

Annexe 2

Programme de biotechnologies de première STL

Sommaire

Préambule

Objectifs de formation

Repères pour l'enseignement

Liens avec les autres enseignements de STL

Modalités de lecture du programme

Travailler ensemble au laboratoire de biotechnologies

A – S'initier à la recherche expérimentale et à la démarche de projet en biotechnologies

B – Prévenir les risques au laboratoire de biotechnologies

C – Obtenir des résultats de mesure fiables

D – Utiliser des outils numériques en biotechnologies

Acquérir les fondamentaux technologiques et scientifiques des biotechnologies

1 – Observer la diversité du vivant à l'échelle microscopique

2 – Cultiver des micro-organismes

3 – Caractériser pour identifier les micro-organismes

4 – Réaliser un dénombrement de micro-organismes présents dans un produit biologique

5 – Préparer des solutions utilisables au laboratoire

6 – Déetecter et caractériser les biomolécules

7 – Séparer les composants d'un mélange

8 – Déterminer la concentration d'une biomolécule dans un produit biologique

Thématisques pour l'enseignement de biotechnologies

Préambule

L'enseignement de spécialité de biotechnologies s'inscrit dans la continuité des enseignements scientifiques du collège et de la seconde. Par une approche concrète au laboratoire, il vise à développer des compétences scientifiques et technologiques en biotechnologies, lesquelles sont définies par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) comme « un domaine d'études et d'applications valorisant le vivant à des fins utiles à l'être humain en produisant des connaissances, des biens ou des services ». Cet enseignement est assuré par des professeurs ayant des compétences solides de pratique en laboratoire de biotechnologies qui permettent une mise en œuvre rigoureuse des manipulations, l'acquisition de la démarche de préventions des risques au laboratoire et la transmission des fondamentaux de la métrologie. Ils sont également capables de faire acquérir tous les concepts scientifiques qui sous-tendent les méthodes du laboratoire ainsi que le raisonnement scientifique associé qui permet de formuler une hypothèse, d'élaborer un protocole expérimental et d'analyser les résultats d'une expérience.

Objectifs de formation

L'enseignement de spécialité de biotechnologies vise la formation scientifique et technologique en biologie des élèves au cours du cycle terminal. Le programme de première assure l'acquisition de certains des concepts fondamentaux, en particulier scientifiques, nécessaires à la poursuite d'études dans le supérieur. Ils sont approfondis en classe terminale simultanément à l'introduction de nouveaux concepts.

Les connaissances et les capacités visées sont validées au cours de la classe terminale. Les objectifs sont les suivants :

- développer sa curiosité dans différents domaines scientifiques ;
- mettre en œuvre en autonomie des activités expérimentales en biotechnologies ;
- acquérir la rigueur d'une démarche expérimentale par une confrontation au réel ;
- construire un raisonnement scientifique pour émettre et répondre à des hypothèses ;
- s'approprier la démarche d'analyse par l'approche expérimentale ;
- développer une pensée réflexive et critique ;
- formuler une argumentation rigoureuse et structurée ;
- s'investir dans un projet et prendre des initiatives.

Cet enseignement contribue au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre.

Repères pour l'enseignement

L'enseignement repose principalement sur des activités technologiques contextualisées dont la plupart sont à réaliser au laboratoire de biotechnologies. Il permet l'accès aux concepts scientifiques et technologiques. Les élèves manipulent individuellement afin d'acquérir progressivement une pratique solide du laboratoire. Ils peuvent être également amenés à se partager les tâches afin de travailler en complémentarité au sein de petits groupes.

L'enseignement vise à découvrir et acquérir des concepts fondamentaux de biologie et de biotechnologies nécessaires à des études supérieures. Il prend appui sur les activités technologiques proposées afin que l'élève atteigne les objectifs de formation visés.

Les objectifs d'acquisition des savoir-faire technologiques visés en fin de formation s'intègrent dans une logique de progressivité entre la classe de première et la classe terminale, et reposent sur une approche itérative. Ainsi, certaines techniques essentielles,

comme les dosages spectrophotométriques ou la culture de micro-organismes, sont réalisées plusieurs fois dans des situations différentes afin de permettre l'acquisition d'un réel savoir-faire.

La contextualisation des activités technologiques repose sur les propositions de thématiques de biotechnologies qui constituent la dernière partie de ce programme. La construction de l'enseignement de biotechnologies fait donc appel à l'initiative et la créativité pédagogique du professeur.

Liens avec les autres enseignements de STL

L'enseignement de spécialité de biotechnologies développe des liens avec l'enseignement de spécialité biochimie-biologie et avec celui de physique-chimie et mathématiques. Il mobilise en particulier des outils mathématiques pour traiter les résultats expérimentaux obtenus par les élèves au laboratoire et des fondamentaux de chimie pour la mise en œuvre de certaines manipulations de biochimie au laboratoire.

Grâce à une forte contextualisation au sein des multiples domaines dans lesquels sont utilisées les biotechnologies, cet enseignement est le support des situations d'apprentissage du co-enseignement d'ETLV qui conduit au développement de compétences en langue étrangère, en particulier en langue anglaise, privilégiée pour la communication scientifique.

En outre, des liens avec l'enseignement moral et civique permettent d'explorer les résonances avec les questions de société et les enjeux éthiques des biotechnologies. Ainsi, les questions de société peuvent donner lieu à un travail interdisciplinaire au sein d'une équipe pédagogique, associant les professeurs de lettres, d'histoire-géographie, de sciences économiques et de philosophie.

Modalités de lecture du programme

Le programme est constitué de huit modules disciplinaires :

- 1 – observer la diversité du vivant à l'échelle microscopique,
- 2 – cultiver des micro-organismes,
- 3 – caractériser pour identifier les micro-organismes,
- 4 – réaliser un dénombrement de micro-organismes présents dans un produit biologique,
- 5 – préparer des solutions utilisables au laboratoire,
- 6 – détecter et caractériser les biomolécules,
- 7 – séparer les composants d'un mélange,
- 8 – déterminer la concentration d'une biomolécule dans un produit biologique,

portant sur le cœur des biotechnologies, et de quatre modules transversaux. Les activités mises en œuvre sont contextualisées dans des thématiques qui relèvent des différents domaines des biotechnologies. Ainsi, les savoir-faire, attitudes et concepts essentiels permettant de « travailler ensemble au laboratoire de biotechnologies » traversent les « fondamentaux technologiques et scientifiques des biotechnologies » et composent un enseignement permettant l'acquisition de compétences et de savoirs associés :

- s'initier à la recherche expérimentale et à la démarche de projet en biotechnologies ;
- prévenir les risques au laboratoire de biotechnologies ;
- obtenir des résultats de mesure fiables ;
- utiliser des outils numériques en biotechnologies.

Les concepts à maîtriser (colonne centrale) sont associés aux savoir-faire visés (colonne de gauche) et sont acquis par la mise en œuvre d'activités technologiques proposées (colonne de droite). Dans la colonne présentant les concepts, la mise en relation de deux mots par une barre oblique attire l'attention sur le risque de confusion possible par les élèves et la

nécessité d'en distinguer explicitement le sens. Les deux premières colonnes constituent également un outil d'auto-évaluation pour les élèves qui souhaitent apprécier leurs acquis.

Les activités technologiques proposées sont représentatives des situations d'apprentissage propices aux acquis visés. Si elles ne sont ni exhaustives, ni toutes obligatoires, certaines sont incontournables.

Les symboles  et  permettent de distinguer les activités à réaliser au laboratoire  et les activités mobilisant le numérique .

La double flèche  symbolise des liens particuliers à établir avec d'autres modules du programme ou disciplines connexes.

La dernière partie de ce programme propose des exemples de thématiques de contextualisation dans les différents domaines des biotechnologies qu'il convient de mobiliser pour chaque activité technologique. L'enseignement se construit donc par un croisement des modules disciplinaires et des modules transversaux en contextualisant les activités dans une thématique relevant des biotechnologies.

Travailler ensemble au laboratoire de biotechnologies

Les modules transversaux permettent de développer des savoir-faire et attitudes faisant appel aux concepts fondamentaux. Ces savoir-faire et concepts sont utilisés dans les activités des différents modules disciplinaires. Leur mobilisation de manière itérative assure des acquis solides et pérennes. La recherche documentaire, la mise en œuvre expérimentale, la réflexion sur la procédure, l'approche calculatoire sont des occasions de mener un travail entre pairs. En revanche, les élèves doivent pouvoir s'investir individuellement dans des activités technologiques de laboratoire.

A – S'initier à la recherche expérimentale et à la démarche de projet en biotechnologies

L'initiation à la démarche de recherche en biologie mobilise les fondamentaux de l'ensemble des quatre modules transversaux. Le questionnement sur les avancées techniques en biotechnologies au cours de l'histoire permet de développer une réflexion éthique sur les conséquences de la recherche actuelle.

Cette démarche d'initiation à la recherche peut être mise en œuvre aussi bien lors des activités technologiques disciplinaires qui engagent toute la classe que dans le cadre de projets de groupe, en collaboration éventuelle avec des chercheurs en biologie. Cette initiation apporte les prérequis nécessaires au projet mené en terminale.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Enjeux des biotechnologies		
- Situer les évolutions majeures des biotechnologies dans une perspective historique. - Illustrer, par un exemple, une application des biotechnologies dans chaque domaine.	■ Biotechnologies blanches (domaine des procédés industriels), bleues (domaine de la biodiversité marine), vertes (domaine de l'agriculture), rouges (domaine de la santé), jaunes (domaine de la protection de l'environnement).	 Analyse de documents, d'articles scientifiques des domaines d'application. ↔ Biochimie-biologie
- S'interroger sur les aspects éthiques de l'application des biotechnologies sur les êtres vivants et l'environnement.	■ Bioéthique. ■ Opinion/point de vue.	Recherche documentaire scientifique ciblée et confrontation.
Mise en œuvre d'un projet au laboratoire de biotechnologies		
- Collaborer au sein du groupe. - Formuler un questionnement technologique ou scientifique à partir d'un besoin. - Proposer une expérience.	■ Écoute. ■ Argumentation. ■ Respect mutuel.	 Mise en œuvre de travaux de groupe. Confrontation d'idées, d'expériences ou d'interprétations.
- Mettre en œuvre une procédure expérimentale. - Exploiter les résultats. - Rendre compte par un travail écrit ou oral.	■ Hypothèse. ■ Procédure. ■ Témoin. ■ Conditions expérimentales.	 Compte rendu d'observation ou d'expérience. Valorisation du travail au sein du lycée.

B – Prévenir les risques au laboratoire de biotechnologies

Pour évoluer en autonomie au laboratoire, les élèves identifient les dangers, analysent les risques encourus, appliquent les mesures de prévention adaptées. En classe de première, il n'est pas attendu que les élèves proposent les mesures de prévention mais qu'ils acquièrent la démarche d'analyse des risques.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Lexique associé à la prévention des risques		
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier un danger biologique, chimique, électrique. - Mettre en relation les dangers et les risques encourus au laboratoire. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Danger/risque. ■ Classes de danger biologique. ■ Pictogramme. ■ Mentions de danger/mentions d'avertissement. 	 Analyse de données de sécurité d'étiquettes lors d'utilisation de produits chimiques dangereux.  Utilisation de situations de la vie quotidienne pour distinguer danger, risque et dommage.
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les différentes voies d'exposition relatives à un danger en lien avec la chaîne de transmission. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mode d'exposition/voie d'exposition. 	Représentation des voies de transmission sur un schéma du corps humain : contact, inhalation, ingestion.
Démarche d'analyse des risques		
<ul style="list-style-type: none"> - Distinguer le risque pour le manipulateur et l'environnement, du risque pour le produit. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Risque. ■ Mesures de prévention. 	 Mise en évidence d'éléments contribuant à la prévention des risques (lavage des mains avant et après manipulation).
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier au sein d'une situation de travail une situation exposante. - Dégager au sein d'une situation exposante, les événements dangereux les plus probables. - Faire le lien entre le risque, la probabilité d'apparition du dommage et sa gravité. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Situation exposante au danger. ■ Événements déclencheurs. ■ Dommage. ■ Probabilité des risques. ■ Évaluation des risques. 	Analyse du logigramme de procédures opératoires pour identifier situations exposantes et événements dangereux. Évaluation du risque menée dans différentes situations exposantes.
<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en relation les mesures de prévention proposées et l'analyse des risques. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Poste de travail. ■ Équipements de protection collective. ■ Équipements de protection individuelle. 	Analyse <i>a posteriori</i> de la procédure associée aux mesures de prévention appliquées.

Mise en œuvre des mesures de prévention en lien avec les situations de travail

<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre une gestuelle adaptée aux risques analysés. - Appliquer une procédure de désinfection de la paillasse. - Appliquer une procédure de lavage des mains. - Choisir le conteneur à déchets adapté. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Désinfection. ■ Déchets chimiques. ■ Déchets à risque infectieux (déchets d'activités de soin à risques infectieux : DASRI). 	<ul style="list-style-type: none"> → Observation entre pairs de l'application des mesures de prévention. → Exploration de l'efficacité de différents désinfectants. → Étude de l'influence de la durée et du mode de lavage des mains. <p>Analyse de la procédure pour identifier la nature des déchets.</p>
---	--	---

C – Obtenir des résultats de mesure fiables

La métrologie étant indispensable à toute démarche d'assurance qualité, il est important d'acquérir, dès le lycée, les éléments fondamentaux de cette culture métrologique par leur mobilisation soutenue et réfléchie lors d'activités expérimentales en laboratoire.

L'exploitation de résultats expérimentaux nécessite de maîtriser quelques prérequis mathématiques tels que la conversion d'unités, les puissances de 10, la règle de proportionnalité, la résolution d'équations du premier degré, les écritures scientifique et décimale, la règle d'arrondi.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Lexique d'initiation à la métrologie et conventions d'écriture		
<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser les symboles des grandeurs. - Mettre en lien une grandeur dérivée et les grandeurs de base associées. - Respecter les conventions d'écriture des grandeurs en associant les indices adaptés et les unités. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grandeurs de base. ■ Grandeurs dérivées. ■ Mesurage/mesurande. ■ Valeur d'une grandeur. ■ Indices. ■ Unité. 	<p>💻 Découverte du vocabulaire au travers de techniques ludo-pédagogiques.</p> <p>Vérification, à l'aide des unités, de la correspondance entre une grandeur dérivée et ses grandeurs de base.</p> <p>Illustration de l'importance des indices (entité, matrice) associés aux grandeurs.</p>
Caractéristiques des instruments de mesure et des appareillages		
<ul style="list-style-type: none"> - Choisir un instrument en tenant compte de ses caractéristiques métrologiques. - Utiliser un appareil de mesure à l'aide d'une fiche technique. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fiabilité. ■ Intervalle de confiance des indications. ■ Verrerie « ex ». ■ Verrerie « in ». 	<ul style="list-style-type: none"> → Comparaison des caractéristiques métrologiques du matériel. → Utilisation des fiches techniques des appareils avec gain progressif d'autonomie.

Principales caractéristiques d'un mesurage

<ul style="list-style-type: none"> - Repérer les étapes de mesure d'une procédure. - Identifier les points critiques d'une procédure opératoire. - Qualifier les caractéristiques métrologiques d'une procédure. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indication de mesure/mesurande. ▪ Points critiques. ▪ Spécificité. ▪ Seuil de détectabilité. ▪ Grandeur d'influence. ▪ Intervalle de mesures. 	 Choix de pipettes de caractéristiques métrologiques différentes pour prélever un volume.  Comparaison de la spécificité et du seuil de détectabilité de deux méthodes de dosage des glucides.  Mise en évidence de l'influence de la température sur la durée d'une réaction enzymatique.
---	--	--

Étalonnage à l'aide d'une solution étalon

<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser la relation d'étalonnage avec un étalon unique ou une courbe d'étalonnage pour déterminer la valeur mesurée. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Étalon unique. ▪ Gamme d'étalonnage. 	 Mise en œuvre d'étalonnages en colorimétrie, en turbidimétrie, en volumétrie.
---	---	--

Utilisation du modèle de mesure pour exprimer le résultat de mesure

<ul style="list-style-type: none"> - Etablir l'équation aux grandeurs à partir du modèle de mesure. - Etablir l'équation aux unités d'après l'équation aux grandeurs. - Etablir l'équation aux valeurs numériques. - Valider un calcul effectué. - Utiliser les règles d'écriture scientifique. - Exprimer le résultat de mesure à l'aide de l'incertitude donnée. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modèle de mesure. ▪ Grandeurs d'entrée. ▪ Grandeur de sortie. ▪ Valeur mesurée/résultat de mesure. ▪ Exposant. ▪ Incertitude. 	Établissement de l'équation aux grandeurs à partir du modèle de mesure en lien avec l'enseignement de mathématiques. Vérification de l'homogénéité de l'équation aux unités.  Physique – chimie et mathématiques  Module 4
--	--	---

Vérification de l'acceptabilité des valeurs mesurées

<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un document de métrologie pour vérifier l'exactitude de mesure grâce à un étalon de contrôle. - Utiliser un document de métrologie pour statuer sur l'acceptabilité des valeurs mesurées. - Rechercher l'origine d'un défaut d'exactitude. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exactitude de mesure. ▪ Erreur systématique. ▪ Erreur aléatoire. ▪ Erreur grossière. ▪ Intervalle d'acceptabilité. ▪ Erreur maximale tolérée. ▪ Étalon contrôle. 	 Utilisation d'un étalon contrôle lors des dosages spectrophotométriques et volumétriques.  Comparaison des rôles de l'étalon de dosage et de l'étalon contrôle.  Repérage des erreurs grossières et de leurs conséquences.
---	--	---

D – Utiliser des outils numériques en biotechnologies

Les biotechnologies offrent des situations variées qui mobilisent et renforcent les compétences numériques acquises au collège pour obtenir et traiter les résultats expérimentaux, visualiser les biomolécules dans l'espace, mener un travail collaboratif, présenter des conclusions, communiquer à l'écrit et à l'oral.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
- Utiliser un logiciel de visualisation 3D de molécules d'intérêt biologique.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Représentation spatiale. ▪ Interactivité. 	 À l'aide d'un logiciel simple, initiation à la visualisation dans l'espace des molécules d'ADN, de protéines, d'oses. ↔ Biochimie-biologie
<ul style="list-style-type: none"> - Consulter des bases de données. - Trier les ressources. - Élaborer une bibliographie, une sitographie. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mot clé. ▪ Filtre. ▪ Requête. ▪ Base de données/moteur de recherche. ▪ Pertinence de l'information : identification de la source et évaluation de sa fiabilité. 	 Réalisation de recherches documentaires dans le cadre d'activités technologiques ou d'un projet de groupe, avec l'aide du professeur documentaliste. ↔ Module A
- Exploiter les résultats expérimentaux avec un tableur ou un logiciel dédié.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tableur – grapheur. ▪ Cellule. ▪ Fonctions mathématiques. ▪ Courbe de tendance. 	 Utilisation de logiciels pour traiter des résultats obtenus au laboratoire : courbe de croissance ou d'étalonnage, exploitation statistique, etc. ↔ Modules 4 et 8
- Partager des documents en ligne.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Outils collaboratifs. ▪ Documents partagés. 	 Co-construction d'un document en utilisant un outil collaboratif. ↔ Module A
<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser un support de présentation orale. - Réaliser un document écrit structuré pour rendre compte d'une démarche. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lisibilité. ▪ Rigueur scientifique. ▪ Schématisation. ▪ Synthèse. ▪ Hiérarchisation. 	 Valorisation des activités de laboratoire par des communications externes à la classe.  Utilisation de gratuiciels pour la planification d'un projet.  Production d'un document numérique intégrant une image, une vidéo, un son. Entraînement à la présentation orale d'un projet. ↔ Module A ↔ Français (expression écrite et orale)

Acquérir les fondamentaux technologiques et scientifiques des biotechnologies

1 – Observer la diversité du vivant à l'échelle microscopique

L'observation de cellules nécessite la réalisation de préparations microscopiques et l'utilisation maîtrisée du microscope optique. Elle permet une première approche de la classification des micro-organismes dans le monde vivant.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser un état frais à partir d'une suspension bactérienne en milieu liquide. - Mettre en œuvre la coloration de Gram. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mobilité bactérienne. ▪ Coloration différentielle. 	<ul style="list-style-type: none"> ⌚ Réalisation d'états frais à partir d'eau de fleur, d'une culture en milieu liquide, d'une colonie isolée. ⌚ Réalisation de colorations simples. ⌚ Réalisation de colorations de Gram à partir de produits polymicrobiens.
<ul style="list-style-type: none"> - Maîtriser la démarche d'utilisation du microscope optique. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oculaire/objectif. ▪ Grossissement. ▪ Champ microscopique. 	<ul style="list-style-type: none"> ⌚ Observation de préparations fournies ou réalisées : états frais, frottis, coupes histologiques.
<ul style="list-style-type: none"> - Estimer la taille d'un élément microscopique. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grandissement/grossissement. ▪ Échelle. 	<ul style="list-style-type: none"> 💻 Mesure de la taille de cellules sur des microphtographies. ⌚ Utilisation d'un oculaire micrométrique ou du quadrillage d'un hématimètre. <p>↔ Biochimie-biologie</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Dessiner une observation microscopique pour schématiser une structure. - Compléter un dessin ou un schéma par un titre, une échelle, des annotations. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fidélité de représentation. ▪ Dessin d'observation/schéma. 	<ul style="list-style-type: none"> ⌚ Production de dessins d'observation d'appareil sporifère de moisissure, de leucocytes, de cellules végétales. ⌚ Description d'observations microscopiques, de microphtographies. 💻 Description de films de préparations microscopiques.
<ul style="list-style-type: none"> - Différencier un cliché de microscopie optique et un cliché de microscopie électronique. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Critères de reconnaissance des types de microscopie. ▪ Échelle. 	<p>Comparaison de différents clichés obtenus avec différents types de microscope.</p> <p>↔ Biochimie-biologie</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les éléments caractéristiques des cellules observées. - Distinguer les types cellulaires d'une bactérie, d'une micro-algue, d'une levure. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Critères de reconnaissance cytologique des cellules. ■ Eucaryote/procaryote. ■ Bactéries/levures. ■ Micro-algues. ■ Arbre phylogénétique. 	 Repérage de structures cellulaires particulières utiles à la classification des êtres vivants. ⇔ Biochimie-biologie
---	---	--

2 – Cultiver des micro-organismes

La culture des micro-organismes au laboratoire impose de travailler en milieu aseptique ou avec du matériel stérile. Le choix des milieux de culture nécessite de prendre en compte les besoins nutritionnels des micro-organismes. Un produit naturel étant le plus souvent poly-microbien, il est nécessaire de le mettre en culture en milieu solide afin de pouvoir isoler et caractériser chaque micro-organisme d'intérêt qui le compose.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Travail en milieu aseptique au laboratoire de microbiologie		
<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer les méthodes de stérilisation du matériel pour protéger l'échantillon. - Organiser le poste de travail. - Manipuler en conditions d'asepsie avec des milieux stériles. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Micro-organismes environnementaux. ■ Niveau de confinement. ■ Désinfection/stérilisation. ■ Aseptique/stérile. 	 Mise en évidence de micro-organismes par prélèvement de surfaces diverses, d'air, d'eau.  Comparaison d'ensemencements en zone d'asepsie ou non, avec des instruments stériles ou non.
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les mesures contribuant à protéger le manipulateur ou l'environnement d'une contamination par une culture. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Risque biologique. 	Démarche d'analyse et de prévention des risques. ⇔ Module B

Conditions nutritionnelles et milieux de culture

<ul style="list-style-type: none"> - Faire le lien entre les deux types trophiques des micro-organismes non exigeants et leurs besoins nutritionnels. - Choisir un milieu de culture adapté aux besoins nutritionnels d'un micro-organisme. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Source d'énergie. ▪ Source de carbone. 	 Étude comparée de la croissance de micro-organismes sur des milieux en fonction de la composition en nutriments. Choix d'un milieu de culture adapté à un micro-organisme à l'aide d'une fiche technique.
<ul style="list-style-type: none"> - Prendre en compte les paramètres physico-chimiques de culture en fonction des micro-organismes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conditions physico-chimiques de culture. ▪ Aérobiose. 	 Mise en évidence de l'effet du pH, de la température, de la concentration ionique en Na^+ , de la teneur en dioxygène sur la croissance d'un micro-organisme.
<ul style="list-style-type: none"> - Choisir un milieu d'orientation par acidification en vue de l'isolement d'un micro-organisme d'intérêt. - Choisir un milieu sélectif en vue de l'isolement d'un micro-organisme d'intérêt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Milieu sélectif. ▪ Milieu d'isolement. ▪ Milieu d'orientation. 	 Identification des agents inhibiteurs, d'un indicateur de pH, d'un substrat fermentescible, à partir de la composition de milieux de culture.  Étude comparée de cultures après ensemencement de produits polymicrobiens sur des milieux d'orientation sélectifs.
<ul style="list-style-type: none"> - Préparer un milieu de culture et le conditionner en suivant une procédure. - Repérer un barème de stérilisation et un manomètre sur un autoclave. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stérilisation. ▪ Conditionnement. ▪ Autoclave. 	 Préparation et stérilisation de milieux de culture en boîte de pétri ou en tube, en collaboration avec le personnel de laboratoire.  Préparation d'un milieu de culture liquide par ajout d'un composé thermosensible stérilisé par filtration.  Présentation d'un autoclave par le personnel de laboratoire habilité.
<ul style="list-style-type: none"> - Ensemencer un milieu de culture liquide. - Ensemencer un milieu de culture solide. - Définir température et durée d'incubation. - Identifier un milieu de culture pour garantir sa traçabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inoculum. ▪ Turbidimétrie. ▪ Paramètres d'incubation. 	 Ajustage de l'inoculum à l'aide d'un étalon de Mac Farland.  Étude comparée de cultures ensemencées en milieux solides à l'aide de différents instruments stériles.  Observation et description d'un milieu liquide ensemencé après incubation.

<ul style="list-style-type: none"> - Décrire une colonie bactérienne à l'aide des caractères macroscopiques. - Observer un isolement pour repérer un contaminant. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Colonne. ■ Pureté. ■ Contaminant. 	 Repérage de contaminants sur la base d'une description de colonies.  Comparaison d'une croissance sur gélose ordinaire et sur gélose sélective.
---	---	---

3 – Caractériser pour identifier les micro-organismes

L'identification d'un micro-organisme nécessite d'étudier une souche pure et de comparer les caractères morphologiques, culturaux et métaboliques à ceux de micro-organismes référencés dans des tableaux d'identification. En classe de première, il convient de se limiter aux caractères morphologiques. Les caractères métaboliques et cultureaux peuvent être évoqués à titre d'exemple et seront étudiés en terminale.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Nomenclature et classification		
<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser les règles d'écriture de la nomenclature des bactéries pour les taxons suivants : familles, genres, espèces. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hiérarchie de la classification. ■ Taxon. 	 Analyse d'un dendrogramme représentant la proximité génétique des espèces, genres et familles de bactéries à l'aide du pourcentage de similitude entre taxons.
Exploitation des caractères morphologiques des micro-organismes pour leur identification		
<ul style="list-style-type: none"> - Déterminer la forme, la taille et le mode de groupement des bactéries en vue de leur identification. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Caractères microscopiques morphologiques. 	 Comparaison des caractères microscopiques morphologiques de différentes souches sur des colorations de Gram.
<ul style="list-style-type: none"> - Distinguer les levures des bactéries par leur morphologie : forme, taille, présence de bourgeon. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Critères différentiels. 	 Réalisation d'état frais de produit fermenté comportant des levures vivantes et des coques.

4 – Réaliser un dénombrement de micro-organismes présents dans un produit biologique

La démarche de dénombrement permet d'obtenir une concentration en cellules dans l'échantillon. Elle implique de connaître la quantité de produit analysé et de choisir la technique adaptée. En classe de première, seuls le dénombrement après culture en milieu solide et la numération directe en cellule de comptage sont réalisés afin d'être maîtrisés.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Réaliser un dénombrement par numération directe au microscope		
- Réaliser une numération directe au microscope en cytomètre manuel (hématimètre).	▪ Cellule de comptage.	 Numérations directes de levures ou de micro-algues au microscope en cytomètre manuel.
Réaliser un dénombrement après culture en milieu solide		
- Préparer une suspension à partir d'un produit ou d'un échantillon.	▪ Inoculum/échantillon.	 Préparation quantitative d'une suspension par pesée à partir d'un échantillon à forte concentration en cellules (levure déshydratée, produit alimentaire, terre, etc.) avec calcul des dilutions à réaliser.
- Déterminer par le calcul les dilutions à réaliser.	▪ Dilutions en série.	
- Effectuer les dilutions décimales àensemencer.	▪ Dilutions décimales.	
- Exploiter un résultat de dénombrement après culture en milieu solide.	▪ Colonie/levure.	 Dénombrement des levures présentes dans une colonie isolée ou dans une préparation commerciale.
- Ensemencer un volume exact de l'échantillon préparé.	▪ Unité Formant Colonies (UFC).	 Ensemencements en surface et dans la masse.
- Interpréter le résultat d'un dénombrement en lien avec le contexte.	▪ Inoculum ajusté. ▪ Valeur de référence réglementaire.	Calcul, démarche métrologique et expression des résultats.  Module C
- Mettre en œuvre des méthodes de dénombrement en milieu solide et par numération directe.	▪ Critère microbiologique. ▪ Méthode normalisée.	 Comparaison des contraintes matérielles et des résultats d'un dénombrement d'une même suspension initiale.
	▪ Cellules revivifiables.	

5 – Préparer des solutions utilisables au laboratoire

La préparation de solutions nécessite de prendre en compte les caractéristiques de la solution à préparer, de choisir le matériel approprié, de poser les calculs utiles et d'adapter ses gestes en conséquence. Ce savoir-faire est utile dès la classe de première et indispensable en terminale et pour la poursuite d'études.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier dans une procédure de préparation de solution les grandeurs d'entrée et la grandeur de sortie. - Concevoir une procédure de préparation de solution par pesée, par dilution. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Masse exacte. ▪ Concentration en masse. ▪ Concentration initiale/concentration finale. ▪ Dilution/facteur de dilution. 	<p>Analyse de procédures variées. ⇔ Module D</p> <p>Confrontation des procédures écrites par un groupe d'élèves pour la réalisation d'une solution.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Choisir le matériel de précision adapté pour préparer une solution. - Réaliser une pesée, une mesure de volume avec une gestuelle maîtrisée. - Mettre en œuvre une procédure de préparation de solution. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conservation de la matière. ▪ Exactitude. 	 Utilisation de solutés colorés pour visualiser l'absence de perte de matière et la notion de dilution.  Analyse des points critiques de la préparation d'une solution par pesée ou par dilution.

6 – Déetecter et caractériser les biomolécules

Les biomolécules peuvent être détectées et caractérisées par leurs propriétés biochimiques ou physiques. Il s'agit d'une approche qualitative pour repérer la présence de la molécule mais sans évaluer sa quantité ou sa concentration. Ces méthodes sont remobilisées en terminale.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Détection d'une biomolécule par un réactif chimique		
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier le réactif chimique dans une procédure. - Analyser un résultat qualitatif. - Proposer une procédure opératoire de détection. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spécificité du réactif. ▪ Témoin positif. ▪ Témoin négatif. 	 Détection de protéines, acides aminés, glucose, amidon. Élaboration de la procédure opératoire de détection.  Biochimie-biologie
Caractérisation d'une biomolécule chromophore par son spectre d'absorption		
<ul style="list-style-type: none"> - Choisir le type de cuve adapté à la procédure opératoire. - Réaliser un spectre d'absorption. - Déterminer la longueur d'onde optimale. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spectre d'absorption. ▪ Absorbance maximale/longueur d'onde optimale. ▪ Zéro de l'appareil. 	 Comparaison des absorbances d'une même solution pour différents types de cuves et différentes longueurs d'onde.  Réalisation et comparaison du spectre de différents chromophores (colorants alimentaires, pigments).
Détection d'une enzyme par son activité biologique		
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier le(s) substrat(s) spécifique(s) de l'enzyme recherchée. - Mettre en œuvre la détection de l'enzyme à pH et température fixés. - Analyser un résultat qualitatif. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Test qualitatif. ▪ Réaction enzymatique. ▪ Témoin positif. ▪ Témoin négatif. ▪ Spécificité. ▪ pH optimal. ▪ Température optimale. 	Exploitation d'une fiche technique pour relever des informations utiles à la détection de l'enzyme.  Détection des activités PAL (phosphatase alcaline), POD (peroxydase) dans les laits frais, pasteurisés.  Vérification de la spécificité de substrat de l'enzyme en remplaçant un substrat par une molécule très proche.  Biochimie-biologie

7 – Séparer les composants d'un mélange

Les composants d'un mélange sont séparés, soit pour être identifiés à l'aide de solutions « témoin » ou de référence, soit pour être collectés dans des solutions distinctes. Seules les techniques chromatographiques sont étudiées en première. Les principes des techniques électrophorétiques seront étudiés en terminale, en s'appuyant sur le programme de physique-chimie et mathématiques. Ils peuvent cependant être présentés succinctement et utilisés dès la classe de première, dans le cadre de projets nécessitant d'y recourir.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Séparation des biomolécules par chromatographie sur couche mince		
<ul style="list-style-type: none"> - Associer les propriétés biochimiques des molécules à séparer avec la nature des phases utilisées. - Réaliser la procédure de la chromatographie sur couche mince en tenant compte des points critiques. - Critiquer la qualité du chromatogramme obtenu. - Identifier les biomolécules séparées par comparaison à des étalons. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chromatographie analytique. ▪ Phase fixe. ▪ Phase mobile. ▪ Liaisons faibles. ▪ Force d'entraînement. ▪ Force de rétention. ▪ Étalonnage par comparaison. ▪ Détection. 	 Mise en œuvre d'une chromatographie sur couche mince (CCM) pour séparer et identifier des glucides, des acides aminés, des alcools constitutifs des huiles essentielles à l'aide de leur rapport frontal.  Identification des points critiques de la procédure : taille des dépôts, composition de la phase mobile, durée de la migration, qualité de l'exploitation pour des spots de petite et de grande taille.  Mise en évidence de la limite de détection.
Séparation des biomolécules par chromatographie d'échanges d'ions dans le but de les purifier		
<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer l'établissement de liaisons ioniques entre les molécules à séparer et les constituants des phases. - Réaliser la procédure de la chromatographie sur colonne en tenant compte des points critiques. - Critiquer la qualité de la séparation. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chromatographie préparative. ▪ Phase fixe chargée/phase mobile. ▪ Force de rétention/force d'entraînement. ▪ Fixation/lavage/élution. 	 Mise en œuvre d'une chromatographie d'échanges d'ions, en colonne ou en batch, pour séparer et récupérer les composants d'un mélange (par exemple d'acides aminés).  Détection de molécules par dépôt d'un spot de chaque fraction récupérée, sur couche de silice et révélation immédiate ou bien identification par CCM.

8 – Déterminer la concentration d'une biomolécule dans un produit biologique

La détermination de la concentration d'une biomolécule dans un produit biologique s'effectue par des méthodes de dosages volumétriques ou spectrophotométriques utilisant des réactifs chimiques ou enzymatiques en référence ou non à une solution étalon.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour l'enseignant, en cours d'année
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
Dosage d'une biomolécule par spectrophotométrie		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Analyser une procédure pour déterminer la composition des milieux réactionnels. ■ Établir le tableau de manipulation d'un dosage avec une gamme d'étalonnage. ■ Mettre en œuvre la procédure de dosage, en respectant les conditions opératoires. ■ Établir la relation de proportionnalité entre l'absorbance d'un chromophore et sa concentration. ■ Analyser une procédure pour qualifier la nature enzymatique ou chimique d'un dosage. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chromophore/ chromogène. ■ Loi de Beer Lambert. ■ Conditions opératoires. ■ Dosage en point final. ■ Étalon unique. ■ Gamme d'étalonnage. 	 Établissement de la loi de Beer-Lambert en mesurant la variation d'absorbance en fonction de la concentration d'un composé naturellement coloré.  Mise en œuvre du dosage de biomolécules chromophores (colorant alimentaire, ADN, protéines, pigments chlorophylliens).  Mise en œuvre du dosage de biomolécules en point final (en présence d'un réactif chimique ou enzymatique). ⇒ Module C
Dosage d'une biomolécule par volumétrie		
<ul style="list-style-type: none"> - Analyser une procédure pour identifier la solution à doser et la solution étalon en lien avec l'équation de la réaction chimique du dosage. - Réaliser un schéma conventionnel du dosage. - Déterminer le volume équivalent à l'aide d'un indicateur coloré. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Solution à doser/ solution étalon. ■ Équation de la réaction du dosage. ■ Équivalence. ■ Oxydo-réduction. ■ Réaction acido-basique. 	 Étalonnage par pesée d'une poudre étalon ou par prélèvement d'un volume de solution étalon.  Dosage direct de l'acide éthanoïque du vinaigre blanc.  Dosage direct de la vitamine C par le DCPIP (2,6-dichlorophénolindophénol). ⇒ Module C

Thématisques pour l'enseignement de biotechnologies

L'enseignement de biotechnologies doit être contextualisé pour donner du sens aux situations d'apprentissage. Pour cela, il s'appuie sur des thématiques qui s'articulent les unes avec les autres au sein de différents domaines d'application, représentatifs des secteurs d'activité utilisant des biotechnologies, en particulier la santé, les bio-industries, l'environnement et le développement durable.

Pour chaque thématique, les activités technologiques proposées facilitent l'acquisition des savoir-faire et des concepts fondamentaux. Ni exhaustives, ni limitatives, elles peuvent être adaptées en fonction du tissu professionnel local et des formations supérieures proposées par l'établissement, en particulier les sections de technicien supérieur du secteur des biotechnologies.

Art et culture	
Conservation du patrimoine	<ul style="list-style-type: none"> - Lutte contre les moisissures (papier, bois) et les lichens (pierre). - Bio-reconstruction des bâtiments. - Utilisation d'amylase pour décoller les anciens documents.
Reconstitution historique	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche d'ADN dans des échantillons biologiques.
Bio-Art	<ul style="list-style-type: none"> - Culture de micro-organismes et participation à des concours artistiques. - Production de bio-cuir.
Santé	
Exploration fonctionnelle et diagnostic médical	<ul style="list-style-type: none"> - Analyses de sang. - Analyses microbiologiques et biochimiques des urines. - Analyses microbiologiques de pus. - Diagnostic d'une pathologie : histologie, dosages biochimiques et analyses microbiologiques.
Prophylaxie et traitement	<ul style="list-style-type: none"> - Hygiène et sécurité dans le domaine hospitalier : prévention des maladies nosocomiales. - Antibiothérapie, sérothérapie, phagothérapie.
Bio-industries	
Hygiène des locaux	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité microbiologique des surfaces. - Aérobiocontamination. - Efficacité de la désinfection.
Agro-alimentaire	
Produits laitiers	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôles qualité d'un lait : analyses microbiologiques, immunologiques et biochimiques. - Méthodes de conservation du lait. - Fabrication du yaourt, de fromage, de lait sans lactose.

Boissons fermentées	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication de bière, de cidre, d'hydromel, de vin, de kéfir ou de vinaigre. - Croissance en bioréacteur. - Traitement du produit fini : pasteurisation, filtration.
Probiotiques	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication d'un probiotique.
Autres aliments	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôles qualité biochimiques, microbiologiques et de la qualité nutritionnelle. - Recherche d'OGM, de mycotoxines.

Pharmaceutique et cosmétique

Médicaments	<ul style="list-style-type: none"> - Mesure de l'action d'antibiotiques. - Recherche de molécules actives. - Contrôle qualité biochimique : excipient et principe actif. - Comparaison entre médicament princeps et molécules génériques. - Production par génie génétique.
Cosmétiques	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication de produits cosmétiques. - Évaluation de l'efficacité d'un conservateur (challenge-test). - Analyse des paramètres physicochimiques.

Transition écologique et développement durable

Chimie verte	<ul style="list-style-type: none"> - Production d'un bioplastique. - Test de la biodégradabilité de produits ménagers « faits maison ».
Bio-carburants	<ul style="list-style-type: none"> - Agro-carburants et algo-carburants.
Bioluminescence	<ul style="list-style-type: none"> - Mobiliers urbains sans électricité.
Agriculture biologique et raisonnée	<ul style="list-style-type: none"> - Bio-insecticides : toxine « Bt » de <i>Bacillus thuringiensis</i>. - Fertilisant écologique. - Permaculture et aquaponie. - Caractérisation ou identification génétique de variétés cultivées (semences anciennes, sylviculture, etc.).

Environnement	
L'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité microbiologique et biochimique. - Impact d'une pollution nitrate sur la biodiversité. - Recherche de bactériophages.
Le sol	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche d'actinomycètes. - Qualité d'un sol et impact sur l'agriculture. - Lombricomposteur.
Dépollution	<ul style="list-style-type: none"> - Élaboration ou fonctionnement d'une station d'épuration. - Biométhanisation. - Puits à CO₂, biofaçades.