1 – techniques préparatives
		C1.3 – Mettre en œuvre des techniques en biochimie et en biophysique : 2 – techniques analytiques
		C1.4 – Mettre en œuvre des techniques en microbiologie
		C1.5 – Mettre en œuvre des techniques utilisant des anticorps
		C1.6 – Mettre en œuvre des techniques en biologie moléculaire et en génie génétique
		C1.7 – Mettre en œuvre des techniques en génie fermentaire
		C1.8 – Mettre en œuvre des techniques en génie enzymatique
		C1.9 – Mettre en œuvre des techniques de génie cellulaire
		C1.10 – Mettre en œuvre des techniques de prélèvement de tissus ou d'organes chez l'animal
C1.11 – Effectuer ou suivre l'entretien et la maintenance de premier et de deuxième niveaux des équipements et des matériels		
Toutes fonctions	C2 – Organiser et gérer	C2.1 – Organiser son activité de travail
		C2.2 – Préparer les équipements et les matériels
		C2.3 – Gérer les réactifs et les échantillons biologiques
		C2.4 – Gérer la santé et la sécurité au travail
		C2.5 – S'intégrer dans une démarche qualité
	C3 – Analyser et concevoir	C3.1 – Analyser et exploiter des données ou des résultats
		C3.2 – Adapter ou optimiser des protocoles
		C3.3 – Décoder et interpréter l'information technique
		C3.4 – Analyser un dysfonctionnement ou une anomalie
Fonctions F2, F4, F5 et F6	C4 – S'informer et communiquer	C4-1 – Rechercher et collecter l'information
		C4-2 – Traiter et classer l'information
		C4-3 – Rendre compte et transmettre l'information

## Description des compétences

### C1 – Réaliser

#### C1.1 – Préparer les réactifs et les solutions de travail

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Préparer et conditionner solutions de travail et réactifs</li> <li>– Préparer des milieux de culture</li> <li>– Étalonner les solutions titrantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Fiches de Données de Sécurité</li> <li>– Consommables et matériels usuels de laboratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Calculs et mesures massiques et volumétriques corrects.</li> <li>– Étalonnage correct</li> <li>– Étiquetage conforme des préparations réalisées</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>

#### C1.2 – Préparer ou prétraiter les échantillons biologiques

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Préparer les échantillons biologiques</li> <li>– Prétraiter les échantillons biologiques</li> <li>– Conditionner le matériel biologique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Matériel biologique pour préparation des échantillons</li> <li>– Procédures et protocoles</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Consommables et matériels usuels de laboratoire</li> <li>– Matériels spécifiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exécution correcte de la technique</li> <li>– Utilisation correcte du matériel</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Qualité conforme de la préparation des échantillons</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>

#### C1.3 – Mettre en œuvre des techniques en biochimie et biophysique

##### *Techniques préparatives*

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Choisir un protocole adapté aux caractéristiques biochimiques et/ou biophysiques du lot ou de l'échantillon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Caractéristiques biochimiques et biophysiques du lot ou de l'échantillon</li> <li>– Protocoles</li> <li>– Sources documentaires (fiches techniques, publications..)</li> <li>– Logiciel(s) d'exploitation et ordinateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Choix pertinent et justifié du protocole</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Appliquer sur le lot ou l'échantillon le protocole adapté</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lot ou échantillon(s)</li> <li>– Matériel, automate</li> <li>– Consommables et réactifs</li> <li>– Protocoles</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conservation correcte du lot ou de l'échantillon</li> <li>– Réalisation correcte des gestes techniques adaptés</li> <li>– Application correcte du protocole choisi</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>– Élimination conforme des déchets</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conserver la préparation purifiée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Préparation purifiée</li> <li>– Matériel</li> <li>– Consommables et réactifs</li> <li>– Protocoles</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Réalisation correcte des gestes techniques adaptés</li> <li>– Application correcte du protocole de conservation</li> </ul>

## Techniques analytiques

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choisir un étalon ou un matériel de référence</li> <li>- Choisir un protocole adapté</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques biochimiques et biophysiques de l'échantillon ou matériel de référence</li> <li>- Étalons ou matériels de référence</li> <li>- Protocoles</li> <li>- Sources documentaires (fiches techniques, publications..)</li> <li>- Logiciel(s) d'exploitation et ordinateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix pertinent et justifié du protocole</li> <li>- Choix pertinent et justifié de l'étalon ou du matériel de référence</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appliquer sur l'échantillon et l'étalon, le protocole adapté</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Étalon ou matériel de référence</li> <li>- Échantillon</li> <li>- Matériel, automate</li> <li>- Consommables et réactifs</li> <li>- Protocole</li> <li>- Fiches de données de sécurité</li> <li>- Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservation correcte de l'échantillon ou de l'étalon</li> <li>- Réalisation correcte des gestes techniques adaptés</li> <li>- Application correcte du protocole choisi</li> <li>- Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>- Élimination conforme des déchets</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractériser un échantillon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Échantillon</li> <li>- Protocoles</li> <li>- Sources documentaires (fiches techniques, publications..)</li> <li>- Logiciel(s) d'exploitation et ordinateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalisation correcte des gestes techniques adaptés</li> <li>- Application correcte du protocole d'analyse</li> <li>- Qualité des résultats obtenus</li> <li>- Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>- Exploitation correcte des résultats</li> <li>- Présentation correcte des résultats et conclusions</li> </ul>

## C1.4 – Mettre en œuvre des techniques en microbiologie

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mettre en œuvre un examen microscopique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Matériels, consommables et réactifs nécessaires</li> <li>– Échantillon biologique</li> <li>– Protocoles et fiches techniques</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exécution correcte de la technique</li> <li>– Utilisation correcte et adéquate du matériel</li> <li>– Qualité de la préparation</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Analyse critique de l'observation</li> <li>– Présentation correcte des résultats et conclusions</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cultiver des agents biologiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles</li> <li>– Matériel de laboratoire, consommables et réactifs</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Choix pertinent des milieux, matériels et méthodes</li> <li>– Organisation spatio-temporelle du travail rationnelle</li> <li>– Exécution correcte desensemencements et incubations</li> <li>– Exécution correcte des isolements, des tests complémentaires</li> <li>– Relevé pertinent des indicateurs de suivi de la culture</li> <li>– Qualité conforme des milieux préparés et des analyses réalisées</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>– Étiquetage conforme des préparations réalisées</li> <li>– Absence de contamination</li> <li>– Exécution correcte d'une dilution d'agents biologiques</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Élimination conforme des cultures et/ou du matériel utilisés</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identifier par méthodes biochimiques, immunologiques, moléculaires</li> <li>– Mettre en œuvre un typage de souche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles</li> <li>– Matériel de laboratoire et consommables</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Equipement individuels et collectifs de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Choix pertinent des milieux, réactifs, matériels et méthodes</li> <li>– Organisation spatio-temporelle du travail rationnelle</li> <li>– Exécution correcte desensemencements et incubations et des tests complémentaires</li> <li>– Respect des protocoles de caractérisation biochimique et de biologie moléculaire mis en œuvre</li> <li>– Étiquetage conforme des préparations réalisées</li> <li>– Qualité conforme des milieux préparés et des analyses réalisées</li> <li>– Exécution correcte d'une dilution d'agents biologiques</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Absence de contamination</li> <li>– Analyse critique des résultats</li> <li>– Élimination conforme des cultures et du matériel contaminé</li> </ul>

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
– Dénombrer les agents biologiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles</li> <li>– Matériel de laboratoire et consommables</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Équipement individuels et collectifs de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Choix pertinent des milieux, réactifs, matériels et méthodes</li> <li>– Organisation spatio-temporelle du travail rationnelle</li> <li>– Exécution correcte des ensemencements et incubations</li> <li>– Exécution correcte des tests complémentaires</li> <li>– Exécution correcte d'une dilution d'agents biologiques</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>– Étiquetage conforme des préparations réalisées</li> <li>– Qualité conforme des milieux préparés et des analyses réalisées</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Absence de contamination</li> <li>– Analyse critique des résultats</li> <li>– Élimination conforme des cultures et du matériel contaminé</li> </ul>
– Conserver et stocker les agents biologiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Échantillon ou agent biologique</li> <li>– Protocoles</li> <li>– Matériel de laboratoire et consommables</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Choix et exécution correcte de la technique</li> <li>– Utilisation correcte du matériel</li> <li>– Étiquetage conforme des préparations réalisées</li> <li>– Qualité conforme des souches préparées</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> </ul>

#### C1.5 – Mettre en œuvre des techniques utilisant des anticorps

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
– Choisir un protocole adapté	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles</li> <li>– Caractéristiques immunologiques de l'échantillon</li> <li>– Sources documentaires (fiches techniques, publications...)</li> <li>– Logiciel d'exploitation et ordinateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Choix pertinent et justifié du protocole</li> <li>– Organisation fonctionnelle et pratique du plan de travail</li> <li>– Respect de la chronologie et de la durée des étapes d'un protocole en minimisant les pertes de temps</li> </ul>
– Prévoir des témoins et des échantillons de référence	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles</li> <li>– Sources documentaires (fiches techniques, publications...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Choix pertinent et justifié des témoins et des échantillons de référence</li> </ul>
– Appliquer sur les échantillons et les témoins le protocole choisi	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Témoins et échantillons de référence</li> <li>– Échantillon</li> <li>– Matériel, consommables et réactifs</li> <li>– Protocole</li> <li>– Automate</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Équipement collectifs et individuels de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conservation des échantillons et des témoins</li> <li>– Réalisation correcte des gestes techniques adaptés</li> <li>– Application correcte du protocole choisi</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>– Exploitation correcte des résultats</li> <li>– Présentation correcte des résultats et conclusions</li> </ul>

### C1.6 – Mettre en œuvre des techniques en biologie moléculaire et génie génétique

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Rechercher une séquence ou une donnée dans une banque	– Séquence ou donnée à rechercher ou à traiter – Traitement souhaité – Protocoles	– Choix de la banque de données <i>ad hoc</i> – Interrogation judicieuse de la banque – Mise en forme des données au format <i>ad hoc</i>
– Analyser une séquence ou un ensemble de séquences	– Ordinateur connecté à un réseau local ou distant	– Choix de critères simples d'utilisation du logiciel d'analyse – Enregistrement correct des résultats – Analyse et exploitation correctes des résultats du traitement informatique
– Préparer la mise en œuvre en fonction des caractéristiques et du nombre d'échantillons à traiter	– Échantillons – Cellules procaryotes ou eucaryotes, virus – Nombre et caractéristiques des échantillons – Résultats d'une exploitation bioinformatique – Protocoles – Fiches techniques – Fiches de données de sécurité	– Choix correct des volumes à traiter ou à analyser – Choix de matériel et de consommables adaptés – Préparation d'un volume adéquat de solutions ou de suspensions de travail – Conception correcte d'un milieu réactionnel ou d'un mélange – Conservation convenable des échantillons
– Appliquer aux acides nucléiques les protocoles adaptés	– Matériel, consommables et réactifs – Logiciel(s) d'exploitation et ordinateur – Équipements individuels et collectifs de sécurité	– Respect des points critiques des protocoles : durées, températures, asepsie... – Respect des contraintes de sécurité – Exécution correcte de gestes techniques adaptés : pipetage de microvolumes, précipitations et redissolutions d'acides nucléiques, isolement de clones, manipulation de support d'hybridation... – Qualité des résultats obtenus – Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre – Élimination conforme des déchets
– Appliquer aux cellules procaryotes, eucaryotes, et aux virus les protocoles adaptés		– Exécution correcte des procédés de transfection – Qualité des résultats obtenus – Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre – Élimination conforme des déchets
– Exploiter et valider les résultats		– Exploitation correcte des résultats – Présentation correcte des résultats et conclusions
– Conserver et stocker le matériel biologique d'intérêt		– Stockage et conservation des molécules ou cellules d'intérêt – Stockage et conservation des réactifs

## C1.7 – Mettre en œuvre des techniques en génie fermentaire

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
– Préparer et organiser une unité de fermentation (2 à 10 litres)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procédures, protocoles, fiches techniques</li> <li>– Bioréacteur, capteurs et périphériques associés (unité de 2 à 10 litres)</li> <li>– Unité de centrale de contrôle et de régulation</li> <li>– Solutions et fluides pour étalonnage et régulation</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Logiciel de pilotage et d'exploitation</li> <li>– Ordinateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Montage opérationnel correct de l'unité de fermentation</li> <li>– Étalonnage correct des capteurs</li> <li>– Étalonnage correct des pompes</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>
– Préparer et stériliser les différents milieux, réactifs, solutions et matériels	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procédures et protocoles</li> <li>– Matériel de laboratoire, réactifs et consommables</li> <li>– Matériel de stérilisation</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Équipements individuels et collectifs de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Calculs et mesures massiques et volumétriques correctes</li> <li>– Conditionnement et étiquetage conformes des préparations</li> <li>– Qualité conforme des milieux, solutions et réactifs préparés</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Utilisation conforme des matériels de stérilisation</li> <li>– Stérilisation conforme des milieux, solutions, réactifs et matériels</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>
– Réaliser la préculture et ensemer le milieu de fermentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles</li> <li>– Matériel biologique</li> <li>– Matériel d'ensemencement</li> <li>– Milieux stériles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Qualité de la préculture</li> <li>– Exécution correcte de l'ensemencement</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> </ul>
– Conduire la fermentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles</li> <li>– Points de consigne</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Solutions et fluides</li> <li>– Unité centrale de contrôle et de régulation</li> <li>– Effecteurs de régulation</li> <li>– Organes de régulation (moteur, électrovanne...)</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Programme d'addition des charges complémentaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ajustements initiaux des paramètres du milieu de culture</li> <li>– Exécution correcte d'un prélèvement</li> <li>– Suivi de l'évolution des paramètres de la fermentation</li> <li>– Régulation des paramètres de la fermentation conforme au protocole</li> <li>– Utilisation conforme de l'unité centrale de régulation et des effecteurs</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> <li>– Mise en œuvre correcte d'un programme d'addition des charges complémentaires</li> </ul>
– Traiter des données cinétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Calculateur et logiciel d'acquisition et de traitement des données brutes en ligne et hors ligne</li> <li>– Données brutes</li> <li>– Matériel d'impression des résultats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tracé correct des cinétiques de croissance en biomasse, consommation de substrat et formation de produit</li> <li>– Édition conforme des formules de calcul des différents paramètres d'état de la culture</li> <li>– Présentation des résultats</li> </ul>

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Effectuer le traitement primaire du moût en fin de fermentation : séparation de la biomasse	– Protocoles – Moût de fermentation – Matériel, réactifs et consommables – Matériel spécifique de séparation – Fiches de données de sécurité	– Efficacité de la séparation – Utilisation conforme des matériels de séparation – Respect des procédures de sécurité – Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre
– Conserver et stocker le matériel collecté	– Matériel collecté – Protocoles – Matériel de laboratoire, réactifs et consommables – Matériel spécifique de conservation – Fiches de données de sécurité	– Conservation conforme des matériels collectés – Utilisation conforme des matériels spécifiques de conservation – Conditionnement et étiquetage conformes du matériel collecté
– Assurer l'élimination des cultures et des consommables – Décontaminer et nettoyer l'unité de fermentation et les périphériques	– Procédures et protocoles – Matériel d'inactivation des microorganismes – Fiches de données de sécurité	– Élimination conforme des cultures et des consommables contaminés – Décontamination et nettoyage conforme de l'unité de fermentation et des périphériques – Respect des procédures de sécurité

### C1.8 – Mettre en œuvre des techniques en génie enzymatique

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Réaliser et évaluer les étapes d'une purification d'enzyme	– Matériel biologique source et ses caractéristiques – Temps imparti – Protocoles – Fiches techniques – Fiches de données de sécurité – Matériel, consommables et réactifs – Logiciel(s) d'exploitation – Ordinateur – Équipements individuel et collectif de sécurité	– Exécution correcte des techniques impliquées dans la purification effectuée (chromatographies, électrophorèses, mesures d'activité...) – Choix et/ou regroupement judicieux des fractions d'intérêt – Obtention de l'enrichissement et du rendement attendus – Détermination correcte de cet enrichissement et de ce rendement – Analyse critique des résultats et propositions éventuelles pertinentes – Conservation <i>ad hoc</i> des différents extraits – Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre
– Réaliser une immobilisation d'enzyme – Évaluer les performances d'une immobilisation et les caractéristiques d'une enzyme immobilisée	– Enzyme et ses caractéristiques – Protocoles – Fiches techniques – Fiches de données de sécurité – Matériel, consommables et réactifs – Équipements individuel et collectif de sécurité	– Obtention du rendement d'immobilisation attendu – Détermination correcte de ce rendement d'immobilisation et des paramètres cinétiques de l'enzyme immobilisée – Analyse critique pertinente des résultats – Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
– Utiliser un biocapteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Échantillon à analyser</li> <li>– Étalon</li> <li>– Biocapteur</li> <li>– Protocoles</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Matériel, consommables et réactifs</li> <li>– Logiciel(s) d'exploitation</li> <li>– Ordinateur</li> <li>– Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mise en œuvre conforme du biocapteur</li> <li>– Résultat analytique attendu</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>
– Mettre en œuvre une biocatalyse en réacteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Échantillon à « biotransformer »</li> <li>– Bioréacteur à enzymes immobilisées ou non</li> <li>– Protocoles</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Matériel, consommables et réactifs</li> <li>– Logiciel(s) d'exploitation</li> <li>– Ordinateur</li> <li>– Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Montage, réglages et suivi adaptés du bioréacteur</li> <li>– Obtention des résultats attendus</li> <li>– Évaluation correcte des paramètres du bioréacteur et de la biotransformation</li> <li>– Analyse critique des résultats et propositions éventuelles pertinentes</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>

#### C1.9 – Mettre en œuvre des techniques de génie cellulaire

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
– Préparer les milieux de culture	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Matériels, consommables et réactifs spécifiques</li> <li>– Hottes à flux laminaire</li> <li>– Incubateurs</li> <li>– Protocoles de fabrication</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Calculs et mesures massiques et volumétriques correctes</li> <li>– Étiquetage et conditionnement conformes des milieux</li> <li>– Qualité conforme des milieux préparés</li> <li>– Utilisation correcte du matériel</li> <li>– Respect des conditions d'asepsie</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>
– Préparer une culture primaire de cellules eucaryotes supérieures	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fragments d'organes ou de tissus animaux ou végétaux</li> <li>– Microscopes, hotte à flux laminaire, incubateurs</li> <li>– Matériels, consommables et réactifs spécifiques</li> <li>– Protocoles</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exécution correcte de la technique</li> <li>– Respect des conditions d'asepsie</li> <li>– Respect des procédures de sécurité</li> <li>– Bonne viabilité de la culture</li> <li>– Utilisation correcte du matériel</li> <li>– Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretenir une culture de cellules eucaryotes supérieures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Culture primaire, lignée cellulaire, clone</li> <li>- Microscopes</li> <li>- Hotte à flux laminaire</li> <li>- Incubateur</li> <li>- Matériels, consommables et réactifs spécifiques</li> <li>- Protocoles</li> <li>- Fiches techniques</li> <li>- Fiches de données de sécurité</li> <li>- Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exécution correcte de gestes techniques adaptés : contrôles macroscopique et microscopique, repiquage aseptique des cultures, décollement d'une monocouche, renouvellement du milieu</li> <li>- Utilisation correcte du matériel</li> <li>- Étiquetage conforme des cultures réalisées</li> <li>- Réponse technique adaptée aux aléas de la mise en œuvre</li> <li>- Respect des conditions d'asepsie</li> <li>- Respect des procédures de sécurité</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser des cellules eucaryotes supérieures comme support d'expérimentation ou de production</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cytoculteur</li> <li>- Microscopes</li> <li>- Hotte à flux laminaire</li> <li>- Incubateur</li> <li>- Protocoles</li> <li>- Fiches techniques</li> <li>- Fiches de données de sécurité</li> <li>- Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exécution correcte de gestes techniques adaptés : dénombrement de cellules, ajustage d'une concentration cellulaire, préparation et observation microscopiques...</li> <li>- Utilisation correcte du matériel</li> <li>- Bonne gestion des consommables</li> <li>- Respect des conditions d'asepsie</li> <li>- Respect des procédures de sécurité</li> <li>- Absence de contamination</li> <li>- Analyse critique de l'observation et des résultats</li> <li>- Suivi de la culture et de la production en cytoculteur : prélèvement, contrôles macroscopique et microscopique, dosage, caractérisation...</li> <li>- Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conserver et stocker des lignées cellulaires et les clones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Échantillons ou agents biologiques</li> <li>- Lignées cellulaires</li> <li>- Protocoles</li> <li>- Matériels et consommables</li> <li>- Milieux et réactifs spécifiques</li> <li>- Équipements spécifiques</li> <li>- Fiches techniques</li> <li>- Fiches de données de sécurité</li> <li>- Équipements individuel et collectif de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix et exécution correcte de la technique</li> <li>- Utilisation correcte du matériel</li> <li>- matériels et méthodes</li> <li>- Étiquetage conforme des préparations réalisées</li> <li>- Qualité conforme des préparations réalisées</li> <li>- Respect des protocoles</li> <li>- Respect des procédures de sécurité</li> <li>- Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assurer l'élimination des cultures et du matériel contaminés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Équipement individuels et collectifs de sécurité</li> <li>- Équipement de prétraitement ou de traitement des cultures en vue d'une élimination sécurisée</li> <li>- Fiches de données de sécurité</li> <li>- Réglementation et recommandations en vigueur dans le domaine de la bioéthique ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élimination conformes des déchets biologiques</li> <li>- Élimination conforme du matériel contaminé</li> <li>- Respect des procédures de sécurité</li> </ul>

### C1.10 – Mettre en œuvre des techniques de prélèvement de tissus ou d'organes chez l'animal

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Prélever en condition non stérile un organe, un fragment d'organe ou un tissu sur un animal invertébré ou sur un animal vertébré (batracien, rat, souris) euthanasié	– Conditions d'exercice réglementaire – Matériels et réactifs – Animal invertébré ou vertébré (batracien ou rat ou souris) – Procédures et modes opératoires	– Qualité des gestes techniques – Réponse technique adaptée aux conditions de mise en œuvre
– Prélever en condition stérile un organe, un fragment d'organe ou un tissu sur un animal invertébré ou sur un animal vertébré (batracien, rat, souris) euthanasié	– Conditions d'exercice réglementaire – Matériels et réactifs permettant une manipulation stérile – Animal invertébré ou vertébré (batracien ou rat ou souris) – Procédures et modes opératoires	– Qualité des gestes techniques – Respect des conditions d'asepsie – Réponse technique adaptée aux aléas de mise en œuvre
–Éliminer l'animal euthanasié	– Textes réglementaires – Animal euthanasié – Procédures et modes opératoires	– Conformité des gestes techniques

### C1.11 – Effectuer ou suivre l'entretien et la maintenance de premier et de deuxième niveaux des équipements et des matériels

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Préparer une intervention de maintenance	– Plan de prévention – Règles et consignes de sécurité – Procédures d'arrêt – Dossiers équipements et matériels – Fiches produits	– Inventaire justifié des incidences des interventions sur les équipements et les matériels – Inventaire du matériel pour assurer la sécurité et isoler la zone d'intervention – Mise en sécurité de tout ou partie des équipements et des matériels : - arrêt et vidange appropriés des circuits - vérification méthodique des circuits – Mise en place des mesures de prévention en matière d'hygiène – Préparation des équipements et des matériels pour faciliter les interventions de maintenance
– Effectuer une opération de maintenance : - démonter et remonter des pièces standard - échanger des éléments consommables accessibles en toute sécurité (voyants, fusibles, rubans, papiers...)	– Équipements et matériels – Pièces et produits nécessaires à la maintenance – Procédures de maintenance ou consignes d'entretien – Outillage simple de maintenance – Liste des anomalies les plus fréquemment rencontrées et procédures de remédiation ou d'alerte – Équipements individuels et collectifs de sécurité	– Dépose et pose de pièces standard correctement conduites et en toute sécurité; matériel en état de marche après la dépose et la pose des éléments standard – Dépose et pose d'éléments consommables correctement effectuées – Matériel en état de marche après l'échange d'éléments consommables

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Suivre une opération de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Planning des opérations de maintenance</li> <li>– Procédures d’arrêt et de mise en route</li> <li>– Plan de prévention; consignes d’hygiène et de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Respect des consignes d’hygiène et de sécurité</li> <li>– Identification de toute opération dérogeant aux procédures d’arrêt ou de mise en route des équipements et des matériels</li> </ul>
– Assurer le nettoyage des équipements et des matériels après intervention	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Équipements et matériels</li> <li>– Outillage simple de maintenance</li> <li>– Matériels et produits de nettoyage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Équipements et matériels propres</li> <li>– Tenue adaptée</li> </ul>

## C2 – Organiser et gérer

### C2.1 – Organiser son activité de travail

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Recenser et planifier les travaux à réaliser</li> <li>– Inventorier les besoins en matériels et en réactifs</li> <li>– Vérifier la disponibilité des matériels, des réactifs et des consommables</li> <li>– Garantir l’approvisionnement et le renouvellement des matériels, des réactifs et des consommables</li> <li>– Organiser son espace de travail</li> <li>– Remettre en ordre son espace de travail</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Protocoles et fiches techniques, procédures</li> <li>– Contraintes techniques</li> <li>– Consignes individuelles et collectives : contraintes de temps et d’espace</li> <li>– Fiches de vie des équipements</li> <li>– État des stocks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Recensement et planification pertinentes des travaux à réaliser</li> <li>– Inventaire exhaustif des besoins en matériel et réactifs.</li> <li>– Respect des contraintes d’utilisation des produits</li> <li>– Approvisionnement satisfaisant des postes de travail</li> <li>– Agencement pratique et ergonomique de l’espace de travail.</li> <li>– Remise en ordre correcte de l’espace de travail</li> </ul>

### C2.2 – Préparer les équipements et les matériels

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vérifier le bon état du matériel ou des installations</li> <li>– Réaliser le montage des appareils et de leurs accessoires</li> <li>– Vérifier la présence et le fonctionnement des équipements collectifs de sécurité</li> <li>– Vérifier la présence et l’état des protections individuelles de sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocoles et procédures</li> <li>– Matériels et installations</li> <li>– Notices de montage des appareils</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Équipements individuels et collectifs de sécurité</li> <li>– Fiches de vie des matériels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vérification rigoureuse et exhaustive de l’état du matériel et des installations</li> <li>– Vérification rigoureuse et exhaustive de l’état et du fonctionnement des équipements individuels et collectifs de sécurité</li> <li>– Réalisation correcte des montages</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mettre en route les matériels et les équipements et faire les réglages nécessaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Équipements et matériels</li> <li>– Fiches techniques</li> <li>– Protocoles de mise en route</li> <li>– Notices techniques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Respect des protocoles de mise en route</li> <li>– Vérification et ajustement de tous les points de réglage</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vérifier ou étalonner les appareils de mesure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Appareils de mesure</li> <li>– Notices d’utilisation</li> <li>– Étalons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Étalonnage ou vérification conformes</li> </ul>

### C2.3 – Gérer les réactifs et les échantillons biologiques

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fractionner, conditionner, conserver et stocker les réactifs et les échantillons biologiques</li> <li>– Identifier et assurer la traçabilité des réactifs et des échantillons biologiques</li> <li>– Assurer le stockage et la conservation des réactifs et des échantillons biologiques</li> <li>– Congeler, décongeler les réactifs et les échantillons biologiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procédures et protocoles</li> <li>– Fiches techniques des réactifs</li> <li>– Consommables et matériels de conditionnement, de stockage et de conservation</li> <li>– Consommables et matériels d'étiquetage et d'identification</li> <li>– Réactifs et matériels de stockage et de conservation</li> <li>– Matériel de conditionnement</li> <li>– Échantillons biologiques et réactifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pertinence du fractionnement et du conditionnement</li> <li>– Organisation rationnelle et ergonomique du stockage</li> <li>– Respect des conditions de conservation et de stockage.</li> <li>– Traçabilité conforme des réactifs et des échantillons</li> <li>– Respect des procédures</li> <li>– Respects des protocoles de congélation et décongélation</li> </ul>

### C2.4 – Gérer la santé et la sécurité au travail

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Identifier les dangers</li> <li>– Évaluer les risques et les facteurs potentiels d'accidents d'une manipulation</li> <li>– Déterminer les mesures de prévention et les équipements de protection adaptés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protocole opératoire</li> <li>– Fiches techniques des produits et des réactifs</li> <li>– Fiches de données de sécurité</li> <li>– Classement des agents biologiques utilisés</li> <li>– Textes réglementaires, normes, bonnes pratiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inventaire exhaustif des dangers</li> <li>– Analyse et hiérarchie des risques et des facteurs potentiels d'accidents</li> <li>– Pertinence des mesures de prévention proposées et des choix des équipements de protection</li> <li>– Respect des textes en vigueur dans le cadre de l'analyse ou de l'expérimentation envisagée</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vérifier l'adéquation du choix des équipements de protection aux risques identifiés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procédures</li> <li>– Équipement de protection collective</li> <li>– Équipements de protection individuelle (EPI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vérification et utilisation correctes des équipements de protection collective et des EPI</li> <li>– Application correcte des mesures de prévention prévues dans les procédures au cours des différentes étapes de la manipulation</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Déclencher les opérations adaptées en cas de dysfonctionnement pouvant créer une situation de risque pour les personnes, les matériels, les produits ou l'environnement : <ul style="list-style-type: none"> <li>- interventions correctives</li> <li>- maintien des paramètres sensibles</li> <li>- procédures d'arrêt d'urgence</li> <li>- alerte et transmission des informations</li> <li>- recueil des informations nécessaires à l'analyse du dysfonctionnement</li> </ul> </li> <li>– Intervenir de façon adaptée en cas d'accident ou d'incident</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procédures (descriptif des dysfonctionnements et des mesures correctives)</li> <li>– Règlements de l'entreprise ou du laboratoire</li> <li>– Plan de prévention</li> <li>– Plans de circulation (personnes, produits, déchets ...)</li> <li>– Consignes d'intervention</li> <li>– Numéros d'appel en cas d'urgence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Intervention justifiée de la conduite à tenir par rapport à la nature et à la gravité du dysfonctionnement : <ul style="list-style-type: none"> <li>- interventions correctives</li> <li>- maintien des paramètres sensibles</li> <li>- procédures d'arrêt d'urgence</li> <li>- alerte interne dans la laboratoire</li> <li>- appel des services d'urgence</li> <li>- recueil des informations nécessaires à l'analyse du dysfonctionnement</li> </ul> </li> </ul>

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
<p><i>Pour toute personne entrante</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier son autorisation d'entrée</li> <li>- Informer des risques spécifiques liés aux activités des laboratoires et locaux associés</li> <li>- Veiller à la mise à disposition des équipements de protection individuels et collectifs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédures</li> <li>- Équipements de protection individuelle et collective</li> <li>- Textes réglementaires et plan de prévention</li> <li>- Liste des habilitations et préventions</li> <li>- Statut et fonction des personnes entrantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertinence de l'information</li> <li>- Adéquation des équipements de protection liés aux risques</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veiller à la mise en œuvre des procédures de sécurité préalables aux activités sous-traitées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédure de décontamination</li> <li>- Nature des activités sous-traitées : maintenance, nettoyage, évacuation des déchets...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en œuvre correcte des procédures de décontamination</li> <li>- Traçabilité renseignée</li> </ul>

## C2.5 – S'intégrer dans une démarche qualité

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prendre connaissance des procédures associées à la démarche qualité en vigueur</li> <li>- Participer à la mise en œuvre de la démarche qualité adoptée, en particulier : <ul style="list-style-type: none"> <li>- calibrer son matériel</li> <li>- rédiger des fiches de poste</li> <li>- gérer les produits, les réactifs biologiques, et les stocks</li> <li>- respecter le principe de la marche en avant et le principe de non croisement des circuits</li> <li>- assurer la traçabilité</li> <li>- relayer le correspondant qualité local</li> <li>- guider et encadrer les nouveaux venus par rapport à la démarche qualité en vigueur</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relevés métrologiques des différentes enceintes thermostatées</li> <li>- Fiches de vie des matériels</li> <li>- Procédures en vigueur</li> <li>- Protocoles</li> <li>- Cahiers de laboratoire</li> <li>- Classeurs de données brutes</li> <li>- Fiches techniques des fournisseurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respect scrupuleux des procédures associées à la démarche qualité</li> <li>- Traçabilité conforme</li> <li>- Participation active et régulière aux différentes tâches nécessaires à la mise en œuvre de la démarche qualité en vigueur</li> </ul>

### C3 – Organiser et gérer

#### C3.1 – Analyser et exploiter des données ou des résultats

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Mettre en forme et traiter les données et les résultats bruts collectés lors d'une phase de travail technique	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Données et résultats bruts collectés</li> <li>– Critères de validation des données et résultats</li> <li>– Modèles de traitements des données et résultats</li> <li>– Matériels de traitement et de représentation des données et des résultats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Validation critique pertinente</li> <li>– Mise en forme exploitable des données et des résultats</li> <li>– Traitement correct et représentation adaptée des données et résultats collectés</li> </ul>
– Analyser et exploiter des données techniques et/ou scientifiques dans le cadre d'une problématique définie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Problématique</li> <li>– Documentations scientifiques et techniques</li> <li>– Résultats traités et mis en forme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pertinence de l'interprétation et conclusions</li> </ul>

#### C3.2 – Adapter ou optimiser des protocoles

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Analyser un protocole existant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procédures et protocoles associés</li> <li>– Comptes rendus des essais de laboratoire sur les protocoles existants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pertinence de l'analyse des résultats et observations relevées lors des essais de laboratoire</li> <li>– Identification des points critiques</li> <li>– Construction d'un synoptique ou d'un logigramme</li> </ul>
– Proposer des aménagements ou des modifications des protocoles existants	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse du protocole existant et cahier des charges ou contrat définissant les objectifs qualitatifs ou quantitatifs</li> <li>– Procédures et protocoles associés</li> <li>– Documentations scientifiques et techniques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pertinence des propositions de modification dans le respect des objectifs fixés</li> <li>– Rédaction correcte d'un protocole</li> </ul>
– Évaluer les nouveaux protocoles par comparaison à l'existant	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anciennes et nouvelles procédures et protocoles associés</li> <li>– Comptes rendus des essais de laboratoire sur les anciens et les nouveaux protocoles</li> <li>– Synoptique ou logigramme des protocoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Qualité de l'analyse comparée des données obtenues et pertinence de l'adaptation ou de l'optimisation réalisées</li> </ul>

### C3.3 – Décoder et interpréter l'information technique

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliciter des protocoles, des fiches techniques, des notes de services, des prescriptions, des publications techniques et des textes réglementaires</li> <li>- Traduire des pictogrammes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protocoles, fiches techniques, publications techniques, textes réglementaires...</li> <li>- Pictogrammes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicitation exacte des protocoles, des fiches techniques, des publications techniques, des textes réglementaires...</li> <li>- Traduction exacte des pictogrammes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repérer sur un plan ou sur un schéma les éléments fonctionnels et les principales dispositions pratiques d'hygiène et sécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plans de locaux et schémas des matériels ou des équipements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repérage des éléments fonctionnels et des principales dispositions en matière d'hygiène et de sécurité</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- À partir de documents techniques, élaborer un protocole adapté à un environnement donné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cahier des charges</li> <li>- Documents techniques</li> <li>- Matériels disponibles dans l'environnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventaire des moyens nécessaires</li> <li>- Faisabilité du protocole proposé</li> </ul>

### C3.4 – Analyser un dysfonctionnement ou une anomalie

<b>Compétence détaillée</b>	<b>Données</b>	<b>Indicateurs de performance</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire un constat exhaustif et méthodique de l'état des équipements et des matériels en dysfonctionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Situation présentant des dysfonctionnements</li> <li>- Procédures d'inspection et de contrôle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventaire exhaustif et hiérarchisation des dysfonctionnements</li> <li>- Localisation du dysfonctionnement</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyser un dysfonctionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Situation présentant un équipement ou un matériel en dysfonctionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse méthodique des causes possibles du dysfonctionnement</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décider du niveau de l'intervention de remédiation en fonction de la nature et de l'importance des dysfonctionnements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédures de contrôle</li> <li>- Consignes d'intervention</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Justification des décisions : <ul style="list-style-type: none"> <li>- ou intervention directe (premier, deuxième et éventuellement troisième niveaux de maintenance)</li> <li>- ou recours aux services de maintenance</li> <li>- ou transmission à la hiérarchie</li> </ul> </li> </ul>

## C4 – S’informer et communiquer

### C4.1 – Rechercher et collecter l’information

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Recueillir et consigner des résultats	– Résultats – Documents d’enregistrement	– Transcription correcte des résultats
– Identifier la ou les personnes ressources susceptibles de fournir l’information	– Liste des personnes ressources possibles mentionnant leurs fonctions respectives et l’organisme auquel elles appartiennent – Organigramme	– Identification correcte des personnes ressources
– Utiliser une banque de données ou des sources documentaires ou une bibliographie pour une recherche d’informations	– Travail à réaliser – Banque de données – Sources documentaires – Bibliographie – Réseaux de communication – Outil informatique	– Choix pertinent des documents se rapportant au sujet traité – Utilisation judicieuse et rapide du fichier ou de la banque de données – Informations recueillies conformes aux résultats attendus

### C4.2 – Traiter et classer l’information

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Répertorier et classer les différents documents se rapportant à un sujet donné	– Documents à référencer et à classer	– Référencement et classement corrects des documents
– Extraire d’un document des informations relatives à un sujet et les organiser	– Documents – Travail à réaliser	– Sélection et organisation pertinentes des informations
– Constituer un dossier technique	– Documents – Destinataire de l’information et objectifs de l’information	– Organisation rationnelle du dossier en vue de son exploitation

### C4.3 – Rendre compte et transmettre l’information

Compétence détaillée	Données	Indicateurs de performance
– Faire un rapport écrit ou oral sur le travail effectué	– Outils didactiques de présentation – Qualité du destinataire	– Adéquation du contenu du rapport à la demande du destinataire – Utilisation judicieuse des outils didactiques disponibles – Clarté, précision et concision du rapport écrit ou oral – Exactitude du vocabulaire technique utilisé – Qualité de la syntaxe et de l’orthographe

## Annexe 1b – Savoirs et savoir-faire

Les savoirs associés technologiques, professionnels et généraux sont organisés en dix modules :

- Module 1 : Biologie moléculaire et génie génétique
- Module 2 : Biochimie analytique
- Module 3 : Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines
- Module 4 : Microbiologie et génie fermentaire
- Module 5 : Biologie et technologies cellulaires
- Module 6 : Bioinformatique et informatique de laboratoire
- Module 7 : Qualité, Santé et sécurité au travail
- Module 8 : Mathématiques et sciences physiques
- Module 9 : Anglais

### Module 1 : Biologie moléculaire et génie génétique

#### Section 1 : Structures et fonctions des acides nucléiques

*N.B.* – Plutôt que de rechercher l'exhaustivité, on s'attachera à la clarification et la structuration des notions de base.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>1.1 – Structure des acides nucléiques</b>				
Les nucléotides : structure et propriétés	Aptitude à former des liaisons hydrogènes, propriétés optiques...			
La structure primaire des acides nucléiques	Séquences et liaisons phosphodiester			
La structure tridimensionnelle de l'ADN : – caractéristiques de la double hélice – topologie – compactage intranucléaire et chromosomes	Surenroulements et topoisomérases	Migration électrophorétique de différentes formes d'ADN (plasmidique par exemple)		
Les différents types d'ARN : principales caractéristiques structurales et fonctionnelles	Structures spatiales et localisations, en liaison avec la traduction			
<b>1.2 – Dénaturation et hybridation des acides nucléiques</b> <i>Aspects fondamentaux précédant les mises en œuvre techniques</i>				
Dénaturation	Température de fusion : définition et paramètres	Courbe de fusion de l'ADN		
Hybridation	– Aspects thermodynamique et cinétique – Définition et paramètres de la stringence	Concentrations en sels et en agents compétiteurs des liaisons hydrogènes...		

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>1.3 – Organisation des gènes et des génomes</b>				
Les informations génétiques et leurs interrelations	Schéma d'ensemble : réplication de l'ADN et de l'ARN, transcription et rétro-transcription...			
Le code génétique	Dégénérescence, quasi-universalité, usage des codons...			
Structure des gènes procaryotes	Brins codant et transcrit Cadres ouverts de lecture (ORF) Signaux consensus d'expression : promoteur, site de fixation aux ribosomes, terminateur... Séquence codant une protéine (cds)			
Structure des gènes eucaryotes	Différents types de gènes Introns, exons Signaux consensus : sites d'épissage...			
Plasticité de l'information génétique	Quelques exemples : – épissage alternatif – notion d'édition des ARNm – remaniements des gènes des immuno-globulines			
Caractéristiques de quelques génomes	Virus, bactéries, levures, végétaux, mammifères <i>Éviter de faire un catalogue des génomes commus, l'objectif étant de faire ressortir les caractéristiques majeures de chaque exemple, notamment :</i> – tailles, nombres de gènes, complexité – les opérons procaryotes – pour les eucaryotes : diploïdie et allèles, séquences répétées, polyploïdies des végétaux, ADN mitochondrial et chloroplastique (nature et coopérations génétiques avec le génome)...			
Marqueurs génétiques et polymorphismes	Définir les principaux marqueurs (exemples : sites de restriction, STS – <i>sequence tagged sites</i> , microsatellites, SNP – <i>single nucleotides polymorphism</i> ) Définir les polymorphismes de taille et de séquence Introduire leur utilisation en cartographie et en génotypage	Mise en évidence d'un polymorphisme génétique		
Stabilité et évolution des génomes – les familles de gènes – arbres phylogénétiques (notions) – les éléments génétiques mobiles	Gènes homologues, duplication des gènes (en liaison avec le module 6) Existence de transposons, de rétrovirus			

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>1.4 – Constance et variation de l'ADN</b>				
La réplication du chromosome bactérien	Origine de réplication Les ADN polymérase Machinerie et fonctionnement général : brins continu et discontinu, correction des erreurs...			
La réplication des ADN phagiques	Notions simples sur la réplication des phages filamenteux et du phage lambda d' <i>E.coli</i>			
La réplication de l'ADN chez les eucaryotes	Différences avec les procaryotes Caractéristiques Importance des télomères			
La recombinaison : – recombinaisons homologue et hétérologue – recombinaisons physiologiques – l'outil recombinaison	Logique d'ensemble et mécanisme sommaire <i>Crossing-over</i> méiotique et immuno-génétique : synthèse des anticorps (en liaison avec le module 5) Voir la Section 3			
Les mutations : – les différents types – les causes moléculaires  La mutagenèse provoquée	Mutagenèse aléatoire « naturelle » Classement fonctionnel des mutations géniques ponctuelles (incidence sur le génotype et le phénotype) Mutations génomiques et chromosomiques  Aléatoire, dirigée et aléatoire ciblée : définitions Mutagenèse dirigée : un exemple de procédé sera donné dans la section 2; son intérêt sera montré dans la section 3	Mutagenèse aléatoire et test (SOS-chromotest ou Ames) sont mis en œuvre dans le module 4.		
La réparation de l'ADN – les principaux systèmes – leur activation	Correction des mésappariements, correction par recombinaison, système SOS <i>Présenter la logique en excluant les mécanismes complexes</i>			
<b>1.5 – Biosynthèse et maturation des ARN</b>				
La transcription chez les procaryotes				
La transcription chez les eucaryotes	Les différents ARN polymérase ; les différents ARN Polyadénylation, coiffage et épissage Epissage différentiel (alternatif)			

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>1.6 – Contrôle transcriptionnel de l’expression des gènes</b>				
Chez les procaryotes : – l’opéron lactose d’ <i>E.coli</i> et la répression catabolique – généralisation et autres exemples d’opérons	L’utilisation de l’opéron lactose dans les vecteurs de clonage et d’expression sera vue en sections 2 et 3 Un opéron d’une voie de biosynthèse en liaison avec le module 4	Une cinétique d’induction sera réalisée en liaison avec le module 4.		
Chez les eucaryotes : – les différents types de séquences régulatrices – les facteurs de transcription	On se limitera à des notions simples sur les acteurs et les événements intervenant dans l’initiation Transrégulateurs			
<b>1.7 – Biosynthèse des protéines</b>				
Machinerie et mécanisme de la traduction	Traiter également la compartimentation chez les eucaryotes			
Événements post-traductionnels	Repliement ( <i>foldng</i> ) Maturations post-traductionnelles Adressage et exportation <i>Ces événements seront vus en liaison avec les modules 3 et 5</i>			

## Section 2 : Outils, techniques et méthodes du génie génétique

Compte tenu de la vitesse et de l’importance d’évolution des techniques, il convient de bien distinguer les « fondamentaux », dont la connaissance doit être bien assise, et les connaissances « culturelles », pour lesquelles il convient de dégager les idées « force » sans rechercher l’exhaustivité.

En cas d’utilisation de kits en travaux pratiques, on s’attachera à bien en dégager les principes.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>2.1 – Extraction, purification et quantification des acides nucléiques</b>				
Extraction et purification d’ADN génomique et d’ADN plasmidique	Les méthodes classiques et un exemple de kit chromatographique commercial seront traités	Extraction d’un ADN chromosomique procaryote ou eucaryote Extraction d’un ADN plasmidique par exemple par lyse alcaline		
Extraction d’ARN totaux et purification d’ARN messagers		Extraction d’ARN totaux eucaryotes		
Quantifications des acides nucléiques	Par absorptiométrie UV, fluorimétrie et en gel d’agarose	Analyse spectrophotométrique UV des acides nucléiques (ADN, ARN) Quantification d’ADN plasmidique en gel d’agarose		

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>2.2 – Electrophorèses des acides nucléiques</b> <i>En liaison avec le module 2</i>				
Électrophorèse d'ADN et d'ARN en gel d'agarose	Principe, mise en œuvre, exemples d'application Aspects analytique et préparatif	Réalisation et utilisation d'un marqueur de taille Electrophorèses analytiques en gel d'agarose Electrophorèse préparative et élution d'un fragment de restriction		
Électrophorèse en gel de polyacrylamide	En liaison avec le séquençage, analyse de courts amplicons...			
Autres techniques d'électrophorèse	Notions sur des techniques d'électrophorèse particulières ou émergentes : champs pulsé, capillaire, microfluidique...			
<b>2.3 – Les outils du clonage moléculaire chez <i>E.coli</i></b>				
Les vecteurs : – vecteurs plasmidiques de clonage – autres vecteurs : phagiques (dérivés des phages lambda et filamenteux), cosmides et phagemides, BACs	Notions simples sur les vecteurs non plasmidiques, incluant cependant les procédés de transfection associés (encapsulation <i>in vitro</i> ...) Les vecteurs d'expression seront développés en section 3	Vérification d'une carte de restriction Restrictions intégrées à d'autres manipulations telles que clonage		
Les endonucléases de restriction	Principalement celles de type II			
Les autres enzymes usuelles	ADN ligase Principaux outils de coupure, de polymérisation, de ligature, de modifications...			
<b>2.4 – Les méthodes du clonage moléculaire</b>				
L'insertion d'une séquence d'ADN dans un vecteur	Logique des principaux procédés de ligature d'un insert et d'un vecteur			
La transformation d' <i>E.coli</i>	Principe et mise en œuvre des méthodes chimique et électrique	Transformation bactérienne par méthode chimique		
Sélection des transformés, repérage des recombinés, criblage éventuel du clone d'intérêt	Le système de l'alpha-complémentation sera détaillé.	Réalisation d'un clonage ou d'un sous-clonage avec mise en jeu d'un ensemble d'étapes : extraction, restriction, (purification), ligature, transformation, sélection et/ou identification des recombinés		

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>2.5 – Les technologies d’amplification d’ADN in vitro (PCR)</b>				
La PCR classique (en point final) – principe – mise en œuvre	On insistera sur l’optimisation de la mise en œuvre.	Réalisation d’une PCR Optimisation d’un paramètre de PCR		
La PCR en temps réel (en cinétique)	Notions simples sur les matériels et les chimies de détection			
La PCR quantitative	Notions simples sur les quantifications relative et absolue Notion de cycle-seuil			
Exemples d’applications analytiques et préparatives de la PCR	<i>Il est inutile de dresser un catalogue exhaustif des applications de la PCR. Il convient au contraire, à partir de quelques exemples, de montrer les apports et le caractère irremplaçable de cette technologie</i> Exemples possibles : – clonage direct d’un gène – mutagenèse dirigée ou aléatoire ciblée – diagnostic : typage ou autre	Mise en œuvre de PCR intégrées à d’autres manipulations : un exemple analytique et/ou un exemple préparatif		
Synthèse d’ADN complémentaire par transcription inverse et PCR (RT-PCR) : – principe – mise en œuvre	On distinguera la RT-PCR spécifique (clonage direct d’un ADN complémentaire) et la RT-PCR universelle mise en œuvre pour constituer des banques d’ADNc.	Réalisation éventuellement d’une RT-PCR		
<b>2.6 – Les banques d’ADN</b>				
Banques d’ADN génomique et d’ADN complémentaire : obtention, intérêts	On insistera sur la différence entre ces deux types de banques et sur leurs utilisations respectives en donnant un exemple pour chacune.			

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>2.7 – Les sondes nucléiques et les techniques d’hybridation</b>				
Les différents types de sondes	Sondes radioactives et « froides » ; ribosondes On insistera sur le principe, la nature et la révélation des sondes non radioactives Pour les techniques de marquage des sondes clonées par incorporation (par exemple par multiamorçage aléatoire), on privilégiera la compréhension de la logique à la mémorisation de détails techniques	Marquage « froid », si possible, par exemple par PCR		
Les techniques de transfert et de révélation spécifique par hybridation : – principe – mise en œuvre – exemples d’applications	<i>On tiendra compte des connaissances acquises en module 2</i> <i>Southern blot, northern blot</i> <i>Dot et slot blots</i> , hybridation sur colonie ou plage de lyse Un exemple d’application sera donné pour chaque type de blot	Hybridation sur support sans transfert Transfert puis hybridation sur support		
<b>2.8 – Le séquençage de l’ADN</b>				
La méthode de Sanger				
Le séquençage automatisé	Séquençage cyclique fluorescent			
Les stratégies du séquençage	Notions sur les stratégies de séquençage des génomes			
<b>2.9 – Le transfert de gènes dans les cellules eucaryotes et la transgénèse</b> <i>Des exemples d’applications de végétaux et d’animaux transgéniques seront donnés, en liaison avec la section 3 et le module 5. Les aspects bioéthiques et législatifs seront abordés</i>				
Les vecteurs et les procédés de transfection des cellules animales	Les principales techniques (chimiques, électrique, micro-injection, utilisation de virus et rétrovirus) seront décrites succinctement.	Transfection si possible de cellules animales en culture par un plasmide navette, par une méthode chimique, en liaison avec le module 5		
L’obtention d’animaux transgéniques	Vecteurs et procédés Exemple de transgénèse (en liaison avec le module 5)			
Les vecteurs et procédés de transfection des cellules végétales	On décrira simplement les procédés les plus utilisés : biolistique, utilisation du plasmide Ti			
L’obtention de végétaux transgéniques	Vecteurs et procédés Exemple de transgénèse (en liaison avec le module 5)			

### Section 3 : Exemples d'applications du génie génétique

On s'efforcera, à travers des exemples significatifs, de montrer l'apport du génie génétique dans différents domaines.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>3.1 – Production de protéines hétérologues et recombinées</b>				
Caractéristiques des vecteurs d'expression				
Expression et production de protéines hétérologues chez <i>E.coli</i> : – stratégies d'expression et de purification – constructions génétiques permettant l'étiquetage	Stratégies : – productions cytoplasmique ou périplasmique – expression de la protéine seule ou d'une protéine de fusion Étiquetage : – présenter le principe général – comparer deux systèmes (par exemple l'un de pseudo-affinité et l'autre d'affinité biospécifique)	Expression induite d'une protéine et quantification de l'expression (en relation avec le module 3)		
Autres stratégies de production de protéines hétérologues	Quelques exemples, de la levure aux animaux et végétaux transgéniques, en montrant leurs intérêts respectifs			
Exemples de protéines thérapeutiques ou d'intérêt industriel	Choisir un exemple de chaque catégorie : hormone, enzyme, vaccin sous-unitaire...			
Mutagenèse <i>in vitro</i>	Principe et intérêt de la mutagenèse dirigée Possible évocation succincte d'autres méthodes (mutagenèse aléatoire ciblée, criblage de banques de variants...)	Illustration possible d'une technique de mutagenèse par PCR		

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<p><b>3.2 – Analyses du transcriptome et du protéome et génomique fonctionnelle : notions de base</b>  <i>On privilégiera pour ces connaissances « culturelles » la logique de la méthode aux détails techniques.</i>            Les parties pouvant faire l'objet de questions à l'examen sont <u>soulignées</u>.</p>				
	<i>L'étude de l'expression individuelle d'un gène au niveau transcription et au niveau traduction, par des techniques vues dans les chapitres antérieurs, sera rappelée</i>	On pourra mettre en œuvre l'une des techniques, en fonction des possibilités matérielles, par exemple : – RT-PCR, matrice d'ADN – <i>western blot</i> , IEF et électrophorèse 2D (en relation avec le module 3)		
L'analyse globale du transcriptome à l'aide de matrices d'ADN	<u>Le principe et la mise en œuvre des puces à ADN doivent être connus</u> Des exemples d'utilisation seront donnés pour l'analyse du transcriptome et dans le domaine du diagnostic			
La démarche protéomique	<u>Le principe résumé doit être connu</u> La nécessité en sera montrée			
Les recherches d'interactions	La recherche de partenaires d'interaction par exemple par double-hybride sera exposée succinctement.			
L'inactivation ciblée des gènes	Présentation simple des principales stratégies			
<p><b>3.3 – Applications diagnostiques et médicales du génie génétique : exemples</b>  <i>Les exemples seront choisis en fonction de l'état des avancées technologiques, parmi les thèmes incontournables du moment (ou du moins jugés comme tels).</i></p>				
Détection de microorganismes	Par exemple : recherche et caractérisation de bactéries pathogènes par PCR	Un exemple d'application de la PCR pourra être mis en œuvre		
Typage génique et détection de mutations	Par exemple : analyse du polymorphisme de marqueurs microsatellites			
Thérapie génique	En fonction des avancées scientifiques et de la législation en cours			

## Module 2 : Biochimie analytique

La biochimie analytique est un outil transversal très riche en savoirs et savoir-faire fondamentaux. La biochimie analytique se révèle être un outil de travail, complément indispensable constamment au service des disciplines des autres modules.

Ce module s'appuie constamment sur les connaissances acquises dans le module 7 « Bio-informatique et informatique de laboratoire ».

### Section 1 : Mise en œuvre de réactifs chimiques et organisation générale d'un laboratoire

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Le risque chimique et l'élimination des déchets	Cette partie de programme figure dans le chapitre transversal : « sécurité »			
L'enregistrement de données techniques		Cahier de laboratoire : Il s'agit de définir ce que représente un cahier de laboratoire dans le cadre de son intégration dans l'assurance qualité		
		Fiches d'utilisation et de gestion des matériels : Il s'agit simplement de définir et d'expliquer l'utilisation des fiches signalétiques, de vie, de maintenance, d'intervention et des notices d'utilisation		
Préparation, conditionnement et conservation des réactifs, des produits et des milieux Étiquetage et identification	Insister sur les problèmes de conservation (atmosphère inerte, lyophilisation, congélation...)	Par exemple, préparer quelques-uns des réactifs ou produits mis en œuvre ou obtenus lors des séances de travaux pratiques		
Solutions tampons de pH	Définition. Calculs théoriques de réalisation. Pouvoir tampon. Zones de pH et molécules utilisées. Solutions stocks concentrées. Effet de la température. Volatilité	Par exemple, préparer quelques-unes des solutions tampons qui seront mises en œuvre lors des séances de TP		

## Section 2 : Métrologie

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Étalons, matériaux de référence certifiés, matériaux de référence	Définitions	Il s'agit de les mettre en œuvre pour la vérification d'appareils de mesures et lors de dosages		
Techniques d'étalonnage des méthodes d'analyse biochimique	Étalonnages linéaires et non linéaires Étalonnage par méthode des ajouts dosés Utilisation d'étalons internes	La méthode des ajouts dosés sera mise en œuvre lors d'un dosage où il y a un effet matrice important Les analyses chromatographiques seront l'occasion d'utiliser des étalons internes		
Incertitude des mesures : justesse et fidélité des résultats et des méthodes de mesure	Définitions	Cette partie du programme sera appliquée lors de la mise en œuvre des techniques des sections 3 et 4 de ce module. Les étudiants devront savoir utiliser de façon simple les paramètres de justesse et de fidélité		

## Section 3 : Techniques physicochimiques d'analyse et de caractérisation

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Gravimétrie Utilisation des balances analytiques de laboratoire Mesure de substance par pesée après extraction ou dessiccation		La vérification fait partie intégrante de l'utilisation Mesurer, par exemple, une biomasse sèche, des lipides après extraction...		
Volumétrie et analyses volumétriques Utilisation de la verrerie et des pipettes mécaniques. Mise en œuvre de méthodes d'analyse volumétrique. Détermination des points d'équivalence par une méthode chimique ou physique		La vérification fait partie intégrante de l'utilisation. Réaliser, par exemple, un dosage d'éthanol par chromimétrie et/ou un dosage d'azote total par méthode de Kjeldahl et/ou un dosage potentiométrique de fer ferreux et/ou une détermination de l'indice d'iode d'un lipide...		
pH-métrie Définition du pH Utilisation d'un pH-mètre à électrode de verre Dosages pH-métriques acide/base Exemples pratiques d'applications	Utilisation d'un pH-mètre à électrode de verre : description de la chaîne de mesure ; réponse de la chaîne de mesure au pH ; étalonnage ; mesures à température constante ; mesures à des températures différentes de la température d'étalonnage ; entretien	Insister sur le paramètre température : effet sur le pH des solutions (y compris des étalons) ; effet sur la fonction d'étalonnage Réaliser, par exemple, le dosage pH-métrique d'un aminoacide en solution ou d'une solution d'acide phosphorique...		

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>Conductimétrie</b> Définition de la conductance et de la conductivité. Notion de mobilité limite et de conductivité molaire limite Utilisation d'un conductimètre. Étalonnage Exemples pratiques d'applications	La technologie des appareils est hors programme	Réaliser, par exemple, le contrôle de qualité de l'eau de laboratoire et/ou un suivi d'éluion chromatographique et/ou la détermination d'un volume équivalent lors d'un dosage volumétrique de substance...		
<b>Spectroscopie d'absorption moléculaire dans l'ultraviolet et le visible</b> Exemples pratiques d'applications	Principes et schémas de principe des équipements Vérification des équipements	La vérification fait partie intégrante de l'utilisation		
<b>Fluorimétrie moléculaire</b> Principes et schémas de principe des équipements Notions de d'atténuation et d'exaltation de fluorescence Exemples pratiques d'applications	L'étude d'interactions moléculaires par transfert d'énergie de fluorescence (FRET) pourra n'être traitée que sous forme d'exercices L'anisotropie de fluorescence est hors programme	Réaliser, par exemple, une étude d'atténuation de fluorescence par modification de la composition du solvant et/ou une détermination de la constante de dissociation d'une interaction protéine-ligand (Scatchard) et/ou une étude de dénaturation d'une protéine et/ou une étude d'interactions moléculaires par transfert d'énergie de fluorescence		
<b>Bioluminescence et chimiluminescence</b> Définitions Exemples d'applications				
<b>Spectrométrie de masse</b> Principe Schéma de principe d'un équipement simple Exemples d'applications	Traiter les applications sous forme d'exercices Par exemple : présentation de spectres caractérisant des molécules simples en détection chromatographique et/ou des applications à l'étude des protéines			
<b>Méthodes avec radionucléides</b> Nature des particules et rayonnements émis par les atomes radioactifs Exemples d'isotopes radioactifs utilisés en biochimie et biologie moléculaire. Applications				

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Chromatographie analytique Principes généraux des séparations	Adsorption (au sens large du terme) Partage Exclusion-diffusion (gel-filtration)	Les techniques mises en œuvre permettront l'illustration des principes généraux.		
Techniques chromatographiques	Chromatographie liquide Chromatographie gazeuse	Il n'est pas question de mettre en œuvre toutes les applications des chromatographies liquides et gazeuses en colonne.		
Chromatographie gazeuse	Présentation des constituants d'une chaîne de chromatographie gazeuse (fours et rampes de température, injecteurs, colonnes remplies et colonnes « vides » greffées, détecteurs...)	Les exemples seront judicieusement choisis en relation avec les autres modules (1, 3 et 4 principalement).		
Chromatographie liquide	Chromatographie en colonne et sur couche mince Présentation des constituants d'une chaîne de chromatographie liquide (pompes, injecteurs, colonnes, détecteurs, intégrateurs...)			
Applications	Développement des principes généraux en fonction des techniques envisageables : – chromatographie d'échange d'ions – chromatographie en phase normale, phase inverse et chromatographie d'interaction hydrophobe – chromatographie de pseudo-affinité et affinité biospécifique...	Par exemple : – doser l'éthanol produit lors d'une fermentation – séparer des protéines – évaluer le volume de Stokes d'une protéine...		
Paramètres chromatographiques	Définitions et intérêt	Se limiter au calcul de l'efficacité, de la sélectivité et du facteur d'asymétrie.		
Chromatographie et analyses quantitatives	Techniques d'intégration et d'étalonnage À traiter en liaison avec la section 2 du présent module	Les applications précédentes serviront, par exemple, de support d'illustration. La mise en œuvre de CPG et/ou CLHP et/ou FPLC simplifiera considérablement la tâche.		

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Électrophorèse analytique	L'ensemble de ce chapitre sera traité en étroite liaison avec le module 1 « biologie moléculaire et génie génétique » et le module 3 « biochimie structurale et fonctionnelle des protéines »			
Notion de mobilité électrophorétique	Notion de mobilité électrophorétique : facteurs d'influence			
Électrophorèse des protéines en gel d'agarose et en gel de polyacrylamide	Électrophorèses de zone en conditions natives et en conditions dénaturantes Isoélectrofocalisation Révélation des protéines : colorations non spécifiques, zymogrammes, utilisation d'anticorps marqués ( <i>western blot</i> ) Densitométrie	Toutes les techniques devront normalement donner lieu à des manipulations ; toutefois l'électrophorèse en champs pulsés et l'isoélectrofocalisation pourront n'être traitées qu'en cours		
Électrophorèse des acides nucléiques en gel d'agarose et en gel de polyacrylamide	Utilisation de champs uniformes et de champs pulsés Révélation des acides nucléiques : colorations non spécifiques, utilisation de sondes marquées (techniques dites du <i>southern</i> et du <i>northern blot</i> )	Il en est de même pour l'électrophorèse microfluidique		
Électrophorèse capillaire	Électrophorèse capillaire : définition et schémas de principe des équipements			
Électrophorèse microfluidique et méthodes dérivées	Traiter alors les systèmes de détection associés <i>Toutefois cet item ne pourra pas donner matière à une question de cours lors de l'examen, mais seulement à d'éventuelles exploitations de documents</i>			

#### Section 4 : Techniques enzymatiques d'analyse

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Dosages de substances mettant en œuvre des enzymes : – méthodes en phase homogène au point final de réaction – méthodes en phase homogène en cinétique – méthodes immuno-enzymatiques – biocapteurs	Traiter les méthodes en phase homogène en cinétique, les méthodes immuno-enzymatiques et les biocapteurs dans le module 3 « Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines »			
Mesures d'activités d'enzyme	À traiter dans le module 3 « Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines »			

## Module 3 : Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines

### Section 1 : Structure des protéines

À traiter en liaison avec les modules 2 et 6.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>1.1 – Les acides aminés</b>				
Structure et propriétés physicochimiques	On ne traitera que 20 acides aminés incorporés lors de la traduction. On signalera les modifications post-traductionnelles possibles			
<b>1.2 – Les polypeptides</b>				
La liaison peptidique				
Structure primaire				
Détermination de la composition en acides aminés et de la séquence	Séquençage classique et notions sur le microséquençage par spectrométrie de masse			
Détermination de la masse moléculaire et du pI				
Exemples de peptides d'intérêt biotechnologique				
<b>1.3 – La structure tridimensionnelle des protéines</b>				
Les différents niveaux de structure	On insistera sur les motifs et les domaines			
Les forces et liaisons stabilisatrices				
Détermination de la structure tridimensionnelle	Notions de base sur les : – méthodes : diffraction aux rayons X après cristallisation, RMN (cette partie ne pourra donner lieu à une question de cours à l'examen) – stratégies : modélisation par homologies (en liaison avec le module 6)			
Dénaturation et renaturation		Mise en évidence d'une dénaturation et/ou d'une renaturation		
<b>1.4 – Maturation et adressage des protéines</b>				
Repliement ( <i>fold</i> ing)				
Maturations post-traductionnelles : glycosylation et phosphorylation...	Exemples et fonctions (en liaison avec les modules 1 et 5)			
Adressage et exportation	(En liaison avec les modules 1 et 5)			
<b>1.5 – Édifices supramoléculaires</b>				
Repliement ( <i>fold</i> ing)	Un ou deux exemples (ribosome, flagelle...) pour faire le lien entre macromolécule et organite cellulaire (en liaison avec les modules 4 et 5)			

## Section 2 : Interactions protéine-ligand et relations structure-fonction

L'objectif est ici de définir des caractéristiques et des méthodes générales. La place de l'introduction des contenus de cette section sera fonction de la démarche pédagogique adoptée.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Stéréospécificité et affinité				
Flexibilité, changements de conformation et allostérie				
Mise en évidence et caractérisation d'une interaction protéine-ligand	Courbes de saturation et de compétition Dialyse à l'équilibre Techniques radiométriques et immunoenzymatiques Formalisation de Scatchard	Caractérisation d'une interaction protéine-ligand par une méthode absorptiométrique, fluorimétrique ou immunoenzymatique compétitive		

## Section 3 : Exemples de protéines

L'objectif est de présenter la structure des principales catégories de protéines, en insistant sur les relations structure-fonction ; les fonctions ne sont pas à traiter ici de manière exhaustive. Cette première approche doit être claire et synthétique. La section 3-6 nécessite cependant un développement.

Pour traiter cette section, on pourra faire appel, en complément de documents bibliographiques, à l'usage d'un logiciel de visualisation tridimensionnelle de biomolécules.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>3.1 – Exemples de protéines fibreuses</b>				
	Collagène, actine et myosine			
<b>3.2 – Exemples de protéines globulaires solubles</b>				
	Myoglobine et hémoglobines			
<b>3.3 – Les enzymes (ils seront vus en section 5)</b>				
<b>3.4 – Exemples de protéines membranaires</b>				
Une protéine de transport membranaire, un récepteur hormonal, l'ATP synthase mitochondriale, exemple de moteur moléculaire	Illustration de la relation structure-fonction et introduction à la fonction (qui sera développée dans le module 5)			
<b>3.5 – Exemples de protéines affines de l'ADN (en liaison avec le module 1)</b>				
Les deux niveaux d'affinité	Haute et basse affinités pour l'ADN			
Les histones				
Les endonucléases de restriction	Symétrie de reconnaissance et stéréospécificité			
Les facteurs de transcription	Exemples de motifs d'interaction <i>On illustre ici la reconnaissance d'une séquence nucléique par une protéine ; la régulation de la transcription est détaillée dans le module 1</i>			

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>3.6 – Les immunoglobulines</b>				
La structure des IgG et des immuno-dérivés	Domaines, classes, fragments Les immuno-conjugués, classiques et recombinants	Analyse par SDS-PAGE d'une IgG		
L'interaction antigène-anticorps	Antigénicité ; haptènes et immunogènes Epitopes, les familles de paratopes Spécificité, affinité et avidité Conséquences de la complexation: neutralisation, précipitation, agglutination...	Mise en œuvre d'une technique mettant en jeu le caractère neutralisant ou précipitant ou agglutinant ou lytique des anticorps (technique au choix, par exemple une technique de précipitation en milieu gélifié)		

#### Section 4 : La purification des protéines

Cette section fait appel aux connaissances théoriques et pratiques acquises dans le module 2 et les utilise dans un cadre préparatif.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>4.1 – Méthodes et techniques de la purification</b>				
Techniques de lyse et de fractionnement subcellulaire		Exemple de lyse par un procédé physique (par exemple sonication ou cycles de congélations-décongélations) ou/et par un détergent Obtention par centrifugation d'une fraction sub-cellulaire (en liaison avec le module 5)		
Précipitations sélectives		Choisir par exemple le sulfate d'ammonium		
Méthodes chromatographiques	On insistera – sur l'aspect préparatif, sur colonne et en batch – sur les chromatographies d'affinité.	Mises en œuvre de chromatographies (exclusion, échange d'ions, affinité) (en relation avec le module 2 et la partie 4-2)		
<b>4.2 – Étapes et suivi de la purification</b>				
Schéma général et stratégies	À illustrer par des exemples de purification d'enzymes	Réalisation de deux séquences d'extraction-purification d'enzymes employant des procédés différents		
Activité spécifique et enrichissement				
Electrophorèses de contrôle	SDS-PAGE, 2D, <i>western blot</i> , immuno-précipitation	Suivi de purification par mesure de l'activité spécifique et par électrophorèse SDS-PAGE Purification simulée sur ordinateur (en utilisant par exemple le logiciel Protein purifier)		

## Section 5 : Les enzymes, biomolécules catalytiques

Cette section fait appel aux connaissances théoriques et pratiques acquises dans le module 2.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>5.1 – Structure et classification des enzymes</b>				
Spécificité de la catalyse enzymatique				
Classification internationale des enzymes	Principe Choix de quelques exemples (kinases, deshydrogénases...) dans des classes et des métabolismes différents pour illustrer les rôles <i>in vivo</i> des enzymes			
Isoenzymes				
Complexes multienzymatiques	À l'aide d'un exemple comme le système « pyruvate déshydrogénase »			
<b>5.2 – L'activité enzymatique</b>				
Grandeurs et unités d'enzyme				
Les différentes méthodes et techniques de mesure		Techniques absorptiométriques, (pHmétriques, fluorimétriques...) de détermination Méthodes par prélèvements, en deux points et en cinétiques		
<b>5.3 – Cinétique enzymatique Michaélienne</b>				
		Détermination des constantes cinétiques d'une enzyme		
<b>5.4 – Effecteurs physicochimiques</b>				
Température, pH		Effets de la température et du pH		
Effecteurs michaeliens (inhibiteurs) Composition du milieu réactionnel (force ionique, cations, conservateurs)		Caractérisation d'un inhibiteur compétitif		
<b>5.5 – Exemples de mécanismes d'action des enzymes ; exemples de coenzymes</b>				
	Ribonucléase pancréatique ou alpha chymotrypsine ; aminotrasférases ; lysozyme ; endonucléases de restriction... <i>À partir de l'analyse de documents ; les méthodes d'étude seront évoquées</i> Les deux catégories de coenzymes ; exemples : ATP, NAD, FAD, PLP...			
<b>5.6 – La régulation de l'activité et de la biosynthèse des enzymes (en relation avec les modules 4 et 5)</b>				

Section 6 : Les enzymes, outils d'analyse et de bioconversion

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>6.1 – Dosages enzymatiques d'analytes en phase homogène</b>				
Méthodes au point final de la réaction Méthodes en cinétique	Cette partie est traitée dans le module 2 pour les méthodes au point final de la réaction et dans ce module pour les méthodes en cinétique			
<b>6.2 – Méthodes immunoenzymatiques</b>				
Dosages en phase hétérogène		ELISA qualitative Exemples de dosages par ELISA : – par méthode indirecte – par compétition – par méthode « sandwich »		
Caractérisation d'une interaction protéine-ligand		Caractérisation par ELISA compétitive		
<b>6.3 – L'immobilisation des enzymes</b>				
Méthodes d'immobilisation		Immobilisations d'enzymes par méthodes physiques et chimiques Caractérisation et étude d'une enzyme immobilisée		
Propriétés des enzymes immobilisées		Détermination d'un rendement d'immobilisation Mise en évidence de limitations diffusionnelles, de thermostabilisation		
<b>6.4 – Les biocapteurs</b>				
Principe et technologies	Exemple d'un biocapteur enzymatique Généralisation	Illustration d'un biocapteur enzymatique (à glucose par exemple)		
Exemples d'applications				
<b>6.5 – Les bioréacteurs enzymatiques</b>				
Différents types, mise en œuvre et modélisation		Réalisation et mise en œuvre d'un bioréacteur simple		
Exemples d'applications				
Le recyclage des cofacteurs				

## Module 4 : Microbiologie et génie fermentaire

L'histoire de la microbiologie, lorsqu'elle apporte une contribution importante à la compréhension d'une notion, ou lorsqu'elle éclaire des questions épistémologiques ou éthiques importantes, sera intégrée tout au long du cours. Par exemple des termes comme respiration, fermentation et gène sont mieux compris lorsqu'ils sont resitués dans leur contexte historique.

Les techniques d'études, qui ne sont pas séparables en sciences expérimentales des objets d'études et des concepts formés, seront étudiées au fur à mesure des besoins.

Les tâches professionnelles du technicien supérieur en biotechnologies se déroulent dans le cadre de sa participation au système d'assurance qualité du laboratoire. Cette participation est un des thèmes fondamentaux du référentiel des activités et est clairement traduite dans le référentiel des compétences. En conséquence, toutes les séances de travaux pratiques doivent intégrer la formation des étudiants à la participation à un système qualité.

La formation sera focalisée sur les cinq thèmes suivants :

- accomplir le travail dans le cadre des procédures et des instructions d'un système qualité ;
- maîtriser les travaux pour lesquels des problèmes ont été identifiés grâce au cadre des procédures dites de gestion des non-conformités ;
- maîtriser la qualité des réactifs et des échantillons : apprentissage d'un système de gestion garantissant l'état du stock, la conservation, la traçabilité ;
- assurer la qualité des équipements : utilisation de fiches de vie des appareils lors des opérations de vérification, étalonnage, réglage ;
- garantir l'enregistrement et le compte rendu de l'ensemble des observations, données et calculs liés à une opération particulière au moment de sa réalisation : tenue conforme d'un cahier de laboratoire sans effacement et mesures équivalentes pour éviter la perte ou la modification des enregistrements informatiques.

### Section 1 : Organisations structurales et fonctionnelles des microorganismes eucaryotes et procaryotes

Il s'agit de décrire les organisations fonctionnelles dynamiques en mettant en parallèle les microorganismes eucaryotes et procaryotes au cours de leur étude pratique.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Les parois, les membranes cellulaires et les relations avec l'extérieur. La fonction de nutrition et les transports actifs. Motilité, tactismes et recherche de nourriture	Ce chapitre sera l'occasion de revoir les éléments de biochimie structurale des glucides et des lipides appelés par ces items.			
Organisation structurale et fonctionnelle des génomes. Expression des gènes et mécanismes de régulation. Mutations, réparations de l'ADN. Échanges d'ADN	Cette partie du programme sera essentiellement traitée dans le module « biologie moléculaire et génie génétique »			
ARN, ribosomes et biosynthèse des protéines				
Division des bactéries				
Analyses de cycles de levures, champignons et microalgues (phase haploïde, phase diploïde)	Les étudiants doivent simplement pouvoir analyser un document présentant l'un de ces organismes.	On étudiera par exemple le cycle de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> lors d'une fermentation ou à l'occasion d'une illustration de la notion de complémentarité fonctionnelle.		
Formes de dissémination et de résistance.	Endospores des <i>Bacillus</i> , exospores des streptomycètes.	On étudiera la morphologie et la culture des différents groupes concernés.		

## Section 2 : Systématique

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Le partage phylogénétique entre <i>Archaea</i> (Archaeobacteries), <i>Bacteria</i> (Eubacteries) et <i>Eucarya</i> (Eucaryotes). Les positions des microorganismes eucaryotes dans l'arbre phylogénétique eucaryote	On donnera les différences fondamentales entre eucaryotes et procaryotes et les hypothèses d'évolutions On évoquera la place des virus et les agents non conventionnels, les prions			
Notion d'espèce chez les eucaryotes à reproduction sexuée. Notion de souche microbienne. Notion d'espèce chez les bactéries				
Taxonomie Nomenclature	Notions de taxonomie phénétique, phylogénétique et mixte consensuelle (taxonomie polyphasique)			
Principes des techniques d'identification et de typages. Intérêt des typages	On insistera sur la différence de principe entre les clés de l'identification qui utilise un système dichotomique et les identifications par calculs statistiques après réponse à une série de tests (identification numérique statistique)	À partir de l'étude d'une documentation, tous les étudiants devront pouvoir mettre en œuvre une démarche d'identification de souche pure avec un système de type « galerie d'identification » : détermination de la famille, du genre, de l'espèce. Les principes de lectures des tests devront pouvoir être alors justifiés À réaliser en formation initiale dans le module de soutien réservé aux élèves issus des séries scientifiques. À pratiquer ensuite pour des révisions et contrôles		

## Section 3 : Diversité des métabolismes et des conditions environnementales

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Sources de carbone, d'azote, de phosphore et de soufre Macro et micronutriments minéraux Autotrophie et hétérotrophie Notion de métabolite essentiel Exemples de voies de biosynthèse des métabolites essentiels	Aucune voie particulière de biosynthèse n'est à connaître mais il s'agit pour l'étudiant de pouvoir analyser et comprendre un document qui présente l'une de ces voies (aspects à analyser : coût énergétique, régulation, métabolite intermédiaire précurseur...)	Exemples d'applications : la fabrication des milieux de culture, l'utilisation de marqueurs d'auxotrophie, réalisation des milieux d'auxanogrammes...		
Besoins en facteurs de croissance				

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Définition des coenzymes				
Rétroinhibitions sur les enzymes des voies de biosynthèse. Répressions anaboliques. Inductions et répressions cataboliques Diauxie	En liaison avec les modules 1 et 3.			
Fonction de nutrition et transports transmembranaires	Limité aux bactéries			
Monnaies énergétiques cellulaires : ATP, force protonmotrice, pouvoir réducteur. Métabolisme énergétique	Obtention de composés phosphorylés à haut potentiel d'hydrolyse et la phosphorylation au niveau du substrat. Obtention d'un gradient protonmoteur par les chaînes respiratoires et les ATP synthases Les donneurs d'électrons à l'origine du pouvoir réducteur pour les biosynthèses. Conversions énergétiques Couplages énergétiques			
Besoins énergétiques liés aux biosynthèses et aux transports actifs	Le coût en ATP et pouvoir réducteur des biosynthèses sera présenté à l'aide de la discussion de quelques exemples. Aucune voie de biosynthèse ne sera exigible ; en revanche, les étudiants devront pouvoir travailler sur une documentation présentant n'importe quelle biosynthèse			
Chimioorganotrophie, chimiolithotrophie, photoorganotrophie, photolithotrophie	Les objectifs sont la reconnaissance à partir de documents des critères décrivant le métabolisme énergétique	Au moins une séance de TP pourra porter sur les métabolismes énergétiques. À pratiquer ensuite à l'occasion des autres séances de travaux pratiques qui font appel à ces notions		
Les métabolismes énergétiques fermentaires des chimioorganotrophes.	Les étudiants doivent pouvoir analyser un document présentant une voie fermentative quelconque. Les séquences moléculaires de la voie d'Embden-Meyerhof, de la fermentation homolactique et alcoolique sont à connaître. Ce chapitre sera l'occasion de revoir les éléments de biochimie structurale des glucides	Une séance de TP pourra détailler des voies fermentaires des chimio-organotrophes		
Les métabolismes énergétiques respiratoires avec accepteurs dioxygène et nitrate des chimioorganotrophes				
Les métabolismes énergétiques avec accepteur dioxygène des chimiolithotrophes.	Les étudiants devront simplement pouvoir analyser un document présentant de tels métabolismes.			

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Bactéries à respiration sulfate anaérobie. Bactéries acétogènes. Bactéries méthylophes. Bactéries méthanogènes	Les étudiants devront simplement pouvoir analyser un document présentant de tels métabolismes			
Bactéries phototrophes	Les étudiants devront simplement pouvoir analyser un document présentant de tels métabolismes			
Conditions environnementales : température, pression hydrostatique, pression osmotique, activité de l'eau, atmosphère (O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ...)				
Microorganismes et dioxygène : les effets toxiques du dioxygène, les enzymes superoxyde dismutase et catalase, le classement dit des « types respiratoires »				
Cycles du carbone, de l'azote et du soufre Notions d'équilibre dans les écosystèmes de la biosphère	On insistera sur la place du méthane dans le cycle du carbone Le cycle de l'azote sera l'occasion de présenter la fixation symbiotique de l'azote			
Relations hôte-microorganisme Toxines	Notions de mutualisme et de symbiose, de commensalisme, de saprophytisme, de parasitisme, flore protectrice Les étudiants devront pouvoir analyser et comprendre un document mettant en œuvre ces notions On profitera de ce chapitre pour présenter <i>Agrobacterium tumefaciens</i>			

#### Section 4 : Génétique microbienne

En relation avec le module de « Biologie moléculaire et génie génétique ».

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Mutations		Mise en évidence du caractère mutagène d'une substance à l'aide d'une souche microbienne (par exemple test d'Ames, SOS chromotest...)		
Génétique des levures		On réalisera une manipulation de mutagenèse aléatoire, par exemple la sélection de mutants auxotrophes chez <i>Saccharomyces cerevisiae</i> suivie d'une complémentation fonctionnelle L'étude de la génétique des levures pourra faire l'objet de 2 séances au moins		
Génétique des bactéries. Transferts génétiques	Transformation, conjugaison, transduction	On réalisera une manipulation de conjugaison		

## Section 5 : Virologie

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Structures des virus Classification				
Exemples de cycles de virus de cellules eucaryotes : virus à ADN, un virus à ARN+ non rétrovirus, un virus à ARN -, un rétrovirus	Il s'agit pour l'étudiant de pouvoir analyser et comprendre un document présentant la structure et le cycle de n'importe quel virus de cellule eucaryote			
Les bactériophages	Cycles productifs des phages virulents et lysogénie des phages tempérés. La transduction	Deux séances au moins seront consacrées aux bactériophages : production d'un phage, numération, mise en évidence de la lysogénie		

## Section 6 : Organisation du laboratoire

Cette partie du programme, y compris dans ces aspects théoriques, sera essentiellement traitée lors des séances de travaux pratiques.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Les risques biologiques	Définition des agents biologiques et objectifs de la prévention. Les quatre ordres de risques (infectieux, immunoallergique, toxinique, cancérigène)	À réaliser en formation initiale dans le module de soutien réservé aux élèves issus des séries scientifiques		
Les différentes classes de micro-organismes et de cellules, les niveaux de sécurité et les conséquences d'organisation pratique	Définitions et exemples des micro-organismes de classes 1, 2, 3, 4, groupe E			
Conception et équipement des laboratoires	Définir les niveaux de sécurité biologique			
Les procédés de décontamination				
L'élimination des déchets				

Section 7 : Techniques de base de microbiologie

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Les milieux de culture. Notions de milieux d'enrichissement, d'isolement, sélectif, différentiel, d'identification		À réaliser en formation initiale dans le module de soutien réservé aux élèves issus des séries scientifiques. À pratiquer ensuite à l'occasion des autres séances de travaux pratiques qui font appel à ces techniques		
Techniques pratiques de travail		Travail classique ou travail sous poste de sécurité microbiologique. À réaliser lors des autres séances de travaux pratiques		
Examens microscopiques de cellules vivantes, de cellules après colorations classiques		À réaliser en formation initiale dans le module de soutien réservé aux élèves issus des séries scientifiques. À pratiquer ensuite à l'occasion des autres séances de travaux pratiques qui font appel à ces techniques		
Observation de cellules après marquages fluorescents		On pourra, par exemple, marquer les cellules avec de l'acridine orange ou du DAPI ou des marqueurs récents d'activité cellulaire comme les substrats d'estérase ou des accepteurs de chaînes respiratoire. Ces marquages sont aisément applicables lors de quantifications de microorganismes		
Quantification des microorganismes : dénombrements directs, dénombrements à la suite d'une culture, mesures de biomasse.		Les techniques élémentaires de dénombrements directs en cellule à numération, de dénombrements suite à une culture et de mesure de biomasse par turbidimétrie seront réalisées, en formation initiale, dans le module de soutien réservé aux élèves issus des séries scientifiques. À pratiquer ensuite à l'occasion des autres séances de travaux pratiques qui font appel à ces techniques		
Cultures des microorganismes : conditions de milieu et d'environnement et paramètres des croissances	Les cinétiques microbiennes de croissance, de consommation de substrats et de production de métabolites seront détaillées dans la section 8 de ce module. Présenter simplement une courbe de croissance microbienne et ses différentes conditions de milieu et d'environnement (température, pH, pression osmotique...)	Une séance sera consacrée à l'étude des facteurs physico-chimiques de la croissance d'une bactérie à croissance rapide Une autre séance pourra être consacrée aux techniques de détermination de la biomasse		

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Les souches de laboratoires et les souches industrielles : obtention, caractérisations, conservation.		Par exemple : souches métabolisant une molécule particulière (hydrocarbure, xénobiotique, cellulose...), souches présentant un métabolisme particulier (fixation aérobie non symbiotique de l'azote, phototrophe...), souches productrices de substances (antibiotique, vitamine, enzyme, acides aminés...)		
Agents antimicrobiens physiques et chimiques	Concernant les mécanismes d'action et les résistances associées, les étudiants devront simplement pouvoir analyser et comprendre un document les présentant	Mesure d'effets bactériostatiques et bactéricides		

### Section 8 : Microbiologie industrielle et génie fermentaire

Cette section, pour sa partie génie fermentaire, fera l'objet d'enseignements de deuxième année.

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Cinétiques microbiennes	Culture en milieu non renouvelé : cinétique de croissance, d'utilisation des substrats, de formation des produits Calculs des rendements, des productivités Énergétique de la croissance Culture en milieu renouvelé : cinétiques, taux de dilution, bilan biomasse, bilan substrat, bilan produit Culture en milieu alimenté : cinétiques Conduite et contrôle d'alimentation	Ce chapitre est traité lors des séances de travaux pratiques de suivi de fermentations		
Transferts de matière	Diffusion, convection, interfaces. On appliquera ces notions à l'étude du transfert de dioxygène dans le milieu de culture en bioréacteur On définira les notions de milieux newtoniens, peu visqueux et de milieux non newtoniens, à forte viscosité	On pourra par exemple déterminer le coefficient de transfert volumique de dioxygène( $K_L a$ )		

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Ingénierie des bioréacteurs de laboratoire	Différents types de bioréacteurs Agitation Aération Stérilisations	Une séance de TP sera consacrée à la découverte et à la mise en œuvre d'une unité de fermentation La découverte d'autres types de bioréacteurs pourra faire l'objet de visites dans des laboratoires de recherche ou des unités de production		
Régulation des paramètres de culture	Les différents paramètres de la culture et leurs capteurs (température, pH, pO <sub>2</sub> , pCO <sub>2</sub> , présence de mousses...)	Il s'agit d'initier les étudiants à la régulation <i>in situ</i> de paramètre, comme le pH et/ou la pO <sub>2</sub>		
Suivi de fermentations	Analyses en ligne et hors ligne	On pourra dans un premier temps détailler la démarche générale de suivi d'une croissance en fioles d'Erlenmeyer d'un micro-organisme simple Puis, <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , par exemple, pourra servir d'outil pour une étude de substrat énergétique (comparaison des métabolismes aérobie et anaérobie) Le suivi d'une fermentation d'un micro-organisme producteur de métabolite primaire ou secondaire – sera également l'occasion de déterminer rendements et productivités		
Traitement des moûts	Récupération des cellules, débris de cellules ou milieu extracellulaire Récupération des produits non sécrétés Séparation et purification des produits Derniers traitement des produits : lyophilisation, pulvérisation – séchage... Traitement des déchets biologiques et chimiques des moûts	Des séances de TP pourront être réalisées en relation avec les acquis du module de biochimie analytique		
Exemple d'utilisation du génie fermentaire		On pourra par exemple mettre en œuvre une fermentation longue, de quelques jours, avec production de métabolites et traitement en aval du moût, on travaillera en milieu non renouvelé, supplémenté, ou renouvelé		

## Module 5 : Biologie et technologies cellulaires

### Section 1 : Méthodes d'étude de la cellule

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Séparation de différents types cellulaires	Traiter l'analyse et le tri de cellules par cytométrie de flux	Par exemple : séparation des lymphocytes spléniques de souris sur gradient de Ficoll		
Fractionnement subcellulaire				
Marquage par anticorps marqués, isotopes radio-actifs		Par exemple : marquage d'antigènes membranaires, du cytosquelette		
Microscopie photonique	Principe de la microscopie à fond clair, à fluorescence, de la microscopie confocale, de la microscopie à contraste de phase et inverse	Les microscopes à fond clair, à fluorescence et inverse sont utilisés à l'occasion de différents TP Il est recommandé de visiter un centre de microscopie confocale		
Microscopie électronique à balayage et à transmission	Principe du fonctionnement des microscopes et préparation des échantillons			

### Section 2 : Organisation structurale et fonctionnelle de la cellule eucaryote

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Comparaison des grands types cellulaires : cellules procaryotes et eucaryotes, cellules animales et végétales				
<b>Compartimentation de la cellule eucaryote</b>				
La membrane plasmique : composition, organisation, transports des substances dissoutes et des macromolécules (endocytose, exocytose)	Revoir à cette occasion la structure des glycérophospholipides et du cholestérol Insister sur la dynamique membranaire	Mouvements d'eau et de substances dissoutes dans les cellules animales et végétales par exemple		
Le noyau : enveloppe nucléaire, compactage de l'ADN, nucléole	Partie à traiter en relation avec le module 1 (section 1)			
Le cytosquelette : constituants, dynamique, principaux rôles	La dynamique et les rôles du cytosquelette peuvent être illustrés à l'occasion d'autres parties du cours (par exemple adhésion, mouvements cellulaires, division cellulaire...)	Marquage du cytosquelette (en relation avec l'utilisation d'anticorps marqués par un fluorochrome par exemple)		
Les organites impliqués dans le métabolisme protéique : réticulum endoplasmique rugueux, appareil de Golgi, lysosomes	Insister sur les notions de trafic et d'adressage protéiques À cette occasion, analyser des expériences de pulse chase Définir le protéasome et son rôle			

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Les organites impliqués dans la synthèse d'ATP : mitochondries et chloroplastes	Thème à traiter en relation avec la section 3 du module 4 Dégager les particularités de la chaîne respiratoire eucaryote (phosphorylation oxydative, ATP synthase) Schéma simple des photophosphorylations			

### Section 3 : Cycle cellulaire

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Les étapes du cycle cellulaire				
La mitose		Observation des phases de la division cellulaire dans les méristèmes végétaux Réalisation de plaques métaphasiques sur des cellules en culture		
Contrôle endogène et exogène du cycle cellulaire	Expliquer de manière simple le rôle des cyclines Insister sur le contrôle du passage G1 S et G2 M Expliquer le rôle des facteurs de croissance			
Dérèglement du cycle cellulaire	Définir protooncogène, oncogène (viral ou cellulaire) et antioncogène Insister sur le phénomène de transformation et sur le phénotype de la cellule cancéreuse	Etude de l'effet d'un agent mitotique ou immortalisant en culture <i>in vitro</i>		
L'apoptose	Décrire les phénomènes moléculaires de la mort cellulaire programmée. Dégager l'importance de l'apoptose dans l'ontogénèse et l'homéostasie en prenant des exemples précis (sélection thymique des lymphocytes T, embryogénèse, morphogénèse...) Dérèglement des mécanismes de l'apoptose et pathologies	Mise en évidence de l'apoptose sur des cellules en culture par marquage de la chromatine cellulaire par un colorant fluorescent, manipulation exigeant le microscope à fluorescence		

#### Section 4 : Génétique

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Génétique formelle	Traiter les notions fondamentales : caractère récessif, caractère dominant, hérédité autosomale ou gonosomale Exercices sous forme de TD	(Voir cours)		
La méiose et les recombinaisons génétiques	Insister sur les liaisons et recombinaisons génétiques, en relation avec la section 4 du module 1 Application à la cartographie génétique			
Cytogénétique moléculaire	Présenter les principes du FISH (hybridation <i>in situ</i> en fluorescence) et du PRINS (synthèse d'ADN marqué par un fluorochrome <i>in situ</i> )			

#### Section 5 : Communications cellulaires

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Communication par contact cellulaire	Notions simples sur les molécules d'adhérence, les jonctions cellulaires et la matrice extracellulaire			
<b>Communication par un médiateur soluble</b>				
Les principaux médiateurs solubles : neurotransmetteurs, hormones, facteurs de croissance, cytokines	Éviter de faire un inventaire et dégager les caractéristiques des différents types de médiateurs			
Les récepteurs membranaires, les voies de transduction et de signalisation intracellulaire	En prenant l'exemple d'un récepteur couplé aux protéines G, développer la notion de second messager et la notion d'amplification du signal par l'activation en cascade de protéines kinases cellulaires spécifiques Décrire sommairement les autres récepteurs et voies de signalisation jusqu'aux facteurs de transcription			
Les récepteurs intracellulaires	Prendre l'exemple d'un récepteur stéroïdien Montrer la régulation de l'expression des gènes par l'activation de facteurs de transcription Notion de séquence ER (élément de réponse) en liaison avec la section 1.6 du module 1			

## Section 6 : Immunologie cellulaire

Cette partie vise à fournir des bases élémentaires sur l'immunité spécifique, bases nécessaires à la compréhension des applications technologiques de l'immunologie (anticorps polyclonaux et monoclonaux, vaccins...).

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Soi et non-soi	Définir antigénicité et immunogénicité, antigènes et superantigènes Le CMH ne sera pas développé mais sera envisagé comme un marqueur du soi indispensable à la présentation de l'antigène			
Répertoire T et B	Présenter brièvement les marqueurs membranaires et les récepteurs de l'antigène (TCR ou BCR) acquis par les lymphocytes T ou B. On expliquera la tolérance au soi et l'immunocompétence			
Sélection clonale, activation, prolifération et différenciation des lymphocytes	Présenter ces mécanismes à l'aide de schémas mettant en évidence la coopération cellulaire et l'intervention de cytokines. On fera apparaître les cellules effectrices de l'immunité humorale et cellulaire			
Cinétique de production des anticorps	Réponses primaire et secondaire Dégager la notion de mémoire immunitaire. Envisager son intérêt pour la vaccination			
Vaccins : principe de la vaccination, vaccins classiques et vaccins émergents	Eviter la catalogue des différents vaccins et traiter les stratégies de mise au point et de production des vaccins			
Anticorps monoclonaux	Se référer à la section 7 ci-dessous			

## Section 7 : Technologies cellulaires

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>Culture de cellules animales</b>				
Équipement spécifique à la culture de cellules animales		Décrire le fonctionnement des hottes à flux laminaire, de l'étuve à dioxyde de carbone, du microscope inversé et des cytotraceurs.		
Milieux et conditions de culture	Justifier le choix des milieux, des supports et des procédés en fonction du type de cellules, de l'échelle et des objectifs de la culture (par exemple cellules adhérentes, culture en masse, production de protéines...)			

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
Principaux types de cultures : cultures primaire, secondaire et continue	Décrire le comportement des cellules de ces différents types de cultures <i>in vitro</i> (inhibition de contact, adhésion, suspension) Obtention de lignées cellulaires par immortalisation Propriétés et utilisation potentielle des cellules souches embryonnaires (clonage thérapeutique, thérapie cellulaire) : <i>ce chapitre tiendra compte des avancées scientifiques et de la législation en vigueur. Il ne fera pas l'objet de question à l'examen</i>	On réalisera une culture primaire de cellules adultes ou embryonnaires		
Entretien de lignées cellulaires : changement de milieu, repiquage et conservation	Insister sur les précautions à prendre à chaque étape, y compris lors de la conservation	Entretien et repiquage de différentes lignées (adhérentes ou cultivant en suspension)		
Quantification de cellules vivantes par des méthodes directes et indirectes		Numérations, tests de viabilité, ajustements de suspensions cellulaires. Quantification par des méthodes de dosage des protéines, de dosage d'une activité enzymatique par exemple...		
Techniques de transfection cellulaire	Les aspects théoriques de ces techniques seront vus dans la section 2-9 du module 1.	Ces manipulations pourront être envisagées dans le cadre de travaux pratiques pluridisciplinaires : transfection transitoire en partenariat avec la section 2-9 du module 1		
Technologie des anticorps monoclonaux	Démarche d'obtention d'anticorps monoclonaux. Utilisations des anticorps monoclonaux en liaison avec le module 3 Les techniques de production d'anticorps coloclonaux, humanisés...seront abordées dans le module 1			
Techniques de clonage et transgénèse	Décrire les techniques de clonage (cellulaire, embryonnaire), leurs objectifs (reproductif, thérapeutique) et leurs applications (en fonction des avancées scientifiques et de la législation en vigueur) <u>Seul le clonage par transfert de noyau pourra être demandé à l'examen</u> L'obtention d'animaux transgéniques est traitée dans le module 1, section 2-9			

Intitulé du programme	Commentaires		Cours	TP
	Cours	Travaux pratiques		
<b>Culture de cellules végétales</b>				
Organisation générale et cycle de vie des Angiospermes : croissance et morphogénèse, reproduction sexuée et asexuée	Rôle des méristèmes Effets des principaux facteurs de croissance (auxines, cytokinines) Décrire brièvement l'appareil reproducteur Insister sur la totipotence et la dédifférenciation des cellules végétales			
Équipement spécifique à la culture végétale.		Fonctionnement d'une armoire pour culture végétale de type phytotron ou autre		
Milieux et conditions de culture	Influence des phytohormones sur l'évolution des cultures			
Culture de cellules et de tissus végétaux : micropropagation, culture de méristèmes et de cals, culture de protoplastes	Semences artificielles Fusion de protoplastes et applications Haplodiploïdisation	Réalisation d'une micropropagation, d'une culture de cals Obtention de protoplastes		
Biotechnologies végétales.	Principe de la création de végétaux transgéniques en liaison avec la section 2-9 du module 1. Applications : production de molécules à usage biopharmaceutique dans les plantes			

## Module 6 : Bioinformatique et informatique de laboratoire

L'omniprésence de l'outil informatique dans les biotechnologies impose que le futur technicien supérieur possède des savoirs et savoir faire solides dans les différentes composantes de cet outil.

### Section 1 : Notions de base

L'objectif essentiel de cette section est de donner au futur technicien les bases qui lui permettront d'être un utilisateur averti.

Le codage de l'information et la numérisation des données (nombres, textes, images...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On insistera sur le code ASCII et les fichiers ASCII, « esperanto » de la bioinformatique</li> <li>- Le principe de la numérisation des grandeurs analogiques sera dégagé simplement</li> </ul>
Architecture matérielle et logicielle d'un ordinateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On décrira simplement les principaux composants d'un ordinateur, sans rechercher l'exhaustivité, en dégagant la logique de leurs interrelations</li> <li>- On dégagera le concept de couches logicielles et les principales fonctionnalités d'un système d'exploitation</li> <li>- On décrira les opérations de bases sur un système d'exploitation, relatives à la gestion des dossiers et des fichiers</li> </ul>
Les réseaux et Internet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notions de base sur les réseaux locaux</li> <li>- Principes et opérations de base sur le réseau Internet</li> </ul>
Fichiers et bases de données	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notions de base sur l'organisation et l'interrogation d'une base de données</li> <li>- On construira une base de données très simple ; on en montrera l'intérêt (notamment en bioinformatique) et on expliquera le principe d'interrogation d'une base de données relationnelle</li> <li>- Logiciels utilisables : tableur, SGBDR « hors ligne » (exemple <i>Access</i>) ou « en ligne » (exemple <i>MySQL</i>)</li> </ul>

Algorithmique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'objectif est d'illustrer la notion d'algorithme et de montrer la démarche d'automatisation d'un traitement de données</li> <li>- L'apprentissage d'un langage est exclu</li> <li>- Les exemples seront choisis dans le champ d'application des biotechnologies</li> <li>- L'utilisation d'un tableur sera l'occasion privilégiée de montrer cette démarche, à travers la conception de feuilles de calcul simples</li> <li>- Cependant d'autres supports logiciels (HTML, traitement de séquences, robotique...) pourront être utilisés</li> </ul>
---------------	---

## Section 2 : Recherche, traitement et présentation de l'information

Les savoir-faire de cette section seront réinvestis dans les autres modules

Interrogation d'une banque de données bibliographiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il s'agit de montrer les possibilités d'une banque de données bibliographiques et de conférer de bonnes habitudes</li> <li>- Le PPE (projet pluritechnique encadré) sera l'occasion pour l'étudiant d'étendre ses savoir-faire, avant son premier stage en entreprise</li> </ul>
Traitement de texte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commandes et savoir faire de base</li> <li>- Guide des bonnes pratiques</li> </ul>
Tableur-grapheur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commandes et fonctions usuelles</li> <li>- Exemples d'applications en biotechnologies</li> <li>- Conception de feuilles : en relation avec la partie algorithmique</li> <li>- On insistera sur la présentation (notamment graphique) des données et les régressions linéaires ou non pour les traitements de résultats</li> </ul>
Utilisation d'un logiciel de présentation	Commandes de base et bonnes pratiques

## Section 3 : Acquisition de données et gestion de procédés

Il s'agit pour les contenus de cette section de dégager quelques notions simples.

Contrôle et commandes de bioréacteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse en ligne</li> <li>- Boucle de rétro-contrôle</li> <li>- Ces notions peuvent être illustrées en TP de génie fermentaire</li> </ul>
Traitements et analyses d'images : - définitions et formats de fichiers - logiciels de traitement (exemple) - Analyse densitométrique d'une image  - Imagerie microscopique de fluorescence	Principe du traitement Utilisation d'un logiciel de traitement simple, par exemple pour quantifier un fragment de restriction sur gel d'agarose
Robotisation de pipetages, de dépôts, d'extractions...	Principe de fonctionnement et démarche, sur un exemple.

#### Section 4 : Bioinformatique utilisateur

La bioinformatique se définit comme l'analyse de l'information biologique, notamment à l'aide d'outils informatiques.

L'objectif est de former des utilisateurs avertis des principaux outils, dont on fera ressortir de manière simple le principe de fonctionnement.

L'enseignement des savoir et savoir-faire de cette section se fera en liaison étroite avec les modules 1 et 3.

On insistera sur la relativité des réponses apportées par la bioinformatique, la plupart du temps statistiques et fondées sur des modèles perfectibles et évolutifs. Lors des recherches et traitements des informations, on privilégiera la problématique biologique, en analysant la pertinence des requêtes effectuées et la validité des résultats obtenus.

Les portails, logiciels et banques de données en bioinformatique et en génomique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les portails dédiés (par exemple celui d'Infobiogen) et leurs ressources</li> <li>- Les principales banques de séquences et leurs caractéristiques; la structure des fichiers et les formats de séquences nucléiques et protéiques</li> <li>- Exemples de logiciels d'aide en génie génétique (dessin d'amorces ou de sonde, cartographie de restriction, détermination de paramètres physicochimiques d'une protéine...)</li> </ul>
Comparaison d'une séquence nucléique ou protéique avec une banque de séquences	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On utilisera un logiciel de type <i>BLAST</i></li> <li>- Principe sommaire de l'alignement global avec insertions</li> <li>- Critères permettant de valider l'analyse</li> <li>- Exemple d'une comparaison dans un contexte de recherche par homologies de la fonction d'un gène</li> </ul>
Multi-alignements de séquences nucléiques ou protéiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On utilisera un logiciel d'alignement global</li> <li>- Principe d'une matrice de substitution d'acides aminés</li> <li>- L'alignement multiple pourra déboucher sur la construction d'un arbre phylogénétique</li> </ul>
Recherche de gènes et de séquences consensus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recherche de phases de lecture ouvertes (ORF)</li> <li>- Recherche de signaux d'expression ; on montrera la difficulté de localiser les gènes</li> <li>- Recherche de motifs structuraux, pouvant déboucher sur la constitution d'une famille protéique</li> </ul>
Analyse tridimensionnelle de biomolécules	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il s'agit avant tout d'une visualisation 3D, à l'aide d'un logiciel simple tel qu'un dérivé de <i>RasMol</i></li> <li>- L'objectif essentiel est l'illustration et l'approfondissement des structures tridimensionnelles des protéines et des acides nucléiques, ainsi que de leurs interactions</li> </ul>

#### Module 7 : Qualité, santé et sécurité au travail

Connaissances	Niveaux d'exigence
<b>Qualité</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le médicament</li> <li>- Les grandes étapes de la recherche et développement (R&amp;D)</li> <li>- L'autorisation de mise sur le marché (AMM)</li> </ul>	À partir d'un cas concret, citer les grandes étapes de la vie du médicament de la R&D à l'AMM

Connaissances	Niveaux d'exigence
<p><b>Prévention des risques professionnels</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les accidents du travail et les maladies professionnelles : définitions, statistiques, tableaux des maladies professionnelles</li> <li>- Organisation de la prévention <ul style="list-style-type: none"> <li>• externe à l'entreprise : inspection du travail, service prévention des CRAM, organismes agréés.</li> <li>• interne à l'entreprise : chef d'établissement, délégués du personnel, CHSCT, médecine du travail, service prévention de l'entreprise.</li> </ul> </li> <li>- hiérarchie des textes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• réglementaires : directives, lois, décrets, arrêtés,</li> <li>• autres : normes, circulaires, recommandations de la Cnamts</li> </ul> </li> <li>- Principes généraux de prévention : loi du 31/12/1991</li> <li>- Dangers graves et imminents : droit de retrait des salariés</li> </ul> <p><b>Protection de l'environnement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les principaux organismes : ADEME, DRIRE, agences de l'eau</li> <li>- Les principaux textes : normes ISO 14.000, réglementations Seveso 1 et 2, sites classés</li> </ul>	<p>Citer les principales atteintes à la santé en laboratoire, leurs modalités de prise en charge et de reconnaissance</p> <p>À partir d'un cas concret citer les organismes et interlocuteurs ressources en santé et sécurité au travail</p> <p>À partir d'un cas concret et d'une bibliographie de textes lister les obligations réglementaires</p> <p>Hierarchiser des mesures de prévention en fonction des principes généraux</p> <p>À partir d'un cas concret citer les organismes et textes ressources pour la protection de l'environnement</p>
<p><b>Démarches et méthodes en prévention</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse des accidents, incidents et dysfonctionnement : arbre des causes</li> <li>- Évaluation des risques d'accident et d'atteintes à la santé : loi du 31/12/1991 et arrêté du 5/11/2001</li> <li>- Approche ergonomique des situations de travail</li> </ul>	<p>À partir d'un exemple d'accident concret et dans le cadre d'un groupe de travail, participer activement à l'analyse des causes.</p> <p>Proposer des actions correctives</p> <p>À partir d'une situation de travail concrète identifier et évaluer les risques en termes de fréquence et gravité</p> <p>Proposer des actions préventives</p> <p>Analyser une manipulation, identifier les écarts entre le travail réel et le travail prescrit</p> <p>Proposer des actions d'amélioration</p>
<p><b>Risques chimiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition d'une substance et d'une préparation</li> <li>- Les familles chimiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>• les acides et les bases minérales</li> <li>• les sels</li> <li>• les composés organiques : hydrocarbures, alcools, acides, aldéhydes, cétones, esters, amines et amides</li> </ul> </li> <li>- Réactions chimiques (neutralisation, oxydation, polymérisation...)</li> <li>- Cas de l'oxydation : traiter des phénomènes de combustion, des mesures de prévention et de lutte contre le feu : triangle du feu, hexagone de l'explosion, domaine d'inflammabilité et d'explosivité, point d'éclair, température d'autoinflammation</li> <li>- Emballement thermique, vitesse de réaction, chaleur de réaction</li> <li>- Les treize catégories de danger</li> <li>- Étiquette réglementaire</li> </ul>	<p>Citer les principaux dangers en fonction des familles de produits</p> <p>Citer les principaux risques associés à ces réactions</p> <p>Indiquer les principales mesures de prévention des incendies</p> <p>Décrire les principaux types d'extincteurs et leur utilisation</p> <p>Décrire l'influence de la température, de la pression et de la concentration sur une réaction thermodynamiquement équilibrée ; expliquer le risque d'emballement thermique</p> <p>Identifier la catégorie de danger associée à un symbole</p> <p>« Savoir lire une étiquette » : connaissance des différents symboles et indications de danger, définition de la phrase de risque et du conseil de prudence</p>

Connaissances	Niveaux d'exigence
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notion de reconditionnement</li> <li>- Fiche de données de sécurité</li> <li>- Fiche de poste</li> <li>- Le stockage des produits chimiques</li> </ul>	<p>Établir une étiquette conforme à la réglementation et aux procédures</p> <p>Savoir retirer de ces documents les informations nécessaires à la mise en œuvre ou l'utilisation d'un produit ou de matériel</p> <p>Citer les principaux risques liés au stockage : risque incendie-explosion, risque de chute ou de renversement d'emballage, fragilisation des emballages, augmentation des dangers présentés par les produits</p> <p>À partir d'un cas concret de gestion d'un stock:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- choisir l'approvisionnement d'un produit en fonction des risques liés à son utilisation</li> <li>- classer les produits en fonction de ses dangers et de sa nature en appliquant le principe de séparation des produits incompatibles notamment par l'exploitation de la fiche de données de sécurité et de l'étiquette</li> <li>- indiquer les mesures organisationnelles nécessaires à la gestion du stock à respecter</li> <li>- détecter un dysfonctionnement ou une anomalie et analyser les risques</li> <li>- indiquer le choix des conditionnements et équipements de stockage en fonction de l'analyse des besoins</li> <li>- citer les principales règles techniques de réalisation d'un stockage et mesures de prévention adaptées</li> <li>- citer les stockages particuliers à prévoir</li> </ul>
<p><b>Principales mesures de prévention</b></p> <p><i>Il doit être rappelé au cours de tous les TP l'importance à accorder à l'ordre, la propreté et à l'hygiène au poste de travail</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rappel de la hiérarchisation des mesures de prévention</li> <li>- Les différents équipements de protection individuelle</li> <li>- Cas particuliers des la manipulation des substances génotoxiques</li> </ul>	<p>À partir d'un cas concret, citer les risques qui ont conduit à choisir les moyens de prévention ou de protection. Les classer par catégorie. Citer la hiérarchie prévue par le code du travail.</p> <p>Dans le cadre des travaux pratiques, utiliser correctement le matériel de protection collective et les différents EPI mis à disposition</p> <p>Citer et différencier les différents types de masque (masque chirurgical, masque anti-poussières et masques anti-gaz)</p> <p>Citer les principaux types de gants</p> <p>Dans le cas d'un exemple de manipulation de génotoxiques, citer les mesures de prévention adaptées à mettre en place</p>
<p><b>Matériel expérimental</b></p> <p>Installation électrique, appareils électriques, verrerie, réfrigérant, pipette, pissette, appareil à flamme, bain chaud et autres dispositifs très chauds, bain froid, PMC, étuve, autoclave, réfrigérateur, centrifugeuse, bouteilles de gaz, émetteur de rayon non ionisant (ondes et rayonnement électromagnétiques, rayonnements optiques incohérents et cohérents), émetteur de rayon non ionisant (ondes et rayonnement électromagnétiques, rayonnements optiques incohérents et cohérents), émetteur de rayonnement ionisant (générateur de rayon X, source scellée, source non scellée)</p>	<p>Décrire les risques associés à l'utilisation de ce matériel et les mesures de prévention associées</p> <p>Vérifier la compatibilité des matériaux et des produits.</p> <p>Citer les limites d'utilisation de ces appareils en fonction de sa formation ou de son niveau d'habilitation</p>

Connaissances	Niveaux d'exigence
<p><b>Risques biologiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prélèvement : techniques de prélèvement, les différents matériels de sécurité servant aux prélèvements</li> <li>– Manipulation des échantillons : voies de transmission des agents pathogènes lors de la manipulation des échantillons (coupure, piqûre, éclaboussures, toucher, ingestion)</li> <li>– Les différents matériels de sécurité pour la manipulation des échantillons : PSM, dispositifs limitant l'utilisation de verrerie</li> <li>– Les différents équipements de protection individuelle disponibles pour la manipulation des échantillons : gants, appareil de protection respiratoire, lunettes</li> <li>– Manipulation des échantillons : ouverture et fermeture des tubes, pipetage, élimination des échantillons</li> <li>– Utilisation des centrifugeuses</li> <li>– Mise en culture : techniques d'ensemencement</li> <li>– Examen au microscope : préparation des lames.</li> <li>– Nettoyage et entretien du matériel et du poste de travail</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Citer les différents moyens de prévention des risques biologiques lors du prélèvement des échantillons</li> <li>Citer les risques de contamination lors de la manipulation des échantillons biologiques</li> <li>Citer les différents moyens de prévention des risques biologiques lors de la manipulation des échantillons</li> <li>Citer les différents équipements de protection individuelle disponibles pour la manipulation des échantillons</li> <li>Citer les procédures d'élimination des DASRI</li> <li>Citer les mesures de prévention lors de l'utilisation de centrifugeuse</li> <li>Citer les différents moyens de prévention des risques biologiques lors de l'ensemencement microbiologique</li> <li>Citer les mesures de prévention lors de la préparation des lames pour observation au microscope</li> <li>Citer les mesures de prévention à suivre en fin de manipulation</li> </ul>
<p><b>Gestion des déchets</b></p>	<p>En fonction des déchets décrire les procédures d'inactivation, désinfection et stérilisation avant élimination En fonction des déchets décrire les circuits d'élimination</p>
<p><b>Conduite à tenir en cas d'accident</b> Protéger, alerter, secourir (bases de SST)</p>	<p>Décrire les règles de comportement</p>

## Module 8 : Mathématiques et sciences physiques et chimiques

### Mathématiques

L'enseignement des mathématiques dans les sections de techniciens supérieurs « Biotechnologies » se réfère aux dispositions de l'arrêté du 8 juin 2001 (BOEN HS n°6 du 27 septembre 2001) fixant les objectifs, les contenus de l'enseignement et le référentiel des capacités du domaine des mathématiques pour les brevets de technicien supérieur.

Les dispositions de cet arrêté sont précisées pour ce BTS de la façon suivante :

#### I. Lignes directrices

##### 2. Objectifs spécifiques à la section

*L'étude des phénomènes discrets ou continus* issus des sciences physiques et biologiques constitue un des objectifs essentiels de la formation des techniciens supérieurs en biotechnologie. Ils sont décrits mathématiquement par des suites ou des fonctions obtenues, le plus souvent, comme solutions d'équations différentielles.

De même, la *connaissance de quelques méthodes statistiques* utilisées en contrôle de qualité est indispensable à un technicien supérieur en biotechnologie.

### 3. Organisation des contenus

C'est en fonction de ces objectifs que l'enseignement des mathématiques est conçu ; il peut s'organiser autour de quatre pôles :

- une étude des *suites* et des *fonctions usuelles* dont la maîtrise est nécessaire à ce niveau ;
- la résolution d'*équations différentielles* dont on a voulu marquer l'importance ;
- une initiation au *calcul des probabilités*, suivie de notions de *statistique inférentielle* débouchant sur la construction de tests statistiques les plus simples utilisés en contrôle de qualité ;
- une valorisation des *aspects numériques et graphiques* pour l'ensemble du programme, une initiation à quelques méthodes élémentaires de *l'analyse numérique* et l'utilisation à cet effet des *moyens informatiques* appropriés : calculatrice programmable à écran graphique, ordinateur muni d'un tableur, de logiciels de calcul formel, de géométrie ou d'application (modélisation, simulation...).

### 5. Organisation des études

L'horaire est de 1 heure + 1 heure en première année et de 1 heure + 1 heure en seconde année.

## II. Programme

Le programme de mathématiques est constitué des modules suivants :

*Nombres complexes 1*, à l'exception du paragraphe *c*) et du TP1.

*Suites numériques 1*.

*Fonctions d'une variable réelle*, à l'exception des paragraphes *b*) et *c*).

*Calcul différentiel et intégral 1*.

*Équations différentielles* où, pour la résolution des équations linéaires du second ordre, on se limitera à celles à coefficients réels constants dont le second membre est une exponentielle  $t \mapsto e^{at}$ , où  $a \in \mathbf{R}$ , un polynôme ou une fonction  $t \mapsto \cos(\omega t + \varphi)$ .

*Fonction de deux ou trois variables*.

*Statistique descriptive*.

*Calcul des probabilités 2*.

*Statistique inférentielle*.

### Évaluation des capacités et compétences

La grille d'évaluation des capacités et compétences figurant en annexe II de l'arrêté du 8 juin 2001 est précisée pour le BTS Biotechnologies de la façon suivante :

**BTS Biotechnologies – Grille d'évaluation mathématiques (à titre indicatif)**

NOM Établissement 20 – 20	Type d'activité – Date				Bilan

*Évaluation générale des capacités et compétences*

Maîtriser les connaissances figurant au programme de mathématiques					
Employer des sources d'information					
Trouver une stratégie adaptée à un problème					
Mettre en œuvre une stratégie	Utiliser de façon appropriée Des savoir-faire figurant au programme de mathématiques				
	Argumenter				
	Analyser la pertinence d'un résultat				
Communiquer	Par écrit				
	Par oral				

*Évaluation par module des capacité et compétences*

Modules	TP n°				
Nombres complexes	2				
Suites numériques	1				
	2				
Calcul différentiel et intégral	1				
	2				
	3				
	4				
Équations différentielles	1				
	2				
Statistique descriptive	1				
	2				
Calcul des probabilités	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
Statistique inférentielle	1				
	2				
	3				
	7				

## Nombres complexes 1

Dans cette brève étude, on insistera sur l'intervention des nombres complexes en analyse (résolution d'équations différentielles) et sur leur utilisation en électricité et en électronique.

a) Somme  $a + bi$  telles que  $i^2 = -1$  : égalité, somme, produit, conjugué, inverse.

Représentation géométrique.

Lignes de niveau des fonctions  $z \mapsto \Re(z)$  et

$z \mapsto \Im(z)$

b) Module d'un nombre complexe ; argument d'un nombre complexe non nul.

Notation  $e^{i\theta}$  ; forme trigonométrique  $z = re^{i\theta}$ , où  $r > 0$ .

Lignes de niveau des fonctions  $z \mapsto |z - a|$  et

$z \mapsto \text{Arg}(z - a)$ .

Passage de la forme algébrique à la forme trigonométrique et inversement.

Relation  $e^{i\theta} e^{i\theta'} = e^{i(\theta + \theta')}$  ; lien avec les formules d'addition.

c) Formule de Moivre. Formules d'Euler.

Le repérage polaire  $\rho e^{i\theta}$ , où  $\rho$  est de signe quelconque, est hors programme.

### Travaux pratiques

1° Exemples de mise en œuvre des formules de Moivre et d'Euler : linéarisation de polynômes trigonométriques.

Cette activité est à mener en liaison avec l'enseignement des sciences physiques ; toute virtuosité en ce domaine est exclue ; aucune connaissance à ce sujet n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques et toutes les indications utiles doivent être fournies.

2° Résolution des équations du second degré à coefficients réels.

La résolution d'équations à coefficients complexes et l'étude des racines  $n^{\text{ième}}$  d'un nombre complexe sont hors programme.

## Suites numériques 1

Les suites sont un outil indispensable pour l'étude des « phénomènes discrets », et c'est à ce titre qu'elles font l'objet d'une initiation.

Aucune difficulté théorique ne doit être soulevée à leur propos.

Le programme se place dans le cadre des suites définies pour tout entier naturel ou pour tout entier naturel, non nul.

a) Comportement global : suites croissantes, suites décroissantes

b) Langage des limites :

Limite des suites de terme général  $n, n^2, n^3, \sqrt{n}$ .

Limite des suites de terme général  $\frac{1}{n}, \frac{1}{n^2}, \frac{1}{n^3}, \frac{1}{\sqrt{n}}$ .

Introduction du symbole  $\lim_{n \rightarrow +\infty} u_n$ .

Si une fonction  $f$  admet une limite  $l$  en  $+\infty$ , alors la suite  $u_n = f(n)$  converge vers  $l$ .

Énoncés usuels sur les limites (admis).

Comparaison, compatibilité avec l'ordre.

Somme, produit, quotient.

L'étude des limites par  $(A, N)$  et par  $(\varepsilon, N)$  est hors programme.

L'étude des suites de référence ci-contre et, plus largement, des suites  $u_n = f(n)$  est à mener en liaison étroite avec celle des fonctions correspondantes.

Ces énoncés sont calqués sur ceux relatifs aux fonctions. Il n'y a pas lieu de s'attarder à leur présentation : l'objectif est d'apprendre aux étudiants à les mettre en œuvre sur des exemples simples.

Limite et comportements asymptotiques comparés des suites  $(\ln n)$  ;  $(a^n)$ ,  $a$  réel strictement positif ;  $(n^p)$ ,  $p$  entier.

### Travaux pratiques

1° Exemples d'étude de situations relevant de suites arithmétiques ou géométriques.

On privilégiera les situations issues de la vie économiques et sociale ou de la technologie. Mis à part le cas des suites arithmétiques ou géométriques, l'étude d'une suite définie par son premier terme et une relation de récurrence  $u_{n+1} = f(u_n)$  est hors programme.

2° Exemples d'étude du comportement de suites de la forme  $u_n = f(n)$  (encadrement, monotonie, limite).

On se limitera à des cas simples. Il s'agit notamment de pouvoir étudier et comparer, sur certains modèles mathématiques la tendance à long terme d'un phénomène.

### Fonctions d'une variable réelle

On se place dans le cadre des fonctions à valeurs réelles ou complexes, définies sur une intervalle de  $\mathbf{R}$ , qui servent à modéliser mathématiquement des « phénomènes continus ». Les étudiants devront savoir traiter les situations qui se prêtent à une telle modélisation.

On consolidera les acquis sur les fonctions en tenant compte, notamment sur les limites, des programmes de mathématiques suivis antérieurement par des étudiants.

Ce module de programme énumère les fonctions intervenant dans les autres modules d'analyse, modules où figurent les rubriques de travaux pratiques concernant ces fonctions.

En particulier dans l'ensemble de ces modules, on utilisera largement les moyens informatiques (calculatrice, ordinateur), qui permettent notamment de faciliter la compréhension d'un concept ou d'une méthode en l'illustrant graphiquement, numériquement ou dans un contexte lié à la spécialité considérée, sans être limité par d'éventuelles difficultés techniques.

Les calculs à la main, nécessaires pour développer la maîtrise des méthodes figurant au programme, ont leur cadre défini dans les rubriques de travaux pratiques, le plus souvent dans la colonne de commentaires.

Le champ des fonctions étudiées se limite aux fonctions usuelles suivantes :

a) Fonctions en escalier, fonctions affines par morceaux, fonction exponentielle  $t \mapsto \exp t$  ou  $t \mapsto e^t$  fonction logarithme népérien  $t \mapsto \ln t$ , fonctions puissances  $t \mapsto t^\alpha$  où  $\alpha \in \mathbf{R}$ , fonctions circulaires, fonctions qui se déduisent de façon simple des précédentes par opérations algébriques ou par composition.

Comparaison des fonctions exponentielle, puissances et logarithme au voisinage de  $+\infty$ .

b) Fonctions circulaires réciproques, on donnera leurs dérivées.

c) Fonctions  $t \rightarrow e^{it}$  et  $t \mapsto e^{at}$  avec  $a \in \mathbf{C}$

Les représentations graphiques doivent jouer un rôle important.

Selon les besoins des autres disciplines (chimie, acoustique...), on pourra mentionner la fonction logarithme décimal  $x \mapsto \log x$ , mais aucune connaissance n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

La dérivabilité de ces fonctions sera admise.

### Calcul différentiel et intégral 1

Le programme se place dans le cadre de fonctions à valeurs réelles définies et régulières (c'est-à-dire admettant des dérivées à un ordre quelconque) sur un intervalle de  $\mathbf{I}$  de  $\mathbf{R}$ .

Il n'y a pas lieu de reprendre la présentation du concept de dérivée. On s'assurera que les étudiants connaissent les interprétations géométriques et cinématique de la dérivée en un point.

On consolidera et on approfondira les acquis de terminale technologique sur la pratique du calcul des dérivées.

Dans le cas de deux variables  $t$  et  $x$  liées par une relation fonctionnelle  $x = f(t)$ , on introduira la notation différentielle  $df = f'(t)dt$  on donnera son interprétation graphique et on montrera l'intérêt de la

différentielle pour les problèmes d'approximation. Aucune difficulté ne doit être soulevée sur le statut mathématique de la notion de différentielle.

Le concept d'intégrale sera introduit sans soulever de problème théorique.

#### a) Primitives

Définition. Deux primitives d'une même fonction diffèrent d'une constante.

Primitives des fonctions usuelles par lecture inverse du tableau des dérivées ; primitives des fonctions de la forme  $x \mapsto g'(ax + b)$ ,  $(\exp g)'$  et  $g^\alpha g'$ , où  $\alpha \neq -1$ ,

$\alpha \neq -1 \frac{g'}{g}$  où  $g$  est à valeurs strictement positives.

#### b) Intégrale

Étant donné  $f$  et un couple  $(a, b)$  de points de  $I$ , le nombre  $F(b) - F(a)$ , où  $F$  est une primitive de  $f$ , est indépendant du choix de  $F$ . On l'appelle intégrale de  $a$

à  $b$  de  $f$  et on le note  $\int_a^b f(t) dt$ .

Dans le cadre de fonctions positives, interprétation graphique de l'intégrale à l'aide d'une aire.

Étant donné un point  $a$  de  $I$ , la fonction  $x \mapsto \int_a^x f(t) dt$  est l'unique primitive de  $f$  sur  $I$  prenant la valeur zéro au point  $a$ .

Propriétés de l'intégrale :

- Relation de Chasles
- Linéarité.

- Positivité, si  $a \leq b$  et  $f \geq 0$  alors  $\int_a^b f(t) dt \geq 0$  ;  
intégration d'inégalité.

- Inégalité de la moyenne, si  $a \leq b$  et  $m \leq f \leq M$ , alors  
 $m(b-a) \leq \int_a^b f(t) dt \leq M(b-a)$ .

L'existence des primitives est admise.

Aucune théorie sur la notion d'aire n'est au programme. On admettra son existence et ses propriétés élémentaires.

Les étudiants doivent connaître l'aire des domaines usuels : rectangle, triangle, trapèze.

Il convient d'interpréter chaque fois qu'il est possible les propriétés de l'intégrale en termes d'aire.

### Travaux pratiques

1° Exemples d'emploi du calcul différentiel pour la recherche d'extremums, l'étude du sens de variation et le tracé des représentations graphiques des fonctions.

Les exemples seront issus, le plus souvent possible, de l'étude de phénomènes rencontrés en sciences physiques, en biologie, en économie ou en technologie. On se limitera aux situations qui se ramènent au cas des fonctions d'une seule variable.

Pour la détermination d'une fonction, on pourra être amené à résoudre un système linéaire par la méthode du pivot de Gauss.

Il convient de ne pas abuser des problèmes centrés sur l'étude traditionnelle de fonctions définies par une formule donnée *a priori*, dont on demande de tracer la courbe représentative.

Toute étude de branche infinie, notamment la mise en évidence d'asymptote, devra comporter des indications sur la méthode à suivre.

2° Exemples de calcul d'intégrales à l'aide de primitives.

Les étudiants doivent savoir reconnaître si un exemple donné de fonction est de l'une des formes figurant au programme.

Mis à part le cas de primitives de la forme précédente, tout calcul de primitive devra comporter des indications sur la méthode à suivre.

On pourra montrer l'intérêt d'exploiter les propriétés des fonctions périodiques, des fonctions paires et des fonctions impaires, mais toute formule de changement de variable est hors programme.

3° Exemples de calcul d'aires, de volumes, de valeurs moyennes.

On pourra aussi, selon la spécialité, proposer des exemples de détermination de centres d'inertie, de calcul de moments d'inertie et de calcul de valeurs efficaces.

4° Exemples de mise en œuvre d'algorithmes d'approximation d'une intégrale.

L'objectif est de familiariser les étudiants à un certain savoir-faire concernant quelques méthodes élémentaires (point milieu, trapèzes), mais aucune connaissance sur ces méthodes n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

### Équations différentielles

On s'attachera à relier les exemples étudiés avec les enseignements de physique, mécanique et technologie, en faisant saisir l'importance de l'étude de phénomènes continus définis par une loi d'évolution et une condition initiale, et en faisant ressortir la signification ou l'importance de certains paramètres ou phénomènes ; stabilité, oscillation, amortissement, fréquences propres, résonance...

a) Résolution des équations linéaires du premier ordre  $a(t)x'(t) + b(t)x(t) = c(t)$ .

On se placera dans le cas où  $a, b, c$  sont des fonctions dérivables à valeurs réelles et on cherchera les solutions sur un intervalle où  $a$  ne s'annule pas.

b) Résolution des équations linéaires du second ordre à coefficients réels constants, dont le second membre est une fonction exponentielle-polynôme  $t \mapsto e^{at}P(t)$ , où  $a \in \mathbb{C}$ .

### Travaux pratiques

1° Résolution d'équations différentielles linéaires du premier ordre.

Pour les TP 1° et 2° :

- il s'agit uniquement d'équations différentielles dont le type est précisé ci-dessus ;
- toutes les indications permettant d'obtenir une solution particulière seront données.

2° Résolution d'équations différentielles linéaires du second ordre.

3° Exemples simples de résolution d'équations différentielles non linéaires, du premier ordre à variables séparables.

On privilégiera les exemples issus de la cinétique chimique.

Aucune connaissance sur ce TP n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

### Fonctions de deux ou trois variables réelles

Aucune connaissance sur ce module n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques, les notions qu'il contient sont à étudier en liaison étroite avec l'enseignement de la physique, de la mécanique, de la technologie ou de l'économie.

a) Calcul de dérivée partielles.  
Calcul de la dérivée d'une fonction définie par une équation implicite  $f(x, y) = 0$ .

On donnera aussi la notation différentielle et son interprétation en termes d'effet sur la valeur d'une fonction de petits accroissements des variables.

b) Brèves notions sur le gradient et le laplacien d'une fonction de trois variables, la divergence et le rotationnel d'un champ de vecteurs (en dimension trois).

Ces notions interviennent et en particulier thermodynamique.

c) Exemples très simples de calcul d'intégrales doubles et triples en coordonnées cartésiennes ou cylindriques, éventuellement sphériques.

d) Théorème de la limite centrée : approximation par une loi normale de la somme de  $n$  variables indépendantes, de même loi et de variance finie. Distribution d'échantillonnage asymptotique de la moyenne et de la fréquence empirique.

e) Approximation d'une loi binomiale par une loi de Poisson. Approximation d'une loi binomiale par une loi normale.

On admettra tous les résultats utiles.

Les résultats sont admis, mais l'outil informatique peut permettre des approches expérimentales.

Aucune connaissance sur les critères d'approximation n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

Les étudiants doivent savoir déterminer les paramètres. Il conviendra de mettre en évidence la raison d'être de la correction de continuité lors de l'approximation d'une loi binomiale par une loi normale ; toutes les indications seront fournies.

### Travaux pratiques

1° Calcul de probabilités portant sur l'union et sur l'intersection de deux événements.

2° Étude de situations de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires suivant une loi binomiale.

3° Exemples d'étude de situations de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires suivant une loi de Poisson.

4° Exemples d'étude de situations de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires suivant une loi normale.

5° Exemples d'étude de situations de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires suivant une loi binomiale que l'on approche par une loi de Poisson ou une loi normale.

On ne traitera que quelques exemples très simples de probabilités conditionnelles

L'énoncé des critères permettant l'utilisation de la loi binomiale est exigible.

Aucune connaissance sur l'interpolation affine avec la table de la loi normale centrée réduite n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

### *Statistique inférentielle*

Sous l'impulsion notamment du mouvement de la qualité, les méthodes statistiques sont aujourd'hui largement utilisées dans les milieux économique, social ou professionnel. Des procédures plus ou moins élaborées sont mises en œuvre, par exemple dans l'analyse des résultats d'expériences sur le vivant, les sondages, la maîtrise statistique des procédés, la fiabilité, les plans d'expériences. Des logiciels spécialisés exécutent automatiquement les calculs, suivant les normes AFNOR ou ISO.

Au-delà de l'exécution d'algorithmes ou de calculs dont le sens peut échapper, l'objectif essentiel de ce module est d'initier les étudiants, sur quelques cas simples, au raisonnement et méthodes statistiques et à l'interprétation des résultats obtenus.

Il s'agit de faire percevoir, à partir d'exemples figurant au programme, ce que sont les procédures de décision en univers aléatoire, ainsi que leur pertinence. Pour cela, la réalisation de simulations dans le cadre du modèle probabiliste de référence peut fournir un éclairage intéressant.

On soulignera que la validité d'une méthode statistique est liée à l'adéquation entre la réalité et le modèle la représentant.

On évitera les situations artificielles et on privilégiera les exemples issus de la vie économique et sociale ou du domaine professionnel, en liaison avec les enseignements d'autres disciplines ; dans le cadre de cette liaison, on pourra donner quelques exemples d'autres procédures que celles figurant au programme de mathématiques (par exemple utilisation de la droite de Henry, du test du  $\chi^2$ , de la loi de Student), en privilégiant les aspects qualitatifs, mais aucune connaissance à leur sujet n'est exigible dans le cadre de ce programme.

On se placera dans le cadre d'échantillons considérés comme réalisations de variables aléatoires indépendantes.

- a) Estimation ponctuelle d'un paramètre :
- fréquence ;
  - moyenne et écart type.
- b) Estimation par un intervalle de confiance d'un paramètre :
- fréquence dans le cas d'une loi binomiale approximable par une loi normale ;
  - moyenne, dans le cas d'une loi normale quand son écart type est connu ou dans le cas de grands échantillons.
- c) Tests d'hypothèse :
- relatifs à une fréquence  $p$ , dans le cas d'une loi binomiale approximable par une loi normale, tester  $p = p_0$  contre  $p > p_0$ , contre  $p < p_0$  ; tester  $p = p_0$  contre  $p \neq p_0$  ;
  - relatifs à une moyenne  $m$ , dans le cas de la loi normale, tester  $m = m_0$  contre  $m > m_0$ , contre  $m < m_0$  ; tester  $m = m_0$  contre  $m \neq m_0$  ;
  - comparaison de deux proportions ou de deux moyennes.

Une illustration qualitative succincte des notions de biais et de convergence d'un estimateur peut être proposée, mais toute étude mathématique de ces qualités est hors programme.

On distinguera confiance et probabilité :

- avant le tirage d'un échantillon, la procédure d'obtention de l'intervalle de confiance a une probabilité  $1 - \alpha$  que cet intervalle contienne le paramètre inconnu ;
- après le tirage, le paramètre est dans l'intervalle calculé avec une confiance  $1 - \alpha$ .

La taille  $n$  de l'échantillon sera suffisamment grande ( $n \geq 30$ ).

On soulignera que la décision prise, rejet ou acceptation, dépend des choix faits *a priori* par l'utilisateur : choix de l'hypothèse nulle, choix du seuil de signification.

### Travaux pratiques

1° Estimation ponctuelle et par intervalle de confiance de la fréquence, dans le cas d'une loi binomiale connue, à partir d'échantillons simulés.

La connaissance *a priori* de la loi sous-jacente permet de comparer le paramètre réel et les estimations obtenues à partir des échantillons.

Aucune connaissance sur ce TP n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

2° Estimation ponctuelle et par intervalle de confiance de fréquences.

Quand  $n$  est grand, le théorème de la limite centrée étend la procédure mise au point pour les échantillons gaussiens à des cas plus généraux.

Estimation ponctuelle de moyennes, d'écart types et estimation par intervalle de confiance de moyennes, dans des situations relevant de la loi normale.

3° Construction et utilisation de tests :

La construction d'un test comporte le choix des hypothèses nulle et alternative, la détermination de la région critique et l'énoncé de la règle de décision.

- unilatéraux et bilatéraux relatifs à une fréquence ;
- unilatéraux et bilatéraux relatifs à une moyenne dans des situations relevant de la loi normale.

4° Construction et utilisation de tests de comparaison de deux proportions ou de deux moyennes.

Cette comparaison peut permettre, par exemple, d'apprécier une éventuelle amélioration dans un processus de fabrication.

5° Exemples d'utilisation de la droite de Henry, du test du  $\chi^2$ , du test de Student (cas des petits échantillons).

Ce TP n'est à réaliser, en entier ou en partie, qu'en liaison avec les enseignants des disciplines professionnelles et seulement si, dans celles-ci, ces procédures sont utilisées.

Aucune connaissance à son sujet n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

### Statistique descriptive

Il s'agit de consolider et d'approfondir les connaissances acquises les années antérieures.

On s'attachera, d'une part à étudier des situations issues de la technologie, d'autre part à relier cet enseignement à celui de l'économie et gestion.

a) Séries statistiques à une variable :  
Méthodes de représentation.  
Caractéristiques de position (médiane, moyenne).  
Caractéristiques de dispersion (interquartiles, variance, écart type).

b) Séries statistiques à deux variables :  
Tableaux d'effectifs.  
Nuage de points ; point moyen.

Ajustement affine (méthode graphique ; méthode des moindres carrés, droites de régression).  
Coefficient de corrélation linéaire.

Il s'agit, d'une part de préciser la signification de chaque caractéristique, d'autre part d'associer la précision des résultats numériques obtenus (à l'aide d'une calculatrice ou d'un ordinateur) à la précision sur les données et à la méthode mise en œuvre, notamment dans le cas où les classes sont définies par des intervalles.

Pour l'ajustement affine, on distinguera liaison entre deux variables statistiques et relation de cause à effet. Pour la méthode des moindres carrés, on fera observer que l'on crée une dissymétrie entre les deux variables statistiques qui conduit, suivant le problème à résoudre, à privilégier l'une des deux droites.

### Travaux pratiques

1° Étude de séries statistiques à une variable.

2° Exemples d'étude de séries statistiques à deux variables.

On interprétera les résultats obtenus.

En fournissant aux étudiants des indications sur la marche à suivre, on pourra, d'une part étudier quelques exemples d'ajustement qui, par un changement de variable simple, se ramènent à un ajustement affine, d'autre part, à propos des séries chronologiques, procéder à un lissage obtenu, par exemple, par la méthode des moyennes mobiles, avant d'effectuer, si nécessaire, un ajustement affine ; mais aucune connaissance sur ces démarches n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques

### Calcul des probabilités 2

Il s'agit d'une initiation aux phénomènes aléatoires où toute ambition théorique et toute technicité sont exclues. L'objectif est que les étudiants sachent traiter quelques problèmes simples concernant des variables aléatoires dont la loi figure au programme. Les sciences et techniques industrielles et économiques fournissent un large éventail de tels problèmes, que l'on pourra étudier en liaison avec les enseignements des disciplines professionnelles.

a) Probabilités sur les ensembles finis :  
Vocabulaire des événements, probabilité.  
Probabilité conditionnelle, événements indépendants.  
Cas d'équiprobabilité.

Notation  $n!$ . Combinaisons.

Loi faible des grands nombres.

b) Variables aléatoires discrètes à valeurs réelles :

Loi de probabilité.  
Espérance mathématique, variance, écart type.  
Indépendance de deux variables aléatoires.

Espérance mathématique de  $aX+b$ , de  $X+Y$  et de  $X-Y$  ; variance de  $aX+b$ , de  $X+Y$  et de  $X-Y$  dans le cas où  $X$  et  $Y$  sont indépendantes.

Loi binomiale, loi de Poisson.

L'ensemble des événements sera pris égal à l'ensemble de toutes les parties de  $\Omega$ .

Ces notions sont introduites pour présenter la loi binomiale. Les calculs de dénombrement ne sont pas un objectif du programme.

Il s'agit de faire comprendre aux étudiants le lien entre statistiques et probabilités. Une approche expérimentale et un énoncé rudimentaire suffisent.

Aucune difficulté théorique ne sera soulevée sur les variables aléatoires.

On pourra utiliser la notation  $\sum$ , mais aucune connaissance à son sujet n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

c) Variables aléatoires continues à valeurs réelles :  
Fonction de répartition et densité de probabilité.  
Espérance mathématique, variance, écart type.  
Loi normale.

Si  $X$  et  $Y$  sont des variables aléatoires indépendantes qui suivent des lois normales :  
– les variables  $aX+b$ ,  $X+Y$  et  $X-Y$  suivent des lois normales ;  
– formules donnant l'espérance mathématique et la variance de  $aX+b$ , de  $X+Y$  et de  $X-Y$ , dans le cas où  $X$  et  $Y$  sont indépendantes.

d) Théorème de la limite centrée : approximation par une loi normale de la somme de  $n$  variables indépendantes, de même loi et de variance finie.  
Distribution d'échantillonnage asymptotique de la moyenne et de la fréquence empirique.

e) Approximation d'une loi binomiale par une loi de Poisson. Approximation d'une loi binomiale par une loi normale.

L'exemple de la loi normale est suffisant. On pourra, en vue de l'étude de la fiabilité, présenter la loi exponentielle.

On sera amené à utiliser les notations  $\int_a^{+\infty} f(t)dt$ ,  $\int_{-\infty}^a f(t)dt$ ,  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t)dt$ , mais aucune connaissance sur les intégrales impropres n'est exigible en calcul de probabilités.

Le résultat est admis.

Les formules sont admises.

Les résultats sont admis, mais l'outil informatique peut permettre des approches expérimentales.  
Aucune connaissance sur les critères d'approximation n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.  
Les étudiants doivent savoir déterminer les paramètres.  
Il conviendra de mettre en évidence la raison d'être de la correction de continuité lors de l'approximation d'une loi binomiale par une loi normale ; toutes les indications seront fournies.

### Travaux pratiques

1° Calcul de probabilités portant sur l'union et sur l'intersection de deux événements.

2° Étude de situations de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires suivant une loi binomiale.

3° Exemples d'étude de situations de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires suivant une loi de Poisson.

4° Exemples d'étude de situations de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires suivant une loi normale.

5° Exemples d'étude de situations de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires suivant une loi binomiale que l'on approche par une loi de Poisson ou une loi normale.

On ne traitera que quelques exemples très simples de probabilités conditionnelles

L'énoncé des critères permettant l'utilisation de la loi binomiale est exigible.

Aucune connaissance sur l'interpolation affine avec la table de la loi normale centrée réduite n'est exigible dans le cadre du programme de mathématiques.

## Sciences physiques et chimiques

L'enseignement de sciences physiques et chimiques sera dispensé en partie pendant le cours et en partie pendant les travaux pratiques constitués, soit de séquences de manipulations classiques, soit de séquences pendant lesquelles on panachera l'expérimentation et l'étude de notions théoriques. Les travaux dirigés seront consacrés aux applications de cet ensemble.

Contenus	Commentaires
<i>Toutes les possibilités d'établir la liaison avec l'enseignement des disciplines technologiques seront exploitées</i>	
<b>1. Chimie générale</b>	
<b>1.1 Structure de la matière</b>	
1.1.1. L'atome : noyau atomique ; structure électronique, nombres quantiques, orbitales atomiques	Structure de la matière : – description de l'atome, isotopes, constante d'Avogadro, mole – structure électronique de l'hydrogène : quantification des niveaux d'énergie, transitions électroniques – généralisation aux autres atomes ; règles de remplissage, écriture des structures électroniques – émission et absorption atomiques – orbitale atomique : notion de probabilité de présence de l'électron. Description des orbitales atomiques s et p
1.1.2. La classification périodique	La classification périodique : évolution des propriétés : rayon atomique, énergie d'ionisation, affinité électronique, électronégativité
1.1.3. Édifices covalents (molécules, ions), liaison covalente, orbitales moléculaires $\sigma$ et $\pi$	Édifices covalents : géométrie, énergie de liaison, moment dipolaire. On étudiera le modèle de Lewis de la covalence et les règles de Gillespie. La théorie de l'hybridation est hors programme Les notions sur les orbitales liantes, non liantes, antiliantes ne sont pas au programme La délocalisation des électrons sera étudiée dans le cas de la mésomérie en chimie organique
1.1.4. Forces de Van der Waals, liaison hydrogène inter et intramoléculaire ; solvatation	
<b>1.2. Thermodynamique chimique</b>	
1.2.1. Généralités sur les systèmes : description, transformations Fonctions d'état ; principes de la thermodynamique	Généralités : état d'un système. Grandeurs d'état intensives, extensives. Notion de phase. Équations d'état Fonctions d'état ; principes de la thermodynamique. On introduira le premier principe de la thermodynamique, les fonctions énergie interne, et enthalpie : intérêt et applications La fonction entropie S sera reliée à la notion de désordre et de réversibilité Intérêt de la fonction enthalpie libre G
1.2.2. Cas d'un système chimique Grandeurs de réaction $D_r H$ , $D_r S$ , $D_r G$ et grandeurs standard de réaction $D_r H^0$ , $D_r S^0$ , $D_r G^0$	Équation de réaction ; notions d'avancement de réaction, d'avancements final et maximal, de taux d'avancement et de rendement d'un produit Grandeurs de réaction : définition État standard. Grandeurs standard de formation. Grandeurs standard de dissociation de liaison. Méthodes de calcul de grandeurs standard de réaction Les lois de Kirchhoff sont hors programme

Contenus	Commentaires
<p>1.2.3. Évolution d'un système chimique Équilibre Déplacements de l'équilibre : lois de Van't Hoff et Le Chatelier.</p>	<p>Évolution d'un système chimique : conditions d'évolution spontanée et d'équilibre Relation <math>\Delta_r G^\circ(T) = -RT \ln K(T)</math> Relation <math>\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q</math>. On insistera sur la signification de <math>\Delta_r G</math> et de <math>\Delta_r G^\circ</math> Relation de Guldberg et Waage (LAM) Les expressions envisagées pour les activités (fugacités pour les gaz) seront limitées aux cas suivants :</p> <p><math>a_i = \frac{p_i}{p_0}</math> pour un gaz parfait avec <math>p_0=1\text{bar}</math></p> <p><math>a_i = \frac{c_i}{c_0}</math> pour un soluté idéal avec <math>c_0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}</math></p> <p><math>a_i = 1</math> pour un corps pur solide ou liquide, et pour tout solvant Les cas des gaz réels ou des solutions non idéales sont exclus.</p> <p>Tout calcul numérique à partir de <math>\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{\Delta_r H^\circ}{RT^2}</math> est hors programme</p>
<p>1.3. Solutions</p> <p>1.3.1 Électrolytes : conductivité d'une solution. Cellules conductimétriques</p> <p>1.3.2. Réactions acide-base : notion de couple acido-basique ; domaines de prédominance des espèces chimiques ; solutions tampons ; indicateurs colorés acido-basiques ; calculs de pH; dosages acido-basiques</p> <p>1.3.3. Réactions de complexation : constante de dissociation d'un complexe, influence du pH ; dosages complexométriques</p> <p>1.3.4. Réactions de précipitation : produit de solubilité ; influence du pH et de la formation d'un complexe sur la solubilité ; dosages par précipitation</p> <p>1.3.5. Réactions d'oxydoréduction Couples redox ; notion expérimentale de potentiel redox, influence de la formation d'un composé peu soluble ; influence de la formation d'un complexe ; influence du pH Potentiométrie ; électrodes</p>	<p>Électrolytes : on donnera sans démonstration la formule donnant la conductivité d'une solution sous la forme</p> $\sigma = \sum_i \Lambda_i  z_i  c_i$ <p>Les principales applications de la conductivité seront citées.</p> <p>Réactions acide-base : les calculs de pH seront limités à établir le pH, dans le domaine de concentration où l'autoprotolyse de l'eau n'intervient pas, d'un acide, d'une base ou d'une espèce amphotère. Par ailleurs, on limitera les calculs aux cas où l'acide et sa base conjuguée sont dans des rapports de concentrations de 0,1 à 10. <i>On utilisera la méthode de la réaction prépondérante</i> Parmi les exemples de couples acido-basiques, on traitera les acides aminés (on définira en particulier le pH isoélectrique), l'acide phosphorique Les électrodes utilisées pour la mesure du pH seront décrites</p> <p>Réactions de complexation : la nomenclature des complexes sera évoquée mais non exigible à l'examen La structure de quelques complexes usuels sera étudiée On étudiera des cas simples et réalistes où il existe une réaction nettement prépondérante</p> <p>Réactions d'oxydoréduction : la connaissance des degrés d'oxydation n'est pas exigible La relation de Nernst sera donnée sans démonstration Les diagrammes potentiels pH ne sont pas au programme On décrira les électrodes spécifiques des ions métalliques et l'électrode de Clark</p>
<p>1.4. Cinétique chimique</p> <p>1.4.1. Vitesse et ordre d'une réaction ; cinétique formelle d'ordre 0,1 et 2 ; influence de la température, énergie d'activation</p> <p>1.4.2. Mécanismes de réaction : acte élémentaire ; réaction complexe</p> <p>1.4.3. Catalyse : caractères généraux, catalyse homogène, catalyse hétérogène</p>	<p>Les réactions SN1 et SN2 sont traitées en chimie organique</p>

Contenus	Commentaires
<b>2. Chimie organique</b>	
<p><i>Les mécanismes réactionnels exigibles sont précisés.</i></p> <p>2.1. Formules brutes et développées ; nomenclature systématique</p> <p>2.2. Structure stérique des molécules : représentations de Newmann, Cram et Fischer ; conformation ; configuration : isomérisation autour d'une double liaison, énantiomérisation Nomenclature cis-trans, Z-E, nomenclature R-S et D-L ; diastéréoisomérisation</p> <p>2.3. Effets inductifs et mésomères ; intermédiaires réactionnels</p> <p>2.4. Les alcanes : substitution radicalaire, mécanisme de la monochloration</p> <p>2.5. Les alcènes : additions électrophiles ; oxydations ; hydrogénation catalytique : la catalyse hétérogène</p> <p>2.6. Les hydrocarbures aromatiques : substitutions électrophiles ; règles de Hollemann</p> <p>2.7. Dérivés monohalogénés : mécanisme des substitutions nucléophiles SN1 et SN2 ; élimination</p> <p>2.8. Les alcools : Propriétés acido-basiques et nucléophiles. Déshydratation. Oxydations</p> <p>2.9. Les thiols : oxydation</p> <p>2.10. Les amines : basicité ; nucléophilie ; action de l'acide nitreux</p> <p>2.1.1. Les dérivés carbonyles : addition nucléophile ; oxydation des aldéhydes</p> <p>2.12. Les acides carboxyliques : acidité ; passage aux fonctions dérivées, propriétés des fonctions dérivées : hydrolyse et réduction</p>	<p>L'analyse conformationnelle est étudiée à l'aide de modèles. Les cycles saturés sont présentés à cette occasion La séparation des énantiomères est hors programme</p> <p>On étudiera le mécanisme de l'addition des halogénures d'hydrogène et de l'eau</p> <p>On limitera l'étude à l'alkylation, l'acylation, la nitration . Le mécanisme est à connaître</p> <p>Les mécanismes E1 et E2 seront seulement évoqués. Les organomagnésiens seront présentés à l'occasion de l'étude des composés carbonyles</p> <p>On étudiera la formation d'esters organiques L'oxydation sera étudiée en particulier sous l'aspect électronique des couples aldéhyde/alcool, acide/alcool et cétone/alcool</p> <p>On se limitera à l'étude de l'oxydation des thiols conduisant à la formation des disulfures</p> <p>On limitera l'étude de la nucléophilie à l'acylation</p> <p>Formation d'hydrates, d'hémiacétals et d'acétals. Actions de HCN et de RMgX Réactions caractéristiques avec les composés du type Z-NH<sub>2</sub>. Tests spécifiques aux aldéhydes</p> <p>On traitera la formation de la liaison peptidique</p>

Contenus	Commentaires
<b>3. Physique</b>	
<p><b>3.1. Rayonnements électromagnétiques</b></p> <p>3.1.1. Structure d'une onde électromagnétique plane. Description des phénomènes de propagation, réflexion, réfraction, diffraction</p> <p>3.1.2. Polarisation rectiligne : lois de Malus et de Biot. Polarimétrie</p> <p>3.1.3. Optique géométrique : lentilles minces, formules de conjugaison . Loupe, microscope</p> <p>3.1.4. Dispersion de la lumière par un prisme et un réseau</p>	<p>Le principe des polariseurs est hors programme ; on se limitera aux observations expérimentales.</p> <p>Optique géométrique : on définira le grandissement, le grossissement, la puissance d'un instrument. Microscopie : on parlera du pouvoir de résolution et on indiquera de quels facteurs il dépend (intérêt du microscope électronique) .</p> <p>Réseau : on se limitera au cas de la transmission. La position des maxima de lumière sera donnée sans démonstration et observée expérimentalement</p>
<p><b>3.2. Spectrométrie</b></p> <p>3.2.1. Sources : spectres continus, discontinus ; la lumière du laser Flux et éclairement énergétiques, intensité énergétique des sources ponctuelles</p> <p>3.2.2. Récepteurs photosensibles</p> <p>3.2.3. Absorption des rayonnements : loi de Beer-Lambert. Absorptiométrie</p> <p>3.2.4. Spectrométrie d'absorption UV, visible, IR</p> <p>3.2.5. Fluorescence atomique et moléculaire : spectrofluorimétrie</p> <p>3.2.6. Résonance magnétique nucléaire : principe ; étude de spectres simples</p>	<p>Le principe de fonctionnement du laser est hors programme. On ne traitera pas la photométrie visuelle</p> <p>On étudiera la cellule photoémissive, la photodiode, la photorésistance, les photomultiplicateurs</p> <p>L'étude des spectres IR est faite en liaison avec la chimie organique</p> <p>On se limite au cas du proton L'étude de spectres sera effectuée pour quelques composés organiques</p>
<p><b>3.3. Spectrographie de masse : principe et étude de spectres simples</b></p>	<p>Le fonctionnement du spectrographe n'est pas au programme</p>
<p><b>3.4. Radioactivité</b></p> <p>3.4.1. Différents types de radioactivité ; <math>\alpha</math>, <math>\beta^+</math>, <math>\beta^-</math>, capture électronique, <math>\gamma</math></p> <p>3.4.2. Activité d'une source. Loi de décroissance radioactive</p> <p>3.4.3. Énergie libérée</p> <p>3.4.4. Mesure de la radioactivité d'un échantillon. Traceurs</p>	<p>On exclura tout calcul concernant la quantité de mouvement et l'énergie cinétique des particules</p> <p>On parlera des conséquences de la radioactivité sur les molécules organiques et le monde vivant et des protections envisageables</p>

Contenus	Commentaires
<b>3.5. Fluides</b> 3.5.1. Pression d'un fluide : définition 3.5.2. Tension superficielle : mise en évidence, conséquences. Loi de Jurin 3.5.3. Notion de viscosité : – mesure du coefficient de viscosité d'un fluide – formule de Stokes – loi de Poiseuille 3.5.4. Phénomènes de transport : – diffusion : loi de Fick – sédimentation : étude de la décantation – centrifugation, ultracentrifugation	Fluides : les notions de pression, tension superficielle, viscosité sont mises en évidence expérimentalement Les lois associées sont données sans démonstration  On citera quelques viscosimètres et on donnera les relations associées sans démonstration  Phénomènes de transport : résultats donnés sans démonstration en ce qui concerne la centrifugation et l'ultracentrifugation
<b>4. Travaux pratiques</b>	
<p>Un objectif important du programme est l'étude des appareils utilisés : principe de fonctionnement, mode et précautions d'emploi. À l'occasion de cette étude, <i>tant lors des séquences de manipulations que des autres séquences</i>, on se préoccupera des qualités des appareils : fiabilité, précision et du traitement des mesures            Tous les problèmes relatifs à la sécurité seront pris en compte : connaissance des produits, stockage, toxicité, élimination des déchets            Les manipulations seront assistées par ordinateur dans toute la mesure du possible. La mise en œuvre de plans d'expériences pourra être abordée en liaison avec les autres activités technologiques            Les thèmes des manipulations mises en œuvre devront être choisis dans la liste suivante :</p> <p><b>4.1. Conformation et configuration</b>  <b>4.2. Détermination d'une enthalpie de réaction</b>  <b>4.3. pH-métrie</b>            – Dosage de composés polyfonctionnels et de mélanges            – Pouvoir tampon, point isoélectrique  <b>4.4. Potentiométrie</b>            – Dosages redox, détermination de constantes d'équilibre            – Utilisation des électrodes spécifiques aux ions métalliques, anions  <b>4.5. Conductimétrie</b>            – Dosages            – Détermination d'une constante d'équilibre            – Cinétique  <b>4.6. Optique</b>            – Polarisation de la lumière            – Réflexion, réfraction, fibre optique, focométrie</p>	

#### Séances de mise à niveau pour les élèves non issus de la section STL BGB

Ces séances (durée 18 h qui peuvent être réparties en 6 fois 3h) seront organisées sous forme de « TP-cours » autour des thèmes suivants :

#### Acides et bases

Mélanges tampons  
 Ampholytes  
 Polyacides

#### Oxydoréduction

Introduction de la formule de Nernst  
 Potentiométrie

#### Composés peu solubles

Notion de  $K_s$   
 Dosages utilisant un indicateur de fin de réaction et potentiométriques

#### Complexes

Notion de  $K_D$   
 Dosages complexométriques

#### Polarisation de la lumière

Utilisations du polarimètre

#### Réfraction de la lumière

Utilisations du réfractomètre

## Module 9 : Anglais

### Objectifs

Étudier une langue vivante étrangère contribue à la formation intellectuelle et à l'enrichissement culturel de l'individu. Pour l'étudiant de section de technicien supérieur, cette étude est une composante de la formation professionnelle et la maîtrise de la langue anglaise est une compétence indispensable à l'exercice de la profession.

Sans négliger aucun des quatre savoir-faire linguistiques fondamentaux (comprendre, parler, lire et écrire la langue vivante étrangère), on s'attachera à satisfaire les besoins spécifiques à l'activité professionnelle courante et à l'utilisation de la langue anglaise dans l'exercice du métier.

### Compétences fondamentales

Elles seront développées dans les domaines suivants :

- exploitation de la documentation en langue anglaise afférente aux domaines techniques et commerciaux (notices techniques, documentation professionnelle, articles de presse, courrier, fichier informatisé ou non, etc.) ;
- utilisation efficace des dictionnaires et ouvrages de référence appropriés ;
- compréhension orale d'informations ou d'instructions à caractère professionnel et maîtrise de la langue orale de communication au niveau de l'échange de type professionnel ou non, y compris au téléphone ;
- expression écrite, prise de notes, rédaction de comptes rendus, de lettres, de messages, de brefs rapports.

Une liaison étroite avec les professeurs d'enseignement technologique et professionnel est recommandée au profit mutuel de la langue et de la technologie enseignées, dans l'intérêt des étudiants.

### Contenus

#### *Grammaire*

La maîtrise opératoire des éléments morphologiques et syntaxiques figurant au programme des classes de première et terminale constitue un objectif raisonnable. Il conviendra d'en assurer la consolidation et l'approfondissement.

#### *Lexique*

On considérera comme acquis le vocabulaire élémentaire de la langue de communication et le programme de second cycle des lycées.

C'est à partir de cette base nécessaire que l'on devra renforcer, étendre et diversifier les connaissances en fonction des besoins spécifiques de la profession.

#### *Éléments culturels des pays utilisateurs d'une langue vivante étrangère*

La langue vivante étrangère s'entend ici au sens de la langue utilisée par les techniciens et doit être pratiquée dans sa diversité : écriture des dates, unités monétaires, abréviations, heures, etc. En anglais, on veillera à familiariser les étudiants aux formes britanniques, américaines, canadiennes, australiennes.... représentatives de la langue anglaise.

Une attention particulière sera portée à ces problèmes, tant à l'écrit qu'à l'oral.

**ANNEXE II**  
**Modalités de certification**

# Annexe IIa – Unités constitutives du diplôme

Tableau de correspondance entre unités constitutives du référentiel et compétences terminales



Épreuve dédiée à l'évaluation de cette compétence



Épreuve permettant l'évaluation partielle de cette compétence

	U11	U12	U2	U3	U41	U42	U51	U52	U53	U54	U6
C1.1 – Préparer les réactifs et les solutions de travail							C1.1	C1.1	C1.1	C1.1	
C1.2 – Préparer ou prétraiter les échantillons biologiques							C1.2	C1.2	C1.2	C1.2	
C1.3 – Mettre en œuvre des techniques en biochimie et en biophysique							C1.3	C1.3			
C1.4 – Mettre en œuvre des techniques en microbiologie									C1.4		
C1.5 – Mettre en œuvre des techniques utilisant des anticorps							C1.5	C1.5	C1.5	C1.5	
C1.6 – Mettre en œuvre des techniques en biologie moléculaire et en génie génétique							C1.6				
C1.7 – Mettre en œuvre des techniques en génie fermentaire									C1.7		
C1.8 – Mettre en œuvre des techniques en génie enzymatique								C1.8			
C1.9 – Mettre en œuvre des techniques de génie cellulaire										C1.9	
C1.10 – Mettre en œuvre des techniques de prélèvement de tissus ou d'organes chez l'animal											C1.10
C1.11 – Effectuer ou suivre l'entretien et la maintenance de premier et de deuxième niveaux des équipements et des matériels											C1.11
C2.1 – Organiser son activité de travail							C2.1	C2.1	C2.1	C2.1	C2.1
C2.2 – Préparer les équipements et les matériels							C2.2	C2.2			C2.2
C2.3 – Gérer les réactifs et les échantillons biologiques											C2.3
C2.4 – Gérer la santé et la sécurité au travail							C2.4	C2.4	C2.4	C2.4	C2.4
C2.5 – S'intégrer dans une démarche qualité											C2.5
C3.1 – Analyser et exploiter des données ou des résultats	C3.1										
C3.2 – Adapter ou optimiser des protocoles											C3.2
C3.3 – Décoder et interpréter l'information technique		C3.3	C3.3	C3.3	C3.3	C3.3					C3.3
C3.4 – Analyser un dysfonctionnement ou une anomalie											C3.4
C4.1 – Rechercher et collecter l'information											C4.1
C4.2 – Traiter et classer l'information											C4.2
C4.3 – Rendre compte et transmettre l'information							C4.3	C4.3	C4.3	C4.3	C4.3

## Tableau de correspondance entre unités constitutives du référentiel et modules de formation

**X** Sera obligatoirement évalué

**X** Fera l'objet d'une évaluation partielle

	U11	U12	U2	U3	U41	U42	U51	U52	U53	U54	U6
Module 1 : Biologie moléculaire et génie génétique			<b>X</b>				<b>X</b>				<b>X</b>
Module 2 : Biochimie analytique		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>
Module 3 : Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines				<b>X</b>				<b>X</b>			<b>X</b>
Module 4 : Microbiologie et génie fermentaire					<b>X</b>				<b>X</b>		<b>X</b>
Module 5 : Biologie et technologie cellulaires						<b>X</b>				<b>X</b>	<b>X</b>
Module 6 : Bioinformatique et informatique de laboratoire			<b>X</b>	<b>X</b>			<b>X</b>				<b>X</b>
Module 7 : Santé et sécurité au travail							<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Module 8 : Mathématiques	<b>X</b>										
Module 8 : Sciences physiques		<b>X</b>									
Module 9 : Anglais			<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>					<b>X</b>
Module 10 : Expression française			<b>X</b>								

# Annexe IIb – Unités communes à plusieurs spécialités de BTS

## U11 – Mathématiques

L'unité U11, « mathématiques », du brevet de technicien supérieur Biotechnologies et l'unité de mathématiques du brevet de technicien supérieur Bioanalyses et contrôles et du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries agroalimentaires et les bioindustries sont communes.

Les bénéficiaires de l'unité de mathématiques au titre de l'une des spécialités susmentionnées qui souhaitent présenter une autre de ces spécialités sont, à leur demande, pendant la durée de validité du bénéfice, dispensés des épreuves correspondant à l'unité de mathématiques.

Les titulaires de l'une des spécialités susmentionnées qui souhaitent présenter une autre de ces spécialités sont, à leur demande, dispensés des épreuves correspondant à l'unité de mathématiques.

## U12 – Sciences physiques et chimiques

L'unité U12, « sciences physiques et chimiques », du brevet de technicien supérieur Biotechnologies et l'unité de sciences physiques et chimiques du brevet de technicien supérieur Bioanalyses et contrôles et du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries agroalimentaires et les bioindustries sont communes.

Les bénéficiaires de l'unité de sciences physiques et chimiques au titre de l'une des spécialités susmentionnées qui souhaitent présenter une autre de ces spécialités sont, à leur demande, pendant la durée de validité du bénéfice, dispensés des épreuves correspondant à l'unité de sciences physiques et chimiques.

Les bénéficiaires de l'unité de sciences physiques et chimiques au titre de l'une des spécialités susmentionnées qui souhaitent présenter une autre de ces spécialités sont, à leur demande, pendant la durée de validité du bénéfice, dispensés des épreuves correspondant à l'unité de sciences physiques et chimiques.

## U 54 et U 51 – Travaux pratiques de biologie cellulaire et travaux pratiques de biologie moléculaire et génie génétique

Les unités U54 et U51, « travaux pratiques de biologie cellulaire » et « travaux pratiques de biologie moléculaire et génie génétique », du brevet de technicien supérieur Biotechnologies et l'unité de U53 techniques de biologie cellulaire et moléculaire du brevet de technicien supérieur Bioanalyses et contrôles sont communes.

Les bénéficiaires des unités U54 et U51, « travaux pratiques de biologie cellulaire » et « travaux pratiques de biologie moléculaire et génie génétique », du brevet de technicien supérieur Biotechnologies qui souhaitent présenter le brevet de technicien supérieur Bioanalyses et contrôles sont, à leur demande, pendant la durée de validité du bénéfice, dispensés de l'unité de U53, « techniques de biologie cellulaire et moléculaire ».

Les titulaires du brevet de technicien supérieur Biotechnologies qui souhaitent présenter le brevet de technicien supérieur Bioanalyses et contrôles sont, à leur demande, pendant la durée de validité du bénéfice, dispensés de l'unité U53, « techniques de biologie cellulaire et moléculaire ».

## Annexe IIc – Règlement d'examen

BTS Biotechnologies			Voie scolaire dans un établissement public ou privé sous contrat, CFA ou section d'apprentissage habilité	Formation professionnelle continue dans les établissements publics habilités	Voie scolaire dans un établissement privé, CFA ou section d'apprentissage non habilité, formation professionnelle continue dans les établissements publics non habilités ou en établissement privé, enseignement à distance, candidats justifiant de trois ans d'expérience professionnelle			
Épreuves	Unité	Coef.	Forme	Durée	Forme	Durée	Forme	Durée
E1 – Mathématiques et sciences physico-chimiques  Sous-épreuve de mathématiques  Sous-épreuve de sciences physiques et chimiques		2		4 h	CCF			4 h
	U11	1	Ponctuelle écrite	2 h	Deux situations d'évaluation		Ponctuelle écrite	2 h
	U12	1	Ponctuelle écrite	2 h	Deux situations d'évaluation		Ponctuelle écrite	2 h
E2 – Biologie moléculaire et génie génétique	U2	1	Ponctuelle écrite	2 h	Ponctuelle écrite	2 h	Ponctuelle écrite	2 h
E3 – Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines	U3	1	Ponctuelle écrite	2 h	CCF Deux situations d'évaluation		Ponctuelle écrite	2 h
E4 – Biologie des procaryotes et des eucaryotes  Sous-épreuve de microbiologie et génie fermentaire  Sous-épreuve de biologie cellulaire		2		4 h	CCF			4 h
	U41	1	Ponctuelle écrite	2 h	Deux situations d'évaluation		Ponctuelle écrite	2 h
	U42	1	Ponctuelle écrite	2 h	Deux situations d'évaluation		Ponctuelle écrite	2 h
E5 – Travaux pratiques de biotechnologies  Sous-épreuve de travaux pratiques de biologie moléculaire et de génie génétique  Sous-épreuve de travaux pratiques de biochimie des protéines  Sous-épreuve de travaux pratiques de microbiologie et de génie fermentaire  Sous-épreuve de travaux pratiques de biologie cellulaire		4	CCF		CCF			8 h
	U51	1	Deux situations d'évaluation		Deux situations d'évaluation		Ponctuelle pratique	2 h
	U52	1	Deux situations d'évaluation		Deux situations d'évaluation		Ponctuelle pratique	2 h
	U53	1	Deux situations d'évaluation		Deux situations d'évaluation		Ponctuelle pratique	2 h
U54	1	Deux situations d'évaluation		Deux situations d'évaluation		Ponctuelle pratique	2 h	
E6 – Rapport de stage	U6	4	Ponctuelle orale	50 min	CCF Une situation d'évaluation		Ponctuelle orale	50 min
Épreuve facultative – Langue vivante étrangère	UF1	1*	Ponctuelle orale	20 min	Ponctuelle orale		Ponctuelle orale	20 min

\* Seuls les points au-dessus de la moyenne sont pris en compte.

*N.B.* – Afin que le travail demandé à l'examen soit proche de situations vécues en milieu professionnel notamment sur le plan de l'organisation du travail et de la nature pluridisciplinaire des tâches correspondantes, les unités U51, U52, U53 et U54 seront regroupées dans un seul dossier de réalisation et le temps global accordé à leur mise en œuvre sera donc de 8 heures. Le travail demandé fera alors apparaître quatre types de questions se référant aux quatre unités évaluées.

Pour les candidats dispensés de certaines unités, si les activités correspondant à celles-ci sont nécessaires à la poursuite de l'épreuve, les réponses et les résultats attendus leur seront fournis et la durée de l'épreuve sera adaptée au travail à réaliser.

# Annexe IId – Définition des épreuves ponctuelles et des situations d'évaluation en cours de formation

## Épreuve E1 – Mathématiques et sciences physico-chimiques

L'organisation des sous-épreuves de mathématiques et sciences physiques est conforme aux dispositions de la note de service n° 95-238 du 16 octobre 1995 (BO n° 41 du 9 novembre 1995). Chacune des sous-épreuves sera corrigée par des professeurs de la discipline correspondante.

### Unité U11 – Mathématiques

#### *Finalités et objectifs de la sous-épreuve de mathématiques*

Cette épreuve a pour objectifs :

- d'apprécier la solidité des connaissances des étudiants et leur capacité à les mobiliser dans des situations variées ;
- de vérifier leur aptitude au raisonnement et leur capacité à analyser correctement un problème, à justifier les résultats obtenus et apprécier leur portée ;
- d'apprécier leurs qualités dans le domaine de l'expression écrite et de l'exécution soignée de tâches diverses (modélisation de situations réelles, calculs avec ou sans instrument, tracés graphiques).

Il s'agit donc d'évaluer les capacités des candidats à :

- posséder les connaissances figurant au programme ;
- utiliser des sources d'information ;
- trouver une stratégie adaptée à un problème donné,
- mettre en œuvre une stratégie :
  - mettre en œuvre des savoir-faire mathématiques spécifiques à chaque spécialité,
  - argumenter,
  - analyser la pertinence d'un résultat,
  - communiquer par écrit, voire oralement.

#### *Formes de l'évaluation*

##### **Ponctuelle : épreuve écrite, durée 2 heures, coefficient 1**

Les sujets comportent des exercices de mathématiques portant sur des parties différentes du programme et qui devront rester proches de la réalité professionnelle.

La sous-épreuve porte à la fois sur des applications directes des connaissances du cours et sur leur mobilisation au sein de problèmes plus globaux.

Il convient d'éviter toute difficulté théorique et toute technicité mathématiques excessives. La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat moyen de traiter le sujet et de le rédiger posément dans le temps imparti.

L'utilisation des calculatrices pendant l'épreuve est définie par la circulaire n° 86-228 du 28 juillet 1986 (BO n° 34 du 2 octobre 1986).

En tête des sujets doivent figurer les deux rappels suivants :

- la clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies ;
- l'usage des instruments de calcul et du formulaire officiel de mathématiques est autorisé.

##### **Contrôle en cours de formation**

Il comporte deux situations d'évaluation, chacune comptant pour la moitié de la note attribuée à la sous-épreuve. Le niveau d'exigence doit être identique pour le contrôle en cours de formation que pour l'épreuve ponctuelle.

Ces situations d'évaluation, situées respectivement dans la seconde partie et en fin de formation, respectent les points suivants :

- ces évaluations sont écrites, la durée de chacune est voisine de celle correspondant à l'évaluation ponctuelle ;
- les situations d'évaluation comportent des exercices de mathématiques recouvrant un part très large du programme. Dans chaque spécialité, les thèmes mathématiques qu'ils mettent en jeu portent principalement sur les chapitres les plus utiles pour les autres enseignements.

Le nombre de points affectés à chaque exercice est indiqué aux candidats.

Lorsque ces situations d'évaluation s'appuient sur d'autres disciplines, aucune connaissance spécifique à la discipline ne sera exigée.

## Unité U12 : Sciences physiques et chimiques

### *Objectifs et finalités*

L'évaluation des sciences physiques et chimiques a pour objet :

- d'apprécier la solidité des connaissances des candidats, de s'assurer de leur aptitude au raisonnement et à l'analyse correcte d'un problème en rapport avec des activités professionnelles ;
- de vérifier leur connaissance du matériel scientifique et des conditions de son utilisation ;
- de vérifier leur capacité à s'informer et à s'exprimer sur un sujet scientifique.

### *Forme de l'évaluation*

#### **Ponctuelle : épreuve écrite, durée 2 heures, coefficient 1**

Le sujet est constitué d'exercices qui portent sur des parties différentes du programme et qui doivent rester proches de la réalité professionnelle sans que l'on s'interdise de faire appel à des connaissances fondamentales acquises dans les classes antérieures. Il comporte une part d'analyse d'une situation expérimentale ou pratique, au sens de la physique générale, de l'électricité appliquée et des applications numériques.

Il convient d'éviter toute difficulté théorique et toute technicité mathématique excessives. La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat moyen de le traiter et de le rédiger aisément dans le temps imparti.

Le nombre de points affectés à chaque exercice est indiqué sur le sujet.

L'utilisation des calculatrices pendant l'épreuve est définie par la circulaire n° 86-228 du 28 juillet 1986 (BO n° 34 du 2 octobre 1986). En tête du sujet, il sera précisé si la calculatrice est autorisée ou interdite pendant l'épreuve.

La correction de l'épreuve tiendra le plus grand compte de la clarté dans la conduite de la résolution et dans la rédaction de l'énoncé des lois, de la compatibilité de la précision des résultats numériques avec celle des données de l'énoncé (nombre de chiffres significatifs), du soin apporté aux représentations graphiques éventuelles et de la qualité de la langue française dans son emploi scientifique.

### **Contrôle en cours de formation**

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation, de poids identique, situées respectivement dans la seconde partie et en fin de formation.

1. Ces situations d'évaluation sont écrites, chacune a pour durée 2 heures.
2. Les situations d'évaluation comportent des exercices dans lesquels il convient d'éviter toute difficulté ou technicité excessives.
3. Le nombre de points affectés à chaque exercice est indiqué aux candidats afin qu'ils puissent gérer leurs travaux.
4. La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat moyen de traiter le sujet et de le rédiger posément dans le temps imparti.
5. L'usage de la calculatrice pendant les situations d'évaluation est définie par la réglementation en vigueur aux examens et concours relevant de l'éducation nationale.
6. La note finale sur vingt proposée au jury pour l'unité U12 est obtenue en divisant par deux le total des notes résultant des deux situations d'évaluation. Le résultat est arrondi au demi point.

## **Épreuve E2 – Biologie moléculaire et génie génétique**

Cette épreuve à caractère scientifique et technologique doit permettre d'apprécier le niveau des connaissances du candidat dans les domaines de la biologie moléculaire et du génie génétique.

### *Objectifs et finalités*

L'épreuve doit permettre d'apprécier :

- la maîtrise des connaissances scientifiques et techniques ;
- l'aptitude à organiser et à exposer les connaissances ;
- la qualité de l'analyse et du traitement des données fournies ;
- la pertinence et la cohérence des solutions proposées ;
- la clarté et la rigueur de l'expression écrite et de la composition.

### *Formes de l'évaluation*

**Ponctuelle : épreuve écrite, durée 2 heures, coefficient 1**

Le sujet peut comporter des questions indépendantes. Il peut faire appel à l'analyse de documents, éventuellement en langue anglaise, et comporter des exercices simples.

## **Épreuve E3 – Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines :**

Cette épreuve à caractère scientifique et technologique doit permettre d'apprécier le niveau des connaissances du candidat dans le domaine de la biochimie structurale et fonctionnelle des protéines.

### *Objectifs et finalités*

L'épreuve doit permettre d'apprécier :

- la maîtrise des connaissances scientifiques et techniques ;
- l'aptitude à organiser et à exposer les connaissances ;
- la qualité de l'analyse et du traitement des données fournies ;
- la pertinence et la cohérence des solutions proposées ;
- la clarté et la rigueur de l'expression écrite et de la composition.

### *Formes de l'évaluation*

**Ponctuelle : épreuve écrite, durée 2 heures, coefficient 1**

Le sujet peut comporter des questions indépendantes. Il peut faire appel à l'analyse de documents, éventuellement en langue anglaise, et comporter des exercices simples.

### **Contrôle en cours de formation**

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation organisées dans l'établissement de formation par les professeurs responsables des enseignements. Les corps d'inspection veillent au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les deux situations d'évaluation sont écrites et ont chacune une durée de 2 heures et un coefficient de 0,5.

Elles se situent respectivement en fin de première année et en fin de deuxième année.

À l'issue de chaque situation d'évaluation, dont le degré d'exigence est équivalent à celui requis pour l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par les candidats et propose une note. Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous les documents relatifs à l'évaluation (sujets proposés, copies...). Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectorale pour la session considérée et cela jusqu'à la session suivante. Après examen attentif des documents fournis, le jury formule toutes remarques et observations qu'il juge utiles et arrête la note.

## **Épreuve E4 – Biologie des procaryotes et des eucaryotes:**

U41 – Microbiologie et de génie fermentaire

Cette épreuve à caractère scientifique et technologique doit permettre d'apprécier le niveau des connaissances du candidat dans les domaines de la microbiologie et du génie fermentaire.

### ***Objectifs et finalités***

L'épreuve doit permettre d'apprécier :

- la maîtrise des connaissances scientifiques et techniques ;
- l'aptitude à organiser et à exposer les connaissances ;
- la qualité de l'analyse et du traitement des données fournies ;
- la pertinence et la cohérence des solutions proposées ;
- la clarté et la rigueur de l'expression écrite et de la composition.

### ***Formes de l'évaluation***

**Ponctuelle : épreuve écrite, durée : 2 heures, coefficient :1.**

Le sujet peut comporter des questions indépendantes. Il peut faire appel à l'analyse de documents, éventuellement en langue anglaise, et comporter des exercices simples.

### **Contrôle en cours de formation**

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation organisées dans l'établissement de formation par les professeurs responsables des enseignements. Les corps d'inspection veillent au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les deux situations d'évaluation sont écrites et ont chacune une durée de 2 heures et un coefficient de 0,5. Elles se situent respectivement en fin de première année et en fin de deuxième année.

À l'issue de chaque situation d'évaluation, dont le degré d'exigence est équivalent à celui requis pour l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par les candidats et propose une note. Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous les documents relatifs à l'évaluation (sujets proposés, copies...). Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectorale pour la session considérée et cela jusqu'à la session suivante. Après examen attentif des documents fournis, le jury formule toutes remarques et observations qu'il juge utiles et arrête la note.

### **U42 – Biologie cellulaire**

Cette épreuve à caractère scientifique et technologique doit permettre d'apprécier le niveau des connaissances du candidat dans le domaines de la biologie cellulaire et des technologies cellulaires.

### ***Objectifs et finalités***

L'épreuve doit permettre d'apprécier :

- la maîtrise des connaissances scientifiques et techniques ;
- l'aptitude à organiser et à exposer les connaissances ;
- la qualité de l'analyse et du traitement des données fournies ;
- la pertinence et la cohérence des solutions proposées ;
- la clarté et la rigueur de l'expression écrite et de la composition.

### ***Formes de l'évaluation***

**Ponctuelle : épreuve écrite, durée : 2 heures, coefficient :1.**

Le sujet peut comporter des questions indépendantes. Il peut faire appel à l'analyse de documents, éventuellement en langue anglaise, et comporter des exercices simples.

### **Contrôle en cours de formation**

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation organisées dans l'établissement de formation par les professeurs responsables des enseignements. Les corps d'inspection veillent au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les deux situations d'évaluation sont écrites et ont chacune une durée de 2 heures et un coefficient de 0,5. Elles se situent respectivement en fin de première année et en fin de deuxième année.

À l'issue de chaque situation d'évaluation, dont le degré d'exigence est équivalent à celui requis pour l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par les candidats et propose une note. Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous les documents relatifs à l'évaluation (sujets proposés, copies...). Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectorale pour la session considérée et cela jusqu'à la session suivante. Après examen attentif des documents fournis, le jury formule toutes remarques et observations qu'il juge utiles et arrête la note.

## **Épreuve E5 – Travaux pratiques de biotechnologies :**

### **U51 – Travaux pratiques de biologie moléculaire et de génie génétique**

Cette épreuve doit permettre de vérifier que le candidat est capable d'analyser, de mettre en œuvre et d'exploiter les techniques de biologie moléculaire et de génie génétique.

#### *Objectifs et finalités*

L'épreuve permet d'évaluer :

- la maîtrise des savoirs et savoir faire caractéristiques des domaines concernés ;
- la justification des choix méthodologiques et techniques ;
- l'organisation du travail dans le temps et dans l'espace ;
- le traitement et l'exploitation des résultats obtenus.

Elle permet de vérifier essentiellement la compétence C16 mais aussi des compétences spécifiques d'autres domaines comme C13, C15, et des compétences transversales comme C11, C12, C21, C22, C24, C31, C43

#### *Formes de l'évaluation*

##### **Ponctuelle : épreuve pratique, durée 2 heures, coefficient 1**

L'épreuve pratique donne lieu à un compte rendu et peut faire appel aux techniques informatiques et aux techniques de biochimie analytique.

*N.B.* – Afin que le travail demandé à l'examen soit proche de situations vécues en milieu professionnel, notamment sur le plan de l'organisation du travail et de la nature pluridisciplinaire des tâches correspondantes, les unités U51, U52, U53 et U54 seront regroupées dans un seul dossier de réalisation et le temps global accordé à leur mise en œuvre sera donc de 8 heures. Le travail demandé fera alors apparaître quatre types de questions se référant aux quatre unités évaluées.

#### *Contrôle en cours de formation*

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation organisées dans l'établissement de formation par les professeurs responsables des enseignements. Les corps d'inspection veillent au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les deux situations d'évaluation sont pratiques et ont chacune une durée de 3 heures et un coefficient de 0,5.

Elles se situent respectivement en fin de première année et en fin de deuxième année.

À l'issue de chaque situation d'évaluation, dont le degré d'exigence est équivalent à celui requis pour l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par les candidats et propose une note. Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous les documents relatifs à l'évaluation (sujets proposés, copies...). Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectorale pour la session considérée et cela jusqu'à la session suivante. Après examen attentif des documents fournis, le jury formule toutes remarques et observations qu'il juge utiles et arrête la note.

### **U52 – Travaux pratiques de biochimie structurale et fonctionnelle des protéines**

Cette épreuve doit permettre de vérifier que le candidat est capable d'analyser, de mettre en œuvre et d'exploiter les techniques d'étude et d'exploration structurales et fonctionnelles des protéines.

#### *Objectifs et finalités*

L'épreuve permet d'évaluer :

- la maîtrise des savoirs et savoir faire caractéristiques des domaines concernés ;
- la maîtrise des savoirs et savoir faire de biochimie analytique ;
- la justification des choix méthodologiques et techniques ;
- l'organisation du travail dans le temps et dans l'espace ;
- le traitement et l'exploitation des résultats obtenus.

Elle permet de vérifier essentiellement les compétences C18, C13 mais aussi des compétences spécifiques d'autres domaines comme C15, et des compétences transversales comme C11, C12, C21, C22, C24, C31, C43

### *Formes de l'évaluation*

#### **Ponctuelle : épreuve pratique, durée 2 heures, coefficient 1**

L'épreuve pratique donne lieu à un compte rendu et peut faire appel aux techniques informatiques et aux techniques de biochimie analytique.

*N.B.* – Afin que le travail demandé à l'examen soit proche de situations vécues en milieu professionnel, notamment sur le plan de l'organisation du travail et de la nature pluridisciplinaire des tâches correspondantes, les unités U51, U52, U53 et U54 seront regroupées dans un seul dossier de réalisation et le temps global accordé à leur mise en œuvre sera donc de 8 heures. Le travail demandé fera alors apparaître quatre types de questions se référant aux quatre unités évaluées.

#### *Contrôle en cours de formation*

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation organisées dans l'établissement de formation par les professeurs responsables des enseignements. Les corps d'inspection veillent au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les deux situations d'évaluation sont pratiques et ont chacune une durée de 3 heures et un coefficient de 0,5. Elles se situent respectivement en fin de première année et en fin de deuxième année.

À l'issue de chaque situation d'évaluation, dont le degré d'exigence est équivalent à celui requis pour l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par les candidats et propose une note. Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous les documents relatifs à l'évaluation (sujets proposés, copies...). Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectoriale pour la session considérée et cela jusqu'à la session suivante. Après examen attentif des documents fournis, le jury formule toutes remarques et observations qu'il juge utiles et arrête la note.

*N.B.* – Chacune des situations d'évaluation de l'unité U52 pourra être couplée à une situation d'évaluation de l'unité U53 et/ou U54.

#### **U53 – Travaux pratiques de microbiologie et de génie fermentaire :**

Cette épreuve doit permettre de vérifier que le candidat est capable d'analyser, de mettre en œuvre et d'exploiter les techniques de microbiologie et de génie fermentaire.

#### *Objectifs et finalités*

L'épreuve permet d'évaluer :

- la maîtrise des savoirs et savoir faire caractéristiques des domaines concernés ;
- la justification des choix méthodologiques et techniques ;
- l'organisation du travail dans le temps et dans l'espace ;
- le traitement et l'exploitation des résultats obtenus.

Elle permet de vérifier essentiellement les compétences C14, C17 mais aussi des compétences spécifiques d'autres domaines comme C15 et des compétences transversales comme C11, C12, C14, C21, C24, C31, C43

## *Formes de l'évaluation*

### **Ponctuelle : épreuve pratique, durée 2 heures, coefficient 1**

L'épreuve pratique donne lieu à un compte rendu et peut faire appel aux techniques informatiques et aux techniques de biochimie analytique.

*N.B.* – Afin que le travail demandé à l'examen soit proche de situations vécues en milieu professionnel, notamment sur le plan de l'organisation du travail et de la nature pluridisciplinaire des tâches correspondantes, les unités U51, U52, U53 et U54 seront regroupées dans un seul dossier de réalisation et le temps global accordé à leur mise en œuvre sera donc de 8 heures. Le travail demandé fera alors apparaître quatre types de questions se référant aux quatre unités évaluées.

### **Contrôle en cours de formation**

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation organisées dans l'établissement de formation par les professeurs responsables des enseignements. Les corps d'inspection veillent au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les deux situations d'évaluation sont pratiques et ont chacune une durée de 3 heures et un coefficient de 0,5.

Elles se situent respectivement en fin de première année et en fin de deuxième année.

À l'issue de chaque situation d'évaluation, dont le degré d'exigence est équivalent à celui requis pour l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par les candidats et propose une note. Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous les documents relatifs à l'évaluation (sujets proposés, copies...). Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectorale pour la session considérée et cela jusqu'à la session suivante. Après examen attentif des documents fournis, le jury formule toutes remarques et observations qu'il juge utiles et arrête la note.

*N.B.* – Chacune des situations d'évaluation de l'unité U53 pourra être couplée à une situation d'évaluation de l'unité U52 et/ou U54.

### **U54 – Travaux pratiques de biologie cellulaire**

Cette épreuve doit permettre de vérifier que le candidat est capable d'analyser, de mettre en œuvre et d'exploiter les techniques de la biologie cellulaire.

### ***Objectifs et finalités***

L'épreuve permet d'évaluer :

- la maîtrise des savoirs et savoir faire caractéristiques des domaines concernés ;
- la justification des choix méthodologiques et techniques ;
- l'organisation du travail dans le temps et dans l'espace ;
- le traitement et l'exploitation des résultats obtenus.

Elle permet de vérifier essentiellement la compétence C19 mais aussi des compétences spécifiques d'autres domaines comme C15, et des compétences transversales comme C11, C12, C21, C24, C31, C43.

## *Formes de l'évaluation*

### **Ponctuelle : épreuve pratique, durée 2 heures, coefficient :1**

L'épreuve pratique donne lieu à un compte rendu et peut faire appel aux techniques informatiques et aux techniques de biochimie analytique.

*N.B.* – Afin que le travail demandé à l'examen soit proche de situations vécues en milieu professionnel, notamment sur le plan de l'organisation du travail et de la nature pluridisciplinaire des tâches correspondantes, les unités U51, U52, U53 et U54 seront regroupées dans un seul dossier de réalisation et le temps global accordé à leur mise en œuvre sera donc de 8 heures. Le travail demandé fera alors apparaître quatre types de questions se référant aux quatre unités évaluées.

### **Contrôle en cours de formation**

Le contrôle en cours de formation comporte deux situations d'évaluation organisées dans l'établissement de formation par les professeurs responsables des enseignements. Les corps d'inspection veillent au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les deux situations d'évaluation sont pratiques et ont chacune une durée de 3 heures et un coefficient de 0,5. Elles se situent respectivement en fin de première année et en fin de deuxième année.

À l'issue de chaque situation d'évaluation, dont le degré d'exigence est équivalent à celui requis pour l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par les candidats et propose une note. Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous les documents relatifs à l'évaluation (sujets proposés, copies...). Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectorale pour la session considérée et cela jusqu'à la session suivante. Après examen attentif des documents fournis, le jury formule toutes remarques et observations qu'il juge utiles et arrête la note.

### **Épreuve E6 – Soutenance de mémoire et de rapport de stage**

#### *Contenu de l'épreuve*

L'épreuve de soutenance doit permettre d'évaluer les qualités d'expression, de communication et de réflexion des candidats ainsi que la maîtrise des connaissances scientifiques et techniques correspondant au sujet traité.

L'exposé oral ne doit pas excéder 20 minutes. Il comportera la présentation en anglais du résumé du rapport de stage.

Cet exposé sera suivi d'un questionnement qui doit permettre d'apprécier les capacités du candidat à répondre de façon argumentée à des questions techniques sur le sujet choisi. L'étudiant sera en outre interrogé sur ses prestations écrites et orales en anglais. La durée totale du questionnement n'excédera pas 30 minutes.

#### *Évaluation*

L'évaluation portera sur les points suivants :

- Les contenus scientifiques et techniques (évalués dans le rapport et lors de la soutenance) :
  - adéquation du thème du stage aux objectifs de formation ;
  - cohérence du plan ;
  - place du travail réalisé dans le projet ou la thématique du laboratoire ;
  - présentation claire et correcte des techniques ;
  - pertinence et qualité de la réflexion sur l'analyse critique des résultats et leur exploitation ;
  - prolongements possibles et mise en perspective.
- Le travail rédactionnel (évalué dans le rapport) : présentation matérielle du rapport de stage, qualité des illustrations, expression française (orthographe, syntaxe...), pertinence et qualité des documents présentés lors de la soutenance ;
- La communication (évaluée lors de la soutenance) : présentation pertinente du rapport, expression orale, respect du temps imparti, aptitude au dialogue.
- L'expression en langue anglaise.

Cette épreuve permet en outre d'évaluer les compétences C110, C111, C21, C22, C23, C24, C25, C31, C32, C33, C34, C41, C42 et C43.

Le contrôle de conformité du dossier est effectué par les autorités académiques avant l'interrogation. En cas de non-conformité du dossier déposé par le candidat, celui-ci ne peut être interrogé à cette épreuve. Il est alors considéré comme présent mais son dossier non validé et ne peut se voir délivrer le diplôme.

En l'absence de dossier, l'épreuve ne peut se dérouler. Tout candidat sans dossier sera donc informé par la commission de l'impossibilité de conduire l'entretien. En conséquence, il ne pourra se voir délivrer le diplôme.

## *Formes de l'évaluation*

**Ponctuelle : épreuve orale de 50 minutes (20 minutes maximum d'exposé suivi d'un entretien de 30 minutes avec le jury), coefficient 4**

L'attribution des coefficients respectera la répartition :

- Contenus scientifiques et techniques et communication 2
- Expression française 1
- Expression en langue anglaise 1

Le jury sera obligatoirement composé d'un professeur de biochimie-génie biologique, d'un professionnel (qui n'est pas le tuteur du candidat) et d'un professeur d'anglais.

Le maître de stage peut assister à la soutenance en qualité d'observateur. En aucun cas, il ne participera à l'évaluation de l'épreuve.

### **Contrôle en cours de formation**

Une situation d'évaluation orale d'une durée de 50 minutes comportant un exposé du candidat d'une durée de 20 minutes maximum suivie d'un entretien avec le jury.

Cette situation d'évaluation est organisée par l'équipe pédagogique chargée des enseignements technologiques selon les mêmes modalités et les mêmes exigences que l'épreuve ponctuelle à l'exception de la composition du jury dont les professeurs pourront être ceux qui dispensent la formation. L'intervention d'un professionnel d'une entreprise autre que l'entreprise d'accueil est obligatoire.

Les corps d'inspection veillent au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

À l'issue de l'évaluation, l'équipe pédagogique adresse au jury une fiche d'évaluation des prestations du candidat (rapport de stage, soutenance, questionnement) et propose une note. Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous les documents relatifs à l'évaluation (rapport, documents présentés lors de la soutenance...). Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectoriale pour la session considérée et cela jusqu'à la session suivante. Après examen attentif des documents fournis, le jury formule toutes remarques et observations qu'il juge utiles et arrête la note

### **Épreuve facultative : langue étrangère 2**

Cette langue étrangère 2 ne peut être l'anglais.

#### *Modalités*

Épreuve orale.

Durée : 20 minutes + 20 minutes de préparation.

Coefficient : 1.

#### *Définition de l'épreuve*

L'épreuve consiste en un entretien prenant appui sur des documents appropriés.

**ANNEXE III**  
**Prescriptions pour la formation**

## Annexe IIIa – Horaires de formation

Enseignement	Première année Total (cours + TD + TP)	Deuxième année Total (cours + TD + TP)
<b>Enseignements professionnels</b>		
Biologie moléculaire et génie génétique	3 (2 + 0 + 1)	5,5 (2 + 0 + 3,5)
Biochimie analytique	5,5 (1,5 + 0 + 4)	0
Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines	1 (1 + 0 + 0) ( <i>d</i> )	5,5 (2 + 0 + 3,5)
Microbiologie et génie fermentaire	6 (2 + 0 + 4) ( <i>d</i> )	6 (2 + 0 + 4)
Biologie et technologies cellulaires	3,5 (1,5 + 0 + 2)	4,5 (2 + 0 + 2,5)
Bioinformatique et informatique de laboratoire	1,5 (0 + 0 + 1,5)	1 (0 + 0 + 1)
Anglais	2(0 + 2 + 0) ( <i>b</i> )	1 (0 + 1 + 0)
Sécurité	Intégré aux modules	Intégré aux modules
<b>Enseignements généraux</b>		
Expression-Communication ( <i>e</i> )	2 (2 + 0 + 0)	1 (0 + 1 + 0)
Mathématiques	1 (1 + 0 + 0) ( <i>c</i> )	2 (1 + 1 + 0)
Sciences physiques	5 (2 + 1 + 2)	2 (1 + 1 + 0)
Projet pluritechnique encadré ( <i>a</i> )	0,5 (0,5 + 0 + 0)	
<b>Total</b>	<b>31 (13,5 + 3 + 14,5)</b>	<b>28,5 (10 + 4 + 14,5)</b>
<b>Enseignements de soutien</b>		
Anglais ( <i>b</i> )	1 (0 + 1 + 0)	
Mathématiques et sciences physiques ( <i>c</i> )	1 (0 + 1 + 0)	
Biochimie-génie biologique ( <i>d</i> )	1 (0 + 0 + 1)	
<b>Enseignement facultatif</b>		
Langue vivante étrangère	1 (0 + 1 + 0)	1 (0 + 1 + 0)

(a) Cet horaire sera réparti sur l'ensemble de l'équipe pédagogique.

Ce projet pluritechnique encadré nécessite 16 heures de travail de la part des étudiants au cours de la première année de formation, heures regroupées dans l'année scolaire entre janvier et mai, en séances organisées selon un calendrier défini.

(b) En plus de l'horaire indiqué, une heure hebdomadaire complémentaire de TD sera consacrée au soutien des débutants en anglais.

(c) En plus de l'horaire indiqué, une heure hebdomadaire complémentaire de TD ou de « TP-cours » sera consacrée à la mise à niveau des étudiants issus des sections de baccalauréat technologique STL BGB (soit 0,5 h de mathématiques et 0,5 h de sciences physiques et chimiques)

Les étudiants non issus des sections de baccalauréat technologique STL BGB bénéficient également, en plus de l'horaire indiqué, d'une demi-heure hebdomadaire de mise à niveau en Sciences physiques et chimiques sous la forme de « TP-cours ».

(d) En plus de l'horaire indiqué, une heure hebdomadaire complémentaire de travaux pratiques sera consacrée à la mise à niveau des étudiants issus des sections de baccalauréat scientifique (soit 0,5h de TP de biochimie et 0,5h de TP de microbiologie)

(e) En relation avec la profession, 3 heures pourront être consacrées à la préparation du CV et des entretiens de recrutement.

## Annexe IIIb – Objectifs et modalités des stages

Les travaux pratiques seront enseignés à des groupes d'atelier.

En ce qui concerne les enseignements de soutien, les horaires indiqués correspondent à une répartition hebdomadaire sur l'année scolaire. Il est évident que ces enseignements seront prévus surtout en début d'année scolaire et que l'organisation horaire correspondante sera laissée à l'initiative des équipes pédagogiques. Les travaux pratiques devront notamment avoir un horaire suffisant pour permettre la mise en œuvre des techniques et leur exploitation.

Les stages en entreprise doivent permettre :

- d'apprendre à travailler en situation réelle,
- de s'insérer dans une équipe de professionnels et de percevoir l'importance des facteurs humains et des relations sociales au sein de l'entreprise,
- d'acquérir ou d'approfondir ou d'appliquer des méthodologies ou des techniques inscrites au référentiel de certification,
- de conduire une réflexion critique sur les résultats obtenus

La durée totale des stages sera de 15 semaines soit 5 à 6 semaines en 1<sup>ère</sup> année et 9 à 10 semaines en 2<sup>e</sup> année.

### Choix du terrain de stage

Le terrain de stage doit être obligatoirement en adéquation avec les objectifs de la formation professionnelle du BTS Biotechnologies. Il est également impératif que les activités principales du stagiaire comportent la mise en œuvre de techniques en relation avec les travaux de l'équipe d'accueil. S'agissant d'entreprises de production, des regroupements ponctuels organisés en partenariat avec les entreprises de Biotechnologie seront l'occasion d'une première approche de la démarche – qualité (référentiels et normes)

Bien que pouvant être conseillé par l'équipe pédagogique, le candidat doit rester responsable du choix de son terrain de stage.

### Modalités d'organisation

#### Voie scolaire

##### *1<sup>re</sup> année (5 à 6 semaines)*

Cette première période de stage a pour objectifs spécifiques l'approfondissement d'une méthodologie ou d'une technique ou encore l'étude d'une de leurs applications. À cette occasion seront dégagés les problèmes de sécurité, les besoins en équipements et en matières d'œuvre et l'estimation des coûts.

Le maître de stage communique au stagiaire la thématique dans laquelle va s'inscrire son travail ainsi que la liste des techniques que réalisera le stagiaire.

Les professeurs choisissent ensuite avec l'étudiant et le maître de stage la technique ou la méthodologie ou l'application qui fera l'objet d'un approfondissement.

L'étudiant produira un rapport à l'issue de son stage, rapport qui sera soutenu devant un groupe d'étudiants, en présence de professeurs évaluateurs, au cours du 1<sup>er</sup> semestre de la 2<sup>ème</sup> année de formation. Cette évaluation consistera en une appréciation détaillée qui sera consignée dans le livret scolaire.

Ce rapport comprendra d'une part le compte rendu des activités réalisées par le stagiaire et d'autre part le travail d'approfondissement qu'il a conduit.

##### *2<sup>e</sup> année (9 à 10 semaines)*

Au cours de cette deuxième période de stage, l'étudiant est intégré dans une équipe de recherche ou recherche-développement et participe aux travaux de cette équipe. Son travail sera identifié dans le cadre d'un projet du laboratoire ou d'une thématique de recherche.

L'évaluation du stage sera faite conjointement par le tuteur et le professeur et fera l'objet d'une appréciation détaillée qui sera reportée sur le livret scolaire de l'étudiant.

À l'issue de son stage, l'étudiant produira un rapport qui décrira le travail réalisé, les techniques et les méthodes utilisées. Il présentera et discutera également les résultats obtenus.

C'est ce rapport qui fera l'objet d'une soutenance à l'examen (épreuve E6, Unité U60).

Les candidats devront avoir obtenu de leur responsable de stage l'autorisation d'utiliser les informations publiées dans leur rapport écrit. Il leur sera rappelé à cette occasion que cette épreuve ne saurait les libérer de l'obligation de respecter le secret professionnel.

Enfin, s'il paraît légitime que les professeurs donnent à leurs étudiants des outils en matière d'expression et de communication, voire des conseils sur le plan des contenus, l'aide ainsi procurée ne doit en aucun cas se transformer en un bachotage de l'épreuve.

### ***Rédaction des rapports de stage***

Hors figures, bibliographie, index, lexiques et annexes diverses, le corps de chacun des rapports (1<sup>re</sup> ou 2<sup>e</sup> année) ne devra pas dépasser 20 pages dactylographiées, en format A4, police de type Times 11 ou 12, marges de 2 cm et texte justifié, interligne simple.

Le volume des annexes ne devra pas excéder 10 pages. Les illustrations seront disposées en regard des textes.

Le rapport comportera, en quatrième de couverture, un résumé en anglais de 20 lignes.

Tout en bénéficiant de conseils de la part des enseignants ou du maître de stage, la rédaction du rapport doit rester un travail personnel et original du candidat.

### **Voie de l'apprentissage**

Pour les apprentis, les certificats de stage sont remplacés par la photocopie du contrat de travail ou par une attestation de l'employeur confirmant le statut du candidat comme apprenti dans son entreprise.

### **Voie de la formation continue**

#### ***Candidats en situation de première formation ou de reconversion***

Les modalités des stages sont identiques à celles de la voie scolaire.

#### ***Candidats en situation de perfectionnement***

Les certificats de stage peuvent être remplacés par un ou plusieurs certificats de travail attestant que l'intéressé a occupé, en qualité de salarié à temps plein pendant six mois, au cours de l'année précédente, des fonctions en relation avec la finalité du BTS biotechnologie.

Ces candidats doivent fournir un rapport d'activités professionnelles au sein duquel ils détailleront une activité de leur choix. Ce document constituera le support de l'évaluation pour l'épreuve de soutenance de projet.

#### ***Cas des candidats relevant de la formation à distance***

Ces candidats relèvent, selon leur statut (voie scolaire, apprentissage, formation continue) de l'un des cas précédents.

#### ***Cas des candidats se présentant au titre de leur expérience professionnelle***

Les certificats de stage sont remplacés par un ou plusieurs certificats de travail justifiant de la nature et de la durée de l'emploi occupé.

Ces candidats doivent fournir un rapport d'activités professionnelles qui constituera le support de l'évaluation de l'épreuve de soutenance de projet.

## **Annexe IIIc – Projet pluritechnique encadré**

Une partie des activités de la première année de formation est consacrée à la réalisation d'un projet pluritechnique encadré (PPE). Ce projet a pour objectifs de mettre en œuvre la créativité des étudiants, d'exploiter et de prolonger les savoirs scientifiques et technologiques acquis durant leur formation, de développer leurs capacités de réflexion autonome, de favoriser l'apprentissage du travail en équipe et l'entraînement à la recherche documentaire.

Ces travaux seront donc conduits en équipe (les groupes de travail seront constitués de 2 à 4 étudiants selon l'importance du sujet à traiter) et aboutiront à une production écrite ou informatique ou audio-visuelle. Ils ne mobiliseront à aucun moment les installations et le matériel de laboratoire. Ils pourront, par contre, intégrer des observations expérimentales ou des résultats obtenus en travaux pratiques. Les ressources documentaires disponibles de l'établissement et de ses moyens de communication (notamment les TIC et les réseaux Intranet et Internet) pourront être mobilisées pour mener à bien ces activités.

Les thématiques choisies par les étudiants ou proposées par les entreprises aborderont des parties du programme de formation avec une autre approche, notamment une approche pluridisciplinaire.

Centré sur des aspects technologiques, ce travail pourra être élargi sur le plan scientifique ou épistémologique ou éthique ou juridique...

Les sujets choisis seront au préalable validés par les professeurs de biochimie-génie biologique.

En outre, le professeur aura un rôle d'accompagnement et de conseil dans la délimitation du champ du sujet, la recherche documentaire, le suivi du projet et le choix de la forme de la production.

La nécessaire mutualisation des productions sera envisagée sous la forme d'exposés ou de débats argumentés.

Indépendamment de la nature de la production collective, chaque étudiant fournira une note de synthèse personnelle de deux pages maximum résumant le travail accompli et la bibliographie réalisée. La production collective sera présentée devant la classe en présence des professeurs évaluateurs.

L'ensemble du travail fera l'objet d'une évaluation chiffrée et d'une appréciation détaillée qui seront consignées dans le livret scolaire.



## **ANNEXE IV**

### **Tableau de correspondance entre les épreuves de l'ancien et du nouveau BTS**

<b>BTS Biotechnologie créé par l'arrêté du 7 avril 1998</b>	<b>BTS Biotechnologie créé par le présent arrêté</b>
E 1 – Français	
E 2 – Langue vivante étrangère	
U31 – Mathématiques	U 1 1 – Mathématiques
U32 – Sciences physiques	U 1 2 – Sciences physiques et chimiques
U4 – Sciences biologiques fondamentales et génie biologique	E 2 – Biologie moléculaire et génie génétique + E 3 – Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines + U 4 1 – Microbiologie et génie fermentaire + U 4 2 – Biologie cellulaire
U 5 1 – Étude de projet	E 2 – Biologie moléculaire et génie génétique + E 3 – Biochimie structurale et fonctionnelle des protéines + U 4 1 – Microbiologie et génie fermentaire + U 4 2 – Biologie cellulaire
U 5 2 – Réalisation pratique d'opérations de génie biologique	U51 – Travaux pratiques de Biologie moléculaire et de génie génétique + U52 – Travaux pratiques de Biochimie des protéines + U53 – Travaux pratiques de microbiologie et de génie fermentaire + U54 – Travaux pratiques de Biologie cellulaire
E 6 – Soutenance de rapport de stage ou d'activités professionnelles	E 6 – Rapport de stage
EF1 – Langue vivante étrangère	EF1 – Langue vivante étrangère