

## Limites et commentaires relatifs au programme de biotechnologies en classe terminale

### 1. Biotechnologies : éthique, impact économique et démarche technologique

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites		Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Biotechnologies et société</b>	Impact économique, valeur ajoutée d'un produit. Regard critique sur la médiatisation des biotechnologies. Éthique (en lien avec l'enseignement de philosophie).	Cette partie est à traiter sur l'ensemble de l'année. Le travail interdisciplinaire avec d'autres professeurs (philosophie, ETLV ...) est à encourager.	1	a	Se questionner sur les conséquences des applications et des procédés des biotechnologies, en lien avec l'actualité.	L'élève doit savoir repérer les biotechnologies dans le quotidien et l'actualité.
			1	b	Développer sa responsabilité de citoyen face aux questions de la bioéthique.	L'élève doit être sensibilisé et être capable d'argumenter une position ou un avis.
			1	c	Conduire une recherche documentaire.	L'élève doit utiliser les outils mis à disposition et savoir citer les sources bibliographiques retenues (lien avec les professeurs documentalistes).
			1	d	Travailler en équipe.	
<b>Démarche spécifique aux activités de biotechnologies</b>	Principes scientifiques des méthodes utilisées. Principes technologiques des techniques utilisées. Prévention des risques. Gestion des déchets. Obtention du résultat.	L'élève doit être capable de mener une démarche d'analyse du protocole et d'analyse des risques à l'aide d'une documentation adaptée.	1	e	Justifier les étapes essentielles d'un protocole et faire le lien avec le principe.	L'élève explique simplement la nécessité de chaque étape importante.
			1	f	Identifier les paramètres-clés (points critiques) d'une méthode influençant les résultats.	
			1	g	Mettre en œuvre un protocole en modifiant l'un des paramètres.	Cette mise en œuvre peut être envisagée lors du projet technologique.
			1	h	Identifier les étapes critiques d'une méthode pour prévenir les risques.	
			1	i	Respecter un protocole, une méthode normalisée.	La normalisation doit être mise en œuvre dans un contexte pertinent.

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences
<b>Démarche spécifique aux activités de biotechnologies</b>			1 j	Identifier le caractère objectif (mesurage) ou subjectif (observation) d'un critère de détermination d'un résultat.	
<b>Exploitation des résultats et qualité</b>	Fidélité, justesse d'une méthode. Exactitude d'une mesure. Étalonnage. Incertitude sur la mesure. Qualité d'une manipulation. Logigramme de décision.	L'élève doit réinvestir régulièrement les notions acquises en classe de première, dans tous types d'activités technologiques.  <i>Le document de métrologie actualisé et utilisé dans les enseignements de "Mesure et instrumentation" et de "Biotechnologies" apporte les éléments nécessaires au calcul, à l'analyse des valeurs mesurées et à l'expression d'un résultat de mesure.</i>	1 k	Évaluer une méthode en prenant compte la dispersion des résultats.	Les élèves doivent être capables d'exploiter des documents supports pour mener à bien l'évaluation de la dispersion des valeurs mesurées en conditions de répétabilité intra-laboratoire. Les élèves doivent savoir évaluer le défaut de justesse d'une procédure de mesure en déterminant le biais.
			1 l	Évaluer une méthode en déterminant le biais...	
			1 m	Étalonner un appareil de mesure (pH mètre, etc.).	Il s'agit d'ajuster l'appareil de mesure. Une notice sera fournie systématiquement.
			1 n	Étalonner une méthode dans des conditions opératoires données.	L'élève utilise les caractéristiques fournies par un document. L'élève étalonne une procédure de mesure donnée sur un appareil de mesure donné (exemple : dosage spectrophotométrique).
			1 o	Rendre un résultat : utiliser un contrôle pour valider la qualité d'une manipulation.	L'élève utilise un étalon de contrôle pour vérifier la qualité de la manipulation.
			1 p	Rendre un résultat : déterminer l'erreur de mesure pour quantifier l'exactitude d'un résultat.	L'élève calcule l'erreur de mesure à partir de la valeur de référence et de l'équation aux grandeurs données. L'élève quantifie ainsi le défaut d'exactitude de la mesure effectuée.

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
Exploitation des résultats et qualité			1	q	Rendre un résultat : exprimer un résultat avec une incertitude associée à un niveau de confiance.	A l'aide des documents, l'élève calcule $U$ à partir de $u_c$ et arrondit la valeur retenue de façon à rendre le résultat en adéquation avec l'arrondi de $U$ .
			1	r	Comparer un résultat à un critère.	L'élève doit être capable d'extraire un critère de référence d'un document et le confronter au résultat de mesure pour conclure.
			1	s	Critiquer un résultat.	L'élève doit savoir replacer le résultat dans son contexte.

## 2. Analyse microbiologique d'un produit polymicrobien

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
La démarche de l'analyse microbiologique : recherche et/ou dénombrement	Méthode qualitative et méthode quantitative : mise en évidence d'au moins un microorganisme ou estimation de la concentration cellulaire.	L'élève doit être capable d'expliquer le choix d'une méthode qualitative ou d'une méthode quantitative. L'élève est capable de décrire les différentes étapes d'un dénombrement.	2	a	Comparer deux protocoles d'analyse d'un produit biologique.	A partir de la présentation de protocoles d'analyses, l'élève doit être capable d'expliquer la pertinence de la procédure de mesure utilisée dans le contexte.
	Pour l'analyse d'un produit pathologique en biologie médicale.	A partir de documents, l'élève doit être capable de choisir le milieu adapté pour mettre en évidence un	2	b	Mettre en relation l'objectif recherché et la démarche de dénombrement ou de recherche en fonction du contexte.	

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Les étapes de la recherche d'une flore particulière dans un produit polymicrobien</b>	Pour le contrôle de la qualité microbiologique d'un produit en bio-industries	<p>microorganisme.</p> <p>L'élève doit être capable, à partir de documents, d'identifier les principales étapes de recherche d'un microorganisme pathogène dans un contexte donné.</p> <p>L'élève doit être capable, à partir de documents, d'identifier les principales étapes du contrôle du produit.</p> <p>Les élèves seront formés à la démarche de prévention quel que soit le niveau de confinement du laboratoire.</p> <p><i>Le document 3RB actualisé et utilisé dans l'enseignement de "Biotechnologies" apporte les éléments nécessaires à la démarche de prévention et aux choix des manipulations possibles au laboratoire.</i></p>	2	c	Isoler des microorganismes.	<p>On pourra étudier des microorganismes de groupe 2 dans le cas où l'environnement (laboratoire, équipement, déchets...) le permet.</p> <p>L'élève peut observer les colonies isolées à partir d'échantillons de contenu et de dangerosité non connus (échantillons prélevés dans l'environnement, produits bioindustriels, flores commensales...), mais il ne manipule pas les colonies obtenues quel que soit le niveau de confinement.</p>
	Revivification.Enrichissement sélectif ou non.Isolement sélectif ou non.Discrimination des colonies suspectes.IdentificationGroupage ou sérotypage.	L'élève doit comprendre les objectifs de chacune des étapes de la recherche ou de l'identification et savoir les mettre en œuvre à partir de documents fournis.	2	d	Choisir des milieux sélectifs pertinents pour la recherche d'une catégorie de microorganismes.	L'élève s'appuie sur des documents précisant la composition et le rôle des composants de ces milieux.
			2	e	Identifier des microorganismes : choisir les tests discriminants pour identifier un microorganisme.	L'élève s'appuie sur des documents pour choisir et mettre en œuvre les tests discriminants d'identification.

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
Les étapes de la recherche d'une flore particulière dans un produit polymicrobien			2	f	Mettre en œuvre une identification de bactéries ou de levures par une galerie miniaturisée.	
			2	g	Utiliser un logiciel d'identification et/ou une base de données taxonomique.	L'élève s'appuie sur la procédure d'identification fournie avec le logiciel.
			2	h	Analyser un résultat de sérotypage sur un microorganisme.	L'élève s'appuie sur des documents.
Méthodes de dénombrement d'une flore d'un produit polymicrobien	Filtration sur membrane. Dénombrement en milieu liquide. Dénombrement en masse ou en surface. Dénombrement par observation directe.	Chaque méthode sera illustrée par un exemple .	2	i	Choisir une méthode de dénombrement adaptée.	L'élève utilise les caractéristiques fournies par un document en fonction d'un contexte donné. L'élève doit être capable d'extraire un critère de référence d'un document et le confronter-au résultat de mesure pour conclure.
			2	j	Exploiter les résultats de dénombrement d'une unité d'échantillonnage en la comparant à un critère microbiologique.	
			2	k	Exploiter une méthode normalisée de dénombrement d'une catégorie de microorganismes.	Les méthodes normalisées doivent être utilisées pour le produit pour lequel elles ont été éditées.
			2	l	Mettre en œuvre au moins deux méthodes de dénombrement.	Les deux méthodes mises en œuvre sont des méthodes avec mise en culture.
			2	m	Comparer deux méthodes de dénombrement.	Actuellement, la norme en vigueur préconise l'utilisation <b>d'une boîte par dilution.</b>

### 3. Croissance microbienne

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Modélisation de la croissance en milieu non renouvelé</b>	<p>Courbe de croissance. Phases de la croissance. Paramètres cinétiques de la croissance. Effecteurs de la croissance. Applications industrielles de la croissance en bioréacteurs. Notion de croissance optimale.</p>	<p>Notions appréhendées à partir de résultats obtenus en AT ou de documents (applications industrielles). La modélisation sera faite en lien avec l'enseignement de mathématiques.</p>	3	a	Mettre en œuvre un suivi de croissance d'une bactérie ou d'une levure.	Mise en œuvre en erlen ou en fermenteur dans le but de suivre la croissance, sans viser la maîtrise de l'outil.
			3	b	Exploiter une courbe de croissance.	Repérer les différentes phases de la croissance. Se limiter à la courbe $\ln(X \text{ ou } A \text{ ou } DO \text{ ou } N) = f(t)$ . A l'aide du graphe et des équations aux grandeurs fournies, calculer les paramètres $\mu_{\text{expo}}$ ou $Q_{\text{Xexpo}}$ et G.
			3	c	Déterminer les paramètres cinétiques.	L'élève utilise des données fournies ou les données qu'il a obtenues.
			3	d	Identifier/étudier les paramètres d'influence ou effecteurs.	
<b>Les agents antimicrobiens inhibiteurs de la croissance</b>	<p>Notion d'antiseptie, de désinfection et de stérilisation.</p> <p>Techniques de réduction de la charge microbienne.</p> <p>Étude de l'effet des procédés de destruction ou des molécules antimicrobiennes.</p> <p>Antibiotiques et antibiothérapie</p>	<p>Ne pas détailler les structures biochimiques des antibiotiques. Montrer à l'aide d'un schéma les différents modes d'action possibles (bactéricides, bactériostatiques). Pour la technique de réduction de charge microbienne, l'inactivation des enzymes du lait par la chaleur pourra être évoquée. Pour la modélisation mathématique de la destruction et ses limites, on se limitera à l'aspect qualitatif de l'interaction durée/température.</p>	3	e	Réaliser un test microscopique de viabilité cellulaire.	Utilisation du bleu trypan, du bleu de méthylène ou bleu de Funk pour des levures ; ne pas entrer dans l'explication du processus de coloration.
			3	f	Étudier l'effet de la température et de la durée d'exposition sur la destruction bactérienne.	Étude menée soit à l'aide de documents, soit à partir d'une activité technologique.
			3	g	Réaliser une technique de réduction de charge microbienne	Par exemple : challenge test, réduction de la charge en fonction de l'exposition aux UV, T°C... ; dans ce contexte, il est pertinent d'utiliser le log.
			3	h	Mettre en évidence l'effet d'un antimicrobien, conservateur, antiseptique ou désinfectant.	Toutes les techniques peuvent être envisagées (liquide, solide...).
			3	i	Déterminer la CMI d'un	L'élève réalise une CMI par

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
				antimicrobien vis-à-vis d'une bactérie ou d'une levure.	dilution de l'antibiotique pour appréhender le concept de CMI.	
			3	j	Réaliser un antibiogramme.	Une méthode standardisée est conseillée.
			3	k	Exploiter les résultats d'un antibiogramme.	On se limitera à l'utilisation d'un abaque de lecture avec son mode d'emploi.
<b>Les bactériophages, virus lytiques ou lysogènes des bactéries</b>	Cycle phagique.		3	l	Réaliser un dénombrement de phages par plages de lyse sur une souche sensible par la méthode en double couche ou la méthode des spots.	La suspension de phages n'est pas préparée par les élèves.
	Applications au laboratoire.		3	m	Analyser une courbe de croissance ou de fermentation en présence d'un bactériophage lytique.	L'élève est capable de différencier une courbe de croissance avec ou sans phages.
			3	n	Analyser une méthode de microbiologie appliquée en mettant en évidence le rôle particulier des bactériophages.	Choisir une application des phages pour montrer leur rôle dans la lysotypie, leur rôle de vecteur ou de témoin de contamination. A réaliser en lien avec CBSV.

## 4. Microorganismes

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Culture de cellules eucaryotes</b>	Type trophique et conditions de culture. Composition d'un milieu de culture cellulaire eucaryote. Conditions de culture de cellules eucaryotes animales ou végétales.	Cette partie sera étudiée en lien avec CBSV.	4	a	Étudier l'influence des paramètres de la culture cellulaire, éventuellement à partir de documents technologiques.  Mettre en évidence l'influence de la lumière sur la culture de cellules photosynthétiques.	Une culture d'algues peut être envisagée ; les paramètres de culture peuvent être suivis par EXAO.
			4	b		
<b>Les champignons microscopiques</b>	Moisissures Levures	Le vocabulaire employé doit servir à distinguer les différents genres rencontrés et sera limité (exemples : spores, hyphes cloisonnés ou non). Les fonctions de ces structures morphologiques ne seront pas abordées.  <i>Le document 3RB actualisé et utilisé dans l'enseignement de "Biotechnologies" apporte les éléments nécessaires à la démarche de prévention et aux choix des manipulations possibles au laboratoire.</i>	4	c	Observer et décrire les caractéristiques morphologiques macroscopiques et microscopiques des moisissures : caractéristiques communes, caractéristiques spécifiques.	Les moisissures seront choisies en fonction de leur intérêt morphologique en évitant les souches présentant des risques biologiques importants conformément aux principes de précaution.
			4	d	Utiliser les caractéristiques spécifiques pour la classification : appareil reproducteur, cloisonnement du mycélium.	
			4	e	Observer et décrire les caractéristiques morphologiques des levures.	A l'aide d'un document de référence, les caractéristiques spécifiques ne sont abordées que pour l'identification du genre.
			4	f	Réaliser un auxanogramme pour identifier une levure.	La réalisation de l'auxanogramme permettra à l'élève d'aborder la notion de source de carbone.
			4	g	Conduire une démarche d'identification à partir de résultats obtenus pour les principaux caractères d'identification discriminants.	L'élève s'appuie sur des documents pour conclure sur l'identification de genre et d'espèce.



## 5. Préparation et analyse biochimique des produits biologiques

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Méthodes de fractionnement</b>	Intérêt du fractionnement pour l'étude d'un produit biologique.	Être capable de repérer les techniques utilisées dans les différentes étapes d'une purification et d'expliquer leur intérêt. Distinguer une technique préparative d'une technique analytique.	5	a	Choisir et mettre en œuvre une méthode de fractionnement en fonction des propriétés des biomolécules à séparer.	A partir de documents ou d'expérimentations dans le cadre d'un contexte technologique, l'élève est capable d'expliquer le principe général des méthodes utilisées, d'expliquer son choix.
	Principe du suivi d'une purification d'une molécule au sein d'un produit complexe.					
	Méthodes de fractionnement, préparatoires ou analytiques, en lien avec les propriétés des biomolécules.	5	b	Associer des techniques unitaires pour extraire ou purifier des biomolécules.		
	Technologies du fractionnement et de la détection associée, appareillages intégrés.					
<b>Méthodes de détection et d'identification</b>	Propriétés structurales	Cette partie sera étudiée en lien avec CBSV et permet de revoir des notions abordées en classe de première..	5	c	Mettre en évidence qualitativement une biomolécule.	L'élève analyse ses résultats par comparaison à une ou des références. Il fait le lien entre les propriétés de la biomolécule de référence et la méthode de détection. Il appréhende la notion de résolution. Il construit son argumentation avec les résultats et le principe des méthodes.
	Propriétés biologiques		5	d	Analyser des résultats expérimentaux et identifier la méthode de détection utilisée.	
			5	e	Séparer et identifier deux molécules de structures proches par une méthode simple.	
			5	f	Comparer deux méthodes d'analyse qualitative d'un produit complexe.	

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Méthodes de dosage</b>	Mesure d'absorbances par spectrophotométrie.	Choisir des techniques simples à mettre en œuvre dans le contexte thématique choisi. La démarche de prévention permet de choisir les produits les mieux adaptés.  Un glossaire actualisé met à jour le vocabulaire de biotechnologies utilisé.	5	g	Choisir et mettre en œuvre une méthode de dosage en fonction des propriétés des biomolécules.	L'élève sait utiliser une documentation pour mettre en œuvre une procédure de mesure.
	Courbe d'étalonnage.		5	h	Concevoir et réaliser une gamme d'étalonnage.	L'élève sait concevoir un témoin réactif et sait expliquer la réalisation d'un tube de la gamme-étalon.
	Volumétrie directe, indirecte.		5	i	Étalonner un appareil de mesure à l'aide d'un échantillon d'étalonnage unique ou d'une gamme d'échantillons d'étalonnage.	Il s'agit d'étalonner la procédure de mesure avec un système de mesure donné.
	Analyse quantitative d'un chromatogramme par mesure d'aire.		5	j	Évaluer quantitativement des résultats d'électrophorèse ou de chromatographie.	L'évaluation quantitative peut être réalisée à partir de documents fournis.
	Analyse quantitative d'un électrophorégramme par comparaison visuelle ou au densitomètre.		5	k	Rendre un résultat définitif en prenant en compte la préparation éventuelle d'un échantillon.	L'élève est capable d'établir l'équation aux grandeurs en intégrant éventuellement le facteur de dilution.
	Détermination mathématique d'un volume équivalent par mesure au pH mètre.		5	l	Comparer les résultats à une donnée de référence.	Voir la partie I : "Exploitation des résultats et qualité"
<b>Analyse immunologique des échantillons biologiques</b>	Spécificité de la réaction antigène-anticorps.		5	m	Caractériser la spécificité de la réaction.	L'élève met en œuvre des techniques pour appréhender le concept de spécificité de la réaction antigène-anticorps.
	Paramètres d'influence de la réaction antigène-anticorps (pH, concentration relative, nature du support, etc.).		5	n	Réaliser une réaction antigène-anticorps en tenant compte des paramètres d'influence.	On se limitera au rapport quantitatif antigène/anticorps. Dans une réaction antigène-anticorps, l'élève sait identifier la composante du couple recherchée.

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Analyse immunologique des échantillons biologiques</b>	Validation des techniques.	L'exhaustivité des techniques présentées n'est pas attendue. Une méthode immunoenzymatique sera mise en œuvre, en particulier pour introduire le marquage enzymatique (conjugué). Un schéma à l'échelle moléculaire avec des symboles pertinents (pour antigène, anticorps, substrat, enzyme, ...) sera réalisé pour chaque protocole étudié.	5	o	Réaliser une réaction antigène-anticorps pour mettre en évidence un antigène ou un anticorps.	
	Principes des techniques immunologiques		5	p	Réaliser une méthode immunologique de quantification ; mettre en œuvre une gamme de dilution géométrique.	L'élève réalise le dosage quantitatif ou semi-quantitatif d'un antigène ou d'un anticorps. On ne visera pas la maîtrise du concept de la dilution limite en sérologie.
			5	q	Choisir les témoins pour valider la technique : témoin de spécificité, témoin d'efficacité.	L'élève sait concevoir et expliquer la réalisation d'un témoin de spécificité et d'un témoin d'efficacité à partir du mode opératoire de la réalisation de l'essai.
			5	r	Contrôler la technique.	L'élève sait vérifier à l'aide d'un contrôle la qualité de la manipulation en s'aidant de la documentation technique fournie.

## 6. Les enzymes, catalyseurs biologiques et outil de transformation spécifique des molécules

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Protéines catalytiques à site actif</b>	Propriétés structurales des enzymes	La notion de formes multiples d'une enzyme sera restreinte à celle d'isoenzymes. La notion de complexe multienzymatique sera abordée en lien avec le métabolisme. Ces deux notions seront illustrées par un exemple simple.	6	a	Exploiter des ressources documentaires et des activités expérimentales pour présenter les propriétés structurales des enzymes.	
	Propriétés catalytiques des enzymes		6	b	Exploiter des ressources documentaires et des activités expérimentales pour présenter les propriétés catalytiques des enzymes.	
			6	c	Comparer les spécificités de substrat et de réaction sur plusieurs exemples.	
			6	d	Identifier dans une molécule la partie spécifique reconnue par l'enzyme.	
			6	e	Identifier la classe d'enzyme en étudiant la réaction catalysée.	
<b>Étude cinétique des enzymes michaeliennes</b>	Cinétique d'une réaction enzymatique à un substrat		6	f	Déterminer la vitesse initiale d'une réaction enzymatique en suivant le produit formé ou le substrat consommé.	A partir d'une courbe $AMR=f(t)$ ou $[P]$ formé dans $MR=f(t)$ ou $[S]$ restant dans $MR=f(t)$ , l'élève s'approprié le concept de vitesse initiale par détermination du coefficient
Influence de la concentration en	6		g	Méthode cinétique 2 points		
	6		h	Méthode cinétique en continu		

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
Étude cinétique des enzymes michaeliennes	substrat sur la vitesse initiale		6	i	Analyser les courbes.  directeur de la tangente à la courbe à l'origine en méthode cinétique. L'élève sait distinguer la vitesse de consommation du substrat, la vitesse de formation du produit et la vitesse de réaction. L'élève appréhende la notion de méthode 2 points (temps fixé) en calculant $A_2 - A_1 / t_2 - t_1$ ou $\Delta [P] / \Delta t$ ou $\Delta [S] / \Delta t$ dans la phase initiale.	
	Inhibition de la catalyse enzymatique		6	j	Déterminer les paramètres cinétiques, constante de Michaelis et vitesse de réaction initiale maximale, d'une réaction enzymatique à l'aide des courbes de Michaelis-Menten et de la méthode de linéarisation en double inverse. Dans la relation de Michaëlis, c'est la vitesse de réaction qui intervient.	
	Activité catalytique d'une enzyme	L'essentiel est de mettre en évidence le rôle de catalyseurs. Les notions à maîtriser sont en particulier l'accélération des vitesses de réaction, les conditions de l'activité catalytique des enzymes, les différentes techniques de mesure des vitesses de réaction et l'intérêt de cette mesure.	6	k	Comparer les performances de deux méthodes de détermination des paramètres cinétiques.	La méthode de Michaelis et Menten et la méthode au double inverse permettent de mettre en évidence les performances de ces deux méthodes pour la détermination des paramètres cinétiques.
			6	l	Comparer, à partir des valeurs des paramètres cinétiques, les performances d'une catalyse enzymatique.	A partir d'exemples, l'objectif est de renforcer la compréhension du concept d'affinité de l'enzyme pour son substrat en lien avec le $K_M$ .
		6	m	Comparer, à partir des valeurs des paramètres cinétiques, les performances de deux enzymes...		

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences
<b>Étude cinétique des enzymes michaeliennes</b>			6 n	Représenter en parallèle une courbe en présence et en absence d'inhibiteur.	Un exemple d'inhibition suffit ; l'inhibition compétitive permettra d'aborder le concept d'analogue structural d'un substrat dans un contexte appliqué.
			6 o	Identifier le type d'inhibition à partir des résultats graphiques et/ou des paramètres cinétiques.	
			6 p	Déterminer expérimentalement une concentration d'activité catalytique dans des conditions expérimentales données.	L'expérimentation sera privilégiée. La notion d'activité catalytique molaire ne sera pas abordée.
			6 q	Doser les protéines totales dans une préparation enzymatique.	
			6 r	Exprimer les différentes activités avec leurs unités.	
<b>Les enzymes, protéines sensibles aux effecteurs</b>	Influence de la température sur la catalyse enzymatique		6 s	Déterminer une activité enzymatique dans différentes conditions de température.	L'objectif est de comprendre la nécessité de fixer les conditions de pH et de température en enzymologie appliquée.
			6 t	Réaliser une courbe de dénaturation thermique.	
	Influence du pH sur la catalyse enzymatique		6 u	Déterminer un pH optimum d'activité catalytique.	
<b>Enzymologie appliquée</b>	Dosage de substrats par méthode en point final	Cette partie sera traitée en lien fort avec l'étude cinétique des enzymes. Les formules n'ont pas à être mémorisées. L'essentiel est de bien distinguer le dosage du substrat du dosage d'enzyme.	6 v	Identifier les réactions principale, auxiliaire et indicatrice dans un protocole de dosage de substrat.	Dans un protocole de dosage de substrat par méthode enzymatique, l'élève repère les différents types de réaction. Il sait retrouver la composition du réactif à partir des équations de réaction. L'élève identifie la température, le pH, la durée d'incubation... et explique que le substrat sera totalement transformé. L'élève sait qu'il y a deux notions différentes : il faut attendre que la réaction soit terminée et il faut que la réaction soit rendue totale (par des

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
Enzymologie appliquée			6	w	Analyser les conditions expérimentales d'un coffret de dosage de substrat permettant un dosage en point final.	artifices si nécessaire).
			6	x	Déterminer une longueur d'onde de travail à l'aide d'un spectre.	L'élève explique voire argumente le choix de la longueur d'onde de mesure.
			6	y	Réaliser expérimentalement le dosage d'une substance d'intérêt avec ou sans étalon.	L'élève distingue la méthode par comparaison et celle utilisant $\epsilon$ . Pour calculer la concentration, il sait utiliser l'équation aux grandeurs fournies.
	Dosage d'enzyme par mesure d'activité enzymatique	Cette partie sera traitée en lien fort avec l'étude cinétique des enzymes. Les formules n'ont pas à être mémorisées. L'essentiel est de bien distinguer le dosage du substrat du dosage d'enzyme.	6	z	Déterminer une activité enzymatique dans un milieu biologique : méthode cinétique 2 points	L'élève sait identifier dans un protocole les 2 points permettant de mesurer précisément la durée $t_2-t_1$ . L'élève sait utiliser l'équation aux grandeurs fournies pour calculer la concentration d'activité catalytique dans le milieu biologique.
		6	aa	Déterminer une activité enzymatique dans un milieu biologique : méthode cinétique en continu.	L'élève sait utiliser l'équation aux grandeurs fournies pour calculer la concentration d'activité catalytique dans le milieu biologique.	
Enzymologie appliquée			6	ab	Analyser les conditions expérimentales d'un dosage d'enzyme dans un coffret de dosage.	L'élève identifie la température, le pH, le temps mesuré précisément pour que la vitesse mesurée ne dépende que de la concentration en enzyme, les autres paramètres étant fixés.

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
	Purification d'une enzyme		6	ac	Exploiter le résultat d'une concentration d'activité catalytique à l'aide de valeurs de référence dans un but diagnostic ou de contrôle industriel.	L'élève doit être capable d'extraire un critère de référence d'un document et le confronter au résultat de mesure pour conclure.
			6	ad	Effectuer une purification d'enzyme et établir le tableau de suivi.	
			6	ae	Exprimer la pureté d'une préparation enzymatique.	Rendement et enrichissement sont des notions à mobiliser à partir de l'analyse de données. L'élève utilise les équations aux grandeurs fournies dans les documents.
			6	a f	Calculer l'enrichissement pour une étape.	
			6	ag	Analyser un tableau de purification par étapes successives.	
			6	ah	Vérifier la pureté d'une préparation enzymatique.	



## 7. Initiation à la biologie moléculaire et au génie génétique

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
<b>Sensibilisation à l'environnement de travail et aux exigences spécifiques à la pratique de la biologie moléculaire</b>	Sensibilité des acides nucléiques aux hydrolases.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nécessité de protéger l'échantillon des hydrolases (port de gants, contamination exogène inconnue, conservation au froid)</li> </ul>	7	a	Identifier les points critiques d'un pipetage de microvolumes.	L'élève utilise correctement le matériel à disposition en respectant les informations données dans la notice du fournisseur et les bonnes pratiques de laboratoire.
	Aspect ubiquitaire des acides nucléiques et des hydrolases.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les DNases et des RNases sont ubiquitaires ; elles doivent être inactivées dans le milieu réactionnel (lien avec l'enzymologie : inactivation par pH, force ionique, température, inhibiteurs spécifiques)</li> <li>Contamination possible par de l'ADN et de l'ARN exogène, ubiquitaires (lien avec la microbiologie).</li> </ul>	7	b	S'assurer de la qualité du matériel de prélèvement.	<p>L'élève choisit de façon pertinente la capacité de la pipette au regard du volume prélevé.</p> <p>L'élève vérifie visuellement le volume prélevé.</p>
	Structures monocaténaire et bicaténaire des acides nucléiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propriétés de dénaturation – renaturation, notions essentielles aux applications.</li> <li>Notion d'antiparallélisme et d'hybridation moléculaire spécifique (conditions de stringence).</li> </ul>	7	c	Conditionner, étiqueter et conserver (congélation ou non) les échantillons, les réactifs, etc.	L'élève trouve les informations pertinentes à porter sur l'étiquette (concentration, date, origine et nature de l'échantillon).
	Étude des propriétés physicochimiques de l'ADN et de l'ARN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Appréhender la notion de solubilité différentielle (CBSV 1ère et biotechnologies terminale) ;</li> <li>Effet hyperchrome.</li> <li>Propriétés spectrales 260, 280 nm.</li> </ul>	7	d	Analyser les risques d'altération du matériel biologique, soit par contamination (ADN exogène), soit par dégradation (nucléases).	<p>L'élève s'est approprié le concept de contamination en biologie moléculaire.</p> <p>L'élève identifie et représente les étapes de lyse et de purification.</p>
			7	e	Prendre des mesures adéquates de protection du matériel biologique.	
		7	f	Analyser un protocole d'extraction et de purification d'ADN.		

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences
<b>Du gène à la protéine</b>	Code génétique et traduction de séquence nucléotidique.	En lien avec CBSV : réinvestir l'utilisation du code génétique pour montrer qu'une séquence nucléotidique peut donner plusieurs protéines (code dégénéré).	7 g	Réaliser un protocole d'extraction et de purification d'ADN.	L'élève effectue une démarche de prévention des risques chimiques. L'élève sait à chaque étape repérer dans quelle fraction se trouve l'ADN.
	Notion d'opéron et de séquence codante, notion de cadre de lecture.	En lien avec CBSV Par exemple : l'opéron lactose. Notion de cadre de lecture : appréhender la notion à l'aide de mutations qui modifient le cadre de lecture.	7 h	Contrôler la pureté de la solution d'ADN.	L'élève sait effectuer une dilution et mesurer l'absorbance sur des petits volumes. L'élève utilise l'équation aux grandeurs fournie pour évaluer la pureté de sa préparation.
	Rôle du promoteur inductible.	Réinvestissement éventuel du test ONPG et les milieux lactosés. Notion d'inducteur non métabolisable : exemple IPTG.	7 i	Doser l'ADN par spectrophotométrie à 260 nm.	L'élève utilise l'équation aux grandeurs fournie pour évaluer la concentration de l'ADN double brin dans l'échantillon.
	Comparaison de la transcription et de la traduction chez les organismes procaryotes et eucaryotes	Pour chaque mécanisme, identifier les différences entre les eucaryotes et les procaryotes : localisation cellulaire, épissage, structure des ARNm polycistronique...	7 j	Analyser statistiquement des séquences nucléotidiques et peptidiques (GC %, % acides aminés aliphatiques, etc.).	La maîtrise de logiciels simples utilisés en biologie moléculaire n'est pas attendue.
<b>Outils essentiels de la biologie moléculaire</b>	Enzymes : polymérase, enzymes de restriction.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Polymérase : notion de plusieurs activités différentes, de fidélité, de sens d'élongation</li> <li>Site spécifique symétrique (palindrome) cohésifs, non cohésifs, caractérisant l'enzyme.</li> <li>Réinvestir la spécificité enzymatique dans la spécificité de substrat des ARN et ADN pol.</li> </ul>	7 k	Rechercher et exploiter des informations dans des banques de données (sites de coupure des enzymes de restriction, séquence codante d'un gène, etc.).	La maîtrise de logiciels simples utilisés en biologie moléculaire n'est pas attendue.

Objectifs de formation et supports théoriques		Commentaires et limites	Réf.	Compétences transversales et technologiques	Limites exigées dans la maîtrise des compétences	
	Polymérisation des acides nucléiques et amplification en chaîne par polymérisation (ACP ou PCR).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polymérisation in vivo : nécessité d'un 3'OH libre, action dans le sens 5' → 3'.</li> <li>• Polymérisation in vitro : amorces spécifiques, nucléosides triphosphates.</li> <li>• Notion de cycles amplifiants ; réinvestir la notion d'hybridation pour justifier les différentes températures ; notion de saturation de la PCR ; ADN polymérase ADN dépendante thermostable.</li> </ul>	7	I		
	Vecteurs d'amplification et d'expression.	Savoir repérer les éléments constitutifs indispensables d'un plasmide : origine de répllication, sites multiples de clonage, gènes de sélection ou d'identification.				
Quelques applications de la biologie moléculaire et du génie génétique	Méthodes d'identification moléculaire.	Les applications seront systématiquement contextualisées dans une situation professionnelle.	7	m	Réaliser une électrophorèse en gel d'agarose.	L'élève réalise correctement un protocole fourni et obtient des résultats exploitables.
	Clonage et OGM.	<i>Le document 3RB actualisé et utilisé dans l'enseignement de "Biotechnologies" apporte les éléments nécessaires à la démarche de prévention et aux choix des manipulations possibles au laboratoire.</i>	7	n	Réaliser une digestion enzymatique par une enzyme de restriction.	
	Séquençage des génomes.		7	o	Réaliser une amplification d'un fragment d'ADN.	
	Caractère génétique d'une maladie héréditaire et thérapie génique.		7	p	Exploiter des documents pour appréhender les limites, l'intérêt et le contexte d'utilisation de différentes méthodes.	L'élève sait représenter schématiquement les étapes du protocole mis en œuvre, sait expliciter ses choix dans le contexte.
	Identification des organismes et individus : médecine légale, contrôle alimentaire et vétérinaire, phylogénie, etc.					