Commentaires du programme « biochimie, biologie et biotechnologies »
Parties prises en compte pour l'épreuve certificative

L'objectif de cette ressource est de préciser les limites des concepts visés au niveau de la classe de terminale STL pour les parties concernées par l'épreuve certificative de spécialité.

Avertissement :
Certaines parties (en bleu sur fond grisé) ne donnent pas lieu à un commentaire dans cette ressource : ces parties sont exclues du programme de l'épreuve certificative de spécialité mais font partie intégrante du programme de l'année de terminale, dans la perspective de la poursuite d'études scientifiques.
Ces parties peuvent être mobilisés lors de la réalisation du projet technologique et donc dans le cadre de "l'étude approfondie" sur laquelle s'appuie l'épreuve orale terminale, le « Grand Oral ». Elles peuvent également faire l'objet d'une évaluation à l'oral de second groupe.

Ce document est repéré par sa date de première édition, il est amené à évoluer.

Pour la lecture du document :

Typographie et surlignage	Pour les savoir-faire	Pour les concepts
Surligné en vert	Savoir-faire traité de façon approfondie, comme le suggère le verbe qui l'introduit.	Concept de niveau de maîtrise approfondi en lien avec le savoir-faire associé. Cela peut concerner en priorité un concept étudié à plusieurs reprises, par exemple entre la première et la terminale dans une démarche spiralaire.
Surligné en jaune	Savoir-faire moins approfondi, soit en cohérence avec le verbe qui l'introduit, soit du fait d'une limite apportée en commentaire	Concept de niveau de maîtrise limité en lien avec le savoir-faire associé. Cela peut concerner un concept présentant un niveau de complexité importante, il n'est alors pas attendu de trop approfondir, ou au contraire un concept peu complexe mais moins fondamental.
Italique	-	*Concept pouvant être utile mais ne correspondant pas à un attendu. La maîtrise n'en est pas attendue, ou seulement dans les limites définies en commentaire.*

document en cours de mise en forme

Partie S : développer les concepts Scientifiques de biochimie-biologie-biotechnologies

La partie scientifique recense les concepts et savoir-faire associés aux domaines d'application des biotechnologies et notamment à la santé humaine.

- Une grande partie de ces concepts concernent la microbiologie : les micro-organismes sont en effet fortement impliqués dans le fonctionnement des bio-industries , ils jouent un rôle essentiel dans en santé humaine.. La diversité des espèces et la richesse du potentiel métabolique des micro-organismes en font des acteurs majeurs de préservation de l'environnement dans une démarche de développement durable **(S4)**.
- L'étude des fondamentaux de biochimie permet d'analyser le fonctionnement des enzymes et le métabolisme **(S1; S3)**.

- L'immunologie est un grand domaine d'étude de la biologie ; les élèves l'abordent dans ses dimensions moléculaires et cellulaires afin de dégager les grands principes des applications biotechnologiques et de découvrir quelques applications préventives et curatives en médecine **(S2)**.

S1 – Enzymes et voies métaboliques (environ 35 heures)

Le métabolisme est abordé dans cette partie principalement sous l'angle énergétique. L'étude de la respiration à différentes échelles, de l'organisme à la cellule, permet d'aborder les structures cellulaires et les réactions biochimiques induites. **Des activités sont proposées et un lien peut être établi avec les respirations bactériennes (modules S4 et T2-T3).** Les élèves abordent la photosynthèse principalement en comparant les mécanismes impliqués avec ceux de la respiration. Les fermentations sont étudiées à un double titre : elles sont des voies métaboliques pour la réoxydation des co-enzymes et elles présentent un intérêt biotechnologique.

L'étude des cycles du carbone et de l'azote permet de faire le lien entre voies métaboliques, équilibre dynamique des écosystèmes, impact des activités humaines et solutions innovantes dans le cadre de la transition énergétique et de la bioremédiation de milieux pollués.

Les relations structure-fonction et les propriétés catalytiques des enzymes sont abordées en lien avec les voies métaboliques ainsi qu'avec leur utilisation technologique (module T8).

Notions déjà abordées

Respiration et circulation sanguine, anatomie du cœur et des vaisseaux (cycle 4). Cinétique d'une réaction chimique, réactions acido-basiques en solution aqueuse (physique-chimie et mathématiques, classe de première).

Biochimie-biologie, classe de première : nutrition, modules transversaux A, B1 à 3, C1 à 4 et D10.

Biotechnologies, classe de première : module 8

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Remarques / fondamentaux
Savoir-faire	**Concepts**	
S1.1 Les principes généraux du métabolisme et rôle de l'adénosine triphosphate (ATP)		
Caractériser une chaîne de réactions biochimiques de synthèse ou de dégradation de molécules.	- *Voie métabolique.* - Anabolisme. - Catabolisme.	*La maîtrise du concept de voie métabolique, qui n'est pas associé à un savoir-faire, ne peut pas être attendue.*
Déduire le sens d'évolution spontanée d'une réaction chimique à partir de la valeur de l'enthalpie libre de réaction associée. Montrer l'intérêt d'un couplage chimio-chimique à l'aide d'un exemple de réactions couplées. Calculer une somme algébrique de valeurs d'enthalpie libre de réaction pour des réactions chimiques couplées.	- Enthalpie libre de réaction $\Delta_r G$. - *Enthalpie libre standard de réaction $\Delta_r G'°$.* - *Conditions standard.* - Réaction endergonique / réaction exergonique. - Couplage énergétique. - Somme algébrique.	*Le concept de conditions et d'enthalpie libre standard est utilisé dans les exemples mais ne nécessite pas de maîtrise spécifique.* Les concepts liés au couplage énergétique sont complexes mais mobilisés plusieurs fois dans le métabolisme. Le concept mathématique de somme algébrique peut

Document en cours de mise en forme

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Remarques / fondamentaux
Savoir-faire	**Concepts**	
		nécessiter d'être consolidé
Expliquer le rôle de l'ATP comme molécule énergétique intermédiaire du métabolisme dans la cellule.	- Liaison à haut potentiel énergétique. - ATP / ADP (adénosine diphosphate) - $\Delta_r G$ / $\Delta_r G'°$ - *Conditions standard.* - Couplage chimio-chimique	Le rôle d'intermédiaire de l'ATP évoqué ici est celui de « transfert » d'énergie d'une réaction chimique vers une autre réaction chimique, ce qui correspond au "couplage chimio-chimique". Au niveau de formation visé, le concept de "couplage chimio-chimique" correspond au concept de "la phosphorylation au niveau du substrat" (S1-5).
Écrire une demi-équation électronique d'oxydation ou de réduction relative à un couple mis en jeu dans une réaction donnée. Écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction à partir des demi-équations électroniques des couples mis en jeu. Déterminer le sens d'évolution spontanée probable d'une réaction d'oxydo-réduction à partir des valeurs de potentiel d'oxydo-réduction standard apparent des deux couples impliqués.	- Couple oxydant-réducteur. - Potentiel d'oxydo-réduction standard apparent : $\Delta E'°$. - Conservation des charges. - $\Delta_r G'°$.	L'écriture des réactions ne portera que sur des exemples récurrents (NADH, NADPH…). *Le calcul est fait avec des valeurs standard, mais la maîtrise du concept de conditions standard n'est pas un objectif en soi et ne doit pas être approfondi.*
S1.2 La respiration		
Identifier les molécules consommées et les molécules produites lors de la dégradation aérobie complète du glucose dans la cellule.	- *Système ouvert.* - Oxydation complète. - *Échanges avec l'extérieur.*	*Le concept de "système ouvert" est utilisé essentiellement pour placer la réaction dans un contexte biologique.* Le concept "d'oxydation complète" sera limité au métabolisme du glucose. Le nombre d'oxydation de l'atome de carbone ne sera pas étudié. (vu en PC-M)

document en cours de mise

Schématiser, dans une cellule eucaryote, les compartiments impliqués dans le catabolisme de glucose, l'utilisation du dioxygène et la production de dioxyde de carbone.	- Compartimentation. - *Catabolisme.*	La compartimentation est abordée d'abord de façon descriptive, ses implications systémiques constituant une ouverture vers les études supérieures.
Établir le bilan de matière de la glycolyse à partir d'un document présentant l'équation-bilan des réactions chimiques de cette voie. Établir le bilan énergétique de la glycolyse à partir d'un document présentant l'équation-bilan des réactions chimiques de cette voie. Montrer que l'oxydation du glucose génère la production de coenzymes réduits.	- *Oxydation partielle.* - Catabolisme. - Équation bilan. - Coenzymes d'oxydo-réduction.	*Le concept d'oxydation partielle sera plus explicite en S1.4 (fermentations) ou en S1.5 (bilans comparés des respirations et des fermentations).* Le concept de catabolisme est remobilisé (Cf S1.1) mais non approfondi. Les coenzymes d'oxydoréduction sont caractérisés par leur nom, leur couple redox et leurs états d'oxydation dans la réaction.
Décrire, à partir d'un schéma, le fonctionnement d'une chaîne respiratoire en repérant le donneur et l'accepteur d'électrons et en identifiant le couplage énergétique. Identifier le couplage énergétique entre le flux de protons à travers l'ATP synthase et la synthèse d'ATP.	- Gradient électro-chimique*. - Chaîne de transporteurs d'électrons. - Potentiel d'oxydo-réduction. - Couplage chimio-osmotique. - Translocation de protons. - Couplage osmo-chimique. - ATP synthase.	Le concept de gradient électro-chimique n'est à aborder que dans le cas particulier du gradient de protons. Considérer l'écart des concentrations peut être suffisant. Le potentiel d'oxydo-réduction n'est envisagé que comme un indicateur de l'ordre des transferts d'électrons. Le mécanisme moléculaire conduisant à la translocation de proton et celui de synthèse de l'ATP par l'ATP synthase ne sont pas détaillés.
S1.3 La photosynthèse		
Localiser dans une cellule végétale les compartiments impliqués dans la photosynthèse.	- Cellule photosynthétique. - Chloroplaste.	
Repérer sur la chaîne membranaire photosynthétique	- Chaîne de transporteurs d'électrons.	

document en cours de mis

les similitudes avec la chaîne membranaire respiratoire. Montrer l'intérêt, pour le transfert d'électrons, d'une activation des photosystèmes de la chaîne membranaire par la lumière.	- Potentiel d'oxydo-réduction. - Excitation photochimique. - Couplage chimio-osmotique. - Gradient électrochimique*. - Couplage osmo-chimique. - ATP synthase.	
S1.4 La fermentation		
Montrer l'intérêt des étapes finales d'une fermentation comme processus de réoxydation des coenzymes réduits. Établir un bilan moléculaire de l'oxydation incomplète du glucose lors d'une fermentation. Repérer les produits de fermentation dans un contexte physiologique ou industriel.	- Coenzyme d'oxydo-réduction. - Catabolisme. - Métabolite primaire. - Acidification. - Produit d'intérêt. - *Produit d'altération.*	Le concept de co-enzyme d'oxydo-réduction est traité sous l'aspect d'une molécule existant sous deux formes réduite et oxydée, et dont la forme oxydée doit être régénérée (lien avec S1.5). Les concepts "métabolite primaire", "acidification" et "produit d'intérêt" peuvent être traités en lien avec le T2-2 et T3-2
S1.5 Bilans moléculaires comparés des respirations et des fermentations		
Repérer, dans une voie métabolique, les réactions d'oxydo-réduction, les types de couplage énergétique, les réactions de production ou de consommation d'ATP. Distinguer les voies fermentaires des voies respiratoires.	- Phosphorylation au niveau du substrat. - Phosphorylation oxydative. - Régénération des coenzymes. - Accepteur final d'électrons. - Rendement énergétique.	L'appropriation des concepts permet aux élèves de repérer les différents types de réaction au sein d'une voie métabolique. La "phosphorylation au niveau du substrat" correspond au concept de "couplage chimio-chimique". La catégorisation des réactions permet de naviguer dans une voie métabolique. Le repérage de l'accepteur final d'électrons permet de distinguer les voies fermentaires et respiratoires. La respiration nitrate et la respiration aérobie, en comparaison à une fermentation, suffisent à établir le concept

document en cours de mise

		d'accepteur d'électron. Le rendement énergétique peut être étudié à l'aide de la comparaison pour ces mêmes voies de la quantité d'ATP produit pour une molécule de glucose.

S1.6 Cycles du carbone et de l'azote, micro-organismes et environnement		
À partir d'un document, associer les différents types trophiques et leurs préfixes (photo-, chimio-, litho-, organo-, auto-, hétéro-) aux caractéristiques nutritionnelles des organismes. Mettre en relation le type trophique d'un micro-organisme et ses conditions de culture.	- Source d'énergie. - Source d'électrons. - Source de carbone. - Molécule organique. - Composé minéral.	Les concepts peuvent être associés aux éléments de nomenclature des types trophiques correspondants à l'aide d'un tableau. L'exemple du glucose qui est à la fois source de carbone et source d'énergie suffit à expliquer la différence entre chimio-organotrophe et hétérotrophe.
Identifier les types d'interaction des micro-organismes avec l'écosystème et ses acteurs. Identifier les types d'interaction des micro-organismes entre eux.	- *Ubiquité.* - Saprophytisme. - Symbiose. - Compétition. - Coopération. - Biofilm.	*Le concept d'"ubiquité" conduit à expliciter le fait que les microorganismes sont présents dans tous les écosystèmes.* Les concepts de "saprophytisme" et de "symbiose" ainsi que de "compétition peuvent être traités ensemble, par comparaison. Le concept de "biofilm" mobilise celui de "coopération".
Compléter un schéma des cycles courts du carbone et de l'azote en associant les types trophiques et les phénomènes impliqués.	- Cycle de la matière. - *Réservoir.* - Assimilation. - Minéralisation. - Nitrification. - Dénitrification.	Le concept de "cycle de la matière" est restreint aux cycles du carbone et de l'azote. Les phénomènes impliqués mentionnés dans le savoir-faire sont limités aux concepts mentionnés : "l'assimilation", la "minéralisation", la "nitrification et la "dénitrification".

S1.7 Les enzymes du métabolisme et la régulation

Document en cours de mis

Caractériser un catalyseur biologique. Mettre en relation l'activité de l'enzyme avec sa structure tridimensionnelle. Distinguer l'enzyme active de la proenzyme.	- Spécificité* de substrat. - Spécificité* de réaction. - Complexe enzyme-substrat. - Structure tridimensionnelle*. - Précurseur protéique.	La spécificité de substrat est une caractéristique essentielle des enzymes, en lien avec la structure tridimensionnelle. La spécificité de réaction n'est pas à présenter en lien avec le mécanisme réactionnel. Le concept de "complexe enzyme-substrat" est limité à la notion de reconnaissance tri-dimensionnelle. Le concept de "structure tridimensionnelle" des protéines est remobilisé mais pas plus approfondi que le niveau d'appropriation visé en biochimie-biologie. Le concept de "précurseur protéique" peut être traité à travers un exemple d'enzyme digestive.
Identifier les différents acteurs d'une réaction chimique catalysée par une enzyme.	- Réaction enzymatique*. - Substrat*. - Produit. - Cofacteur enzymatique. - Coenzyme. - *Ion métallique.* - *Groupement prosthétique.*	L'appropriation des concepts permet aux élèves d'analyser des réactions enzymatiques diverses. Les concepts de "substrat" et "produit" peuvent avoir diverses applications dans les exemples (indicateurs, produit d'intérêt…). Au niveau de formation visé, les deux concepts "cofacteur enzymatique" et "coenzyme" sont superposables. Les "ions métalliques" et "groupements prosthétiques" sont simplement évoqués comme constituants fréquents des enzymes.
Mesurer une vitesse initiale.	- Vitesse. - Cinétique. - Molécule en excès.	La détermination de la vitesse initiale s'appuie sur : - le concept de "vitesse" limité à la variation de production de produit en fonction du temps. - les conditions initiales

document en cours de mis

		caractérisé par une quantité suffisante de substrat pour que la vitesse soit constante.(“molécule (substrat) en excès”). Le concept de “cinétique” ne sera pas approfondi mais relié aux méthodes de quantification de l’activité enzymatique par un suivi au cours du temps (T8.2).
Interpréter des variations de vitesse initiale selon la concentration en substrat.	- Complexe enzyme-substrat. - Vitesse initiale maximale. - Saturation de l’enzyme en substrat.	Les deux concepts de “complexe enzyme-substrat” et “saturation de l’enzyme en substrat” sont mobilisés ici pour appréhender le concept de “vitesse initiale maximale”. On peut caractériser de façon visuelle le phénomène de saturation. *La constante de Michaelis et l’analyse quantitative ne seront abordés que dans l’enseignement supérieur.*
Analyser l’effet de variations des conditions physico-chimiques sur l’activité enzymatique en relation avec la structure de l’enzyme. Analyser l’effet d’un effecteur sur l’activité enzymatique et le mettre en relation avec la régulation d’une voie métabolique.	- Inactivation / dénaturation. - Activateur. - Inhibiteur. - Analogue structural. - *Boucle de régulation*.*	Les concepts ci-contre sont abordés de façon simple, diminution ou augmentation de l’activité (T8.2) ou de la vitesse, sans viser la manipulation d’équations faisant intervenir Km et Vmax.

Document en cours de mise

S2 – Immunité cellulaire et moléculaire (environ 25 heures)

Ce module présente des mécanismes physiologiques de l’immunité aux différentes échelles de l’organisme. Il mobilise des concepts sur le principe général de l’immunité et des cellules impliquées, présentés en SVT au collège. L’étude progressive et réitérée des acteurs cellulaires permet en particulier aux élèves de développer leur compréhension du phénomène de mémoire immunitaire ; dans le prolongement de leur étude, ils abordent la vaccination et l’enjeu qu’elle représente dans la société. La dimension moléculaire de la reconnaissance spécifique de l’immunité permet d’introduire la production des anticorps et leurs fonctions ouvrant ainsi sur les applications biotechnologiques de ces macromolécules, en lien avec les modules T6, T7 et T8.

Notions déjà abordées

Biochimie-biologie, classe de première : module transversaux B1, B3, B4, B5, C1, C2 et D9

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
S2.1 Soi et non-soi		
Expliquer la notion du non-soi. Identifier les éléments reconnus par les cellules du système immunitaire.	- Non-soi. - Antigène.	Le concept de "non-soi" est abordé de façon simple sans détailler la nature moléculaire ni le mécanisme mis en jeu. Le concept d'"antigène" ne doit pas être abordé dans toutes ses dimensions : l'appartenance au non soi et le port de déterminants antigénique et la reconnaissance par des récepteurs spécifiques (S2.3) suffit. *Le concept devra être mobilisé ensuite dans sa dimension de reconnaissance moléculaire, en lien avec les applications analytiques de l'immunologie (T6, T7).*
Mettre en relation les caractéristiques et la fonction d'une barrière naturelle.	- Environnement physico-chimique. - Épithélium. - Microbiote. - *Opportunisme.*	Les différents concepts liés à ce savoir-faire sont limités au cas d'une barrière naturelle : acidité / disponibilité de l'eau sur la peau, étanchéité d'un épithélium, effet barrière du microbiote.
S2.2 Réponse immunitaire innée		
Expliquer la reconnaissance d'une bactérie par une cellule sentinelle. Expliquer les deux rôles des cellules sentinelles.	- Immunité innée. - Cellule sentinelle. - Récepteur membranaire*. - Motifs moléculaires. - Phagocytose. - *Molécules pro-inflammatoires.*	L'"immunité innée" et les "cellules sentinelles" associées qui reconnaissent des motifs communs des microorganismes doivent être abordés dans le cas de la rupture d'une barrière naturelle. Les concepts de "récepteur membranaire" et "motifs moléculaires" sont traités sous l'angle fonctionnel en prenant des exemples simples de motif commun comme le LPS ou le peptidoglycane : leur classification structurale n'est pas attendue. La phagocytose est traitée en lien avec le savoir faire "décrire les étapes de la phagocytose".
Décrire les mécanismes de la réaction inflammatoire afin d'expliquer le recrutement des cellules phagocytaires.	- Vasodilatation. - Diapédèse. - *Exsudation du plasma.* - Chimiotactisme.	La diapédèse et le chimiotactisme nécessitent la mobilisation des concepts de vasodilatation et peptides chimiotactiques. Ces derniers seront traités de façon descriptive, sans entrer dans le détail de la structure moléculaire.

document en cours de

Décrire les différentes étapes de la phagocytose afin d'expliquer la destruction de l'antigène.	- Cellule phagocytaire. - Endocytose. - Dégradation.	La "phagocytose" est abordée de façon descriptive, sans dimension mécanistique, mais en identifiant les catégories de cellules qui la mettent en oeuvre ("cellules phagocytaires"). Elle est traitée sous l'angle fonctionnel pour aboutir à la destruction de l'antigène.
S2.3 Réponse immunitaire adaptative		
Distinguer les lymphocytes B, T4 et T8 à l'aide de leurs récepteurs membranaires.	- Récepteur des cellules B (*BCR*). - Récepteur des cellules T (*TCR*).	Dans un premier temps, il est proposé de distinguer les LB des LT : on peut expliciter que toute cellule B exprime un BCR et que toute cellule T exprime un TCR, éventuellement à l'aide d'une représentation simple de la structure moléculaire des récepteurs. Dans un second temps, les lymphocytes T4 et T8 peuvent être décrits comme exprimant une protéine CD4 ou CD8 en plus du TCR. *Ces concepts seront utilisés pour les savoir-faire liés à l'activation des lymphocytes B, T4 et T8.*
Commenter un schéma montrant comment la phagocytose par une cellule présentatrice d'antigène permet la « présentation » du peptide antigénique par liaison à une protéine de surface appartenant au « complexe majeur d'histocompatibilité ».	- *Exocytose.* - Peptide antigénique. - Glycoprotéine de surface. - Cellule présentatrice d'antigène (CPA). - *Interaction protéine-ligand*.*	Le concept de "glycoprotéine de surface" est abordé pour caractériser la protéine du CMH évoquée dans le savoir-faire. Le concept de CPA mobilise plusieurs concepts, dont antigène, peptide antigénique, glycoprotéine de surface.
Expliquer l'activation monoclonale d'un lymphocyte T4 en lymphocyte T auxiliaire.	- Lymphocyte T auxiliaire. - Coopération cellulaire - Activation monoclonale - Cellule présentatrice d'antigène (CPA). - Peptide antigénique.	On se limite à expliciter que les T CD4+ s'activent de façon monoclonale en lymphocytes ayant une fonction d'activation des cellules de l'immunité. Les concepts de "coopération cellulaire", "activation monoclonale", "peptide antigénique", "TCR", "CPA" contribuent à la compréhension du concept de "différenciation en LT auxiliaire" inclus dans le concept d'"activation monoclonale".
Expliquer l'activation d'un lymphocyte T8 en lymphocyte T cytotoxique.	- *Coopération cellulaire.* - Activation monoclonale.	On se limite à expliciter que les T CD8+ s'activent de façon monoclonale en lymphocytes ayant une activité cytotoxique. Le concept de "CPA" est cité ici pour

document en cours de

Décrire l'action d'un lymphocyte T cytotoxique contre un pathogène intracellulaire.	- *Cellule présentatrice d'antigène (CPA).* - Peptide antigénique. - Cytotoxicité. - Lyse cellulaire.	son intérêt dans la stimulation des LT8 dans les ganglions. Les molécules induisant de la lyse cellulaire (granzyme, perforine) peuvent être citées mais le mécanisme moléculaire détaillé induisant la mort cellulaire n'est pas attendu.
Commenter un schéma présentant les acteurs de l'activation d'un lymphocyte B en plasmocyte.	- Récepteur des lymphocytes B (BCR). - Lymphocyte T auxiliaire - Coopération cellulaire. - *Interaction protéine-ligand*.* - Activation monoclonale.	Les deux concepts majeurs, "coopération cellulaire" et "activation monoclonale" sont remobilisés dans le contexte de l'activation des lymphocytes B. La transposition permet de renforcer l'acquisition de ces deux concepts.
Mettre en relation l'ultrastructure d'un plasmocyte et sa fonction de sécrétion.	- Cellule sécrétrice. - Anticorps. - Réticulum endoplasmique granuleux*. - Vésicules de sécrétion.	La mise en relation sera limitée par l'observation et le repérage des organites impliqués dans la synthèse protéique et la connaissance de la localisation des anticorps au cours du processus de synthèse et d'excrétion de ces protéines.
Expliquer la mémoire immunitaire à partir du suivi de la concentration plasmatique d'anticorps au cours du temps après immunisation. Expliquer le lien entre la présence d'anticorps sériques caractéristiques chez un patient (IgM / IgG) et la chronologie de l'infection.	- Réponse primaire. - Réponse secondaire. - Mémoire immunitaire. - *Isotype.* - Immunoglobuline (Ig). - Sérodiagnostic.	On se limitera à mettre en place les concepts qui permettent de comprendre le principe de la vaccination : rapidité de mise en place, vitesse, intensité et durée de la réponse. Le concept d'isotype peut être réduit dans ce cadre à la dualité IgM / IgG.
Mettre en relation la structure de l'immunoglobuline (Ig) avec sa fonction de fixation de l'antigène.	- Interaction protéine-ligand. - Spécificité. - Épitope / paratope.	On se limitera au repérage, dans la structure de l'immunoglobuline, des domaines variables impliqués dans la reconnaissance de l'épitope en opposition aux domaines constants.

Document en cours de

Expliquer le rôle des anticorps dans la neutralisation *in vivo.* Expliquer le rôle des anticorps dans la phagocytose.	- Neutralisation / destruction. - Opsonisation. - *In vivo* / *in vitro*.	On montrera que la reconnaissance n'entraîne pas systématiquement la neutralisation et que la neutralisation peut être suivie d'une destruction prise en charge par d'autres acteurs (exemple des macrophages). *La distinction in vivo/ in vitro peut être un point de vigilance selon les expériences analysées.*
Dégager, dans une procédure opératoire, le rôle spécifique des anticorps.	- Anticorps / antigène. - Anticorps anti-immunoglobuline.	L'appropriation des concepts ci-contre permet aux élèves d'analyser des réactions antigène-anticorps au sein de méthodes analytiques et préparatives diverses. (T6-T7-T8). La nuance entre les concepts d'anticorps et d'immunoglobuline doit permettre de préciser que la même molécule peut être étudiée du point de vue de la spécificité du paratope (Ac) ou du point de vue de la nature de son domaine constant (Ig).
S2.4 Vaccins et immunothérapies : enjeux de santé publique		
Identifier le rôle des différents constituants d'un vaccin.	- *Vaccins vivants atténués.* - *Vaccins inactivés.* - Antigène non pathogène. - Immunogénicité. - Adjuvant.	*Le concept d'antigène non pathogène peut être illustré par des exemples de différents types de vaccins.* Les concepts d'"immunogénicité" et la nécessité d'"adjuvants" définissent les différentes contraintes régissant la conception de vaccin.
Distinguer les stratégies médicales de vaccination et de sérothérapie (indications, durée de protection, délai d'efficacité).	- Lymphocyte mémoire. - Sérum. - Thérapie. - Prophylaxie.	On se limite à mettre en évidence les différences fondamentales entre vaccination et sérothérapie. On insistera sur la notion de prévention liée à la dimension prophylactique de la vaccination.
Identifier, dans un article, les éléments reflétant les questions éthiques ou sociétales posées par la vaccination.	- Protection collective. - Protection individuelle. - Résurgence. - *Mémoire immunitaire.*	Dans le cadre de l'éducation à la santé, le *concept de* résurgence peut être abordé, et distingué par exemple de l'émergence d'un agent pathogène.

document d'auteurs de

S3 – Propriétés de l'ADN et réplication

Ce module mobilise les concepts du module transversal « Information et communication » du programme de biochimie-biologie de première STL présentant la structure de l'ADN.

L'étude de la structure de l'ADN concerne son organisation dans la cellule, les mécanismes de la réplication, le cycle cellulaire ainsi que la différenciation cellulaire afin de comprendre les processus impliqués dans la cancérogenèse et l'utilisation des cellules souches en recherche biomédicale. Les concepts sont réinvestis dans les modules 9, « Utiliser les technologies de l'ADN », et 10, « Découvrir les technologies cellulaires végétales ».

Notions déjà abordées :

Biochimie-biologie, classe de première : module transversaux A7, A8, A9, A12, D1, D2 et D4. Génétique moléculaire

Biotechnologies, classe de première : modules 6 et 8.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
S3.1 Propriétés et structure des acides nucléiques		
Représenter par un schéma les éléments structuraux de l'ADN permettant de mettre en évidence les liaisons hydrogène de la double hélice et les liaisons phosphodiester orientées.	- Polymère de nucléotides*. - Liaison hydrogène*. - A=T*. - C≡G*. - Orientation 5'→3'*. - Liaison phosphodiester. - Bicaténaire / monocaténaire. - Brins antiparallèles. - Double hélice.	Les cinq premiers concepts sont réinvestis de l'enseignement de biochimie-biologie première. Ils doivent être manipulés activement pour être consolidés. La liaison phosphodiester, la molécule de désoxyribose ou la base azotée ne doivent pas être représentées en détail. L'orientation de la liaison phosphodiester participe simplement à la compréhension de l'orientation 5'-3' et donc de la double hélice antiparallèle.
Déduire de la structure de l'ADN ses propriétés physico-chimiques.	- *Électronégativité*.* - Solubilité*. - Absorption moléculaire des bases azotées. - Dénaturation*. - *Effet hyperchrome.* - Température de fusion (Tm).	Les propriétés physico-chimiques de l'ADN doivent être limitées au cadre des techniques mobilisant les concepts et savoir-faire décrits en T9.
Représenter les différents niveaux d'organisation d'un chromosome au cours du cycle cellulaire.	- Chromosome*. - Chromatides*. - Chromatide / chromatine. - Euchromatine / hétérochromatine. - Condensation. - *Nucléosome.*	Ces concepts peuvent être associés à la partie S3.3.
S3.2 Réplication		
Commenter et légender un schéma simple illustrant le mécanisme de la réplication d'un ADN double brin.	- Semi-conservation. - Polymère de nucléotides*. - Double brin. - dNTP. - Orientation 5' → 3'*. - ADN polymérases.	L'orientation de la polymérisation est indispensable pour analyser un schéma de réplication afin de le commenter ou le légender. Les ADN polymérases ne seront pas détaillées, on pourra

document en cours de m

		simplement mentionner le cas particulier des polymérases thermostables en lien avec la PCR (T9.2).
S3.3 Cycle cellulaire, cancer et cellules souches		
Reconnaître dans quelle phase du cycle se trouve une cellule à partir de sa morphologie, de la quantité d'ADN qu'elle contient.	- Cycle cellulaire. - Phases du cycle cellulaire.	
Expliquer le lien entre une altération du cycle cellulaire et la genèse d'un cancer.	- Cancérogenèse. - Prolifération. - Dérégulation.	
Expliquer le lien entre la différenciation cellulaire et l'expression spécifique de gènes en relation avec la fonction de l'organe.	- Expression des gènes. - Répression. - Euchromatine / hétérochromatine - Pluripotence. - Cellule souche. - Différenciation.	
Expliquer le rôle d'une cellule souche dans une thérapie génique.	- Transgenèse. - Reconstitution de fonction. - Cellule souche.	

Document

S4 - Microorganismes et domaines d'application des biotechnologies

Ce module aborde la diversité des micro-organismes, leurs interactions avec l'organisme humain et leurs applications biotechnologiques notamment dans le domaine des bio-industries. Il vise à approfondir des concepts de microbiologie déjà abordés en classe de première en biochimie-biologie (module transversal B, « Structure de la cellule ») et en biotechnologies (module 1, « Observer la diversité du vivant »). Il fonde les concepts mobilisés dans les modules T2, « Cultiver des micro-organismes ou limiter leur croissance », et S1 « Enzymes et voies métaboliques ».

Notions déjà abordées :

Biochimie-biologie, classe de première : module transversaux B1, B4, B5 et B6.

Biotechnologies, classe de première : module 1.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
S4.1 Structure des micro-organismes procaryotes		
Schématiser la structure d'une bactérie.	- Coques / bacilles*. - Agrandissement/ grossissement*. - Ultrastructure. - Chromosome bactérien. - Plasmide.	Ce savoir-faire peut être abordé en parallèle du S4.2.
Comparer la structure d'une paroi de bactérie Gram + et Gram -. Expliquer les rôles de la paroi bactérienne.	- Paroi. - Peptidoglycane. - Membrane externe. - Lipopolyoside (LPO) ou lipopolysaccharide (LPS).	Les constituants des parois sont abordées en relation avec la coloration de Gram (T1). On se limitera au rôle immunogène (PAMP) (S2.2) et antigènique pour les techniques utilisant les anticorps (T6).
S4.2 Structure des microorganismes eucaryotes : levures, moisissures, microalgues		
Identifier les éléments de l'ultrastructure d'une levure.	- *Échelle**. - Bourgeon. - Paroi. - Organites*.	Ce savoir-faire peut être abordé en parallèle du S4.1 dans le but de distinguer une levure d'une bactérie, lors d'une observation d'un état frais ou d'une électronographie.
Schématiser l'appareil sporifère d'une moisissure du genre *Penicillium* ou *Aspergillus* à partir d'une observation microscopique. Repérer hyphes, sporophores, spores sur un schéma de moisissure en faisant le lien avec leur fonction.	- Appareil sporifère. - Mycélium. - Propagation des spores. - Envahissement du milieu.	
Comparer l'ultrastructure d'une microalgue photosynthétique et d'une cellule végétale chlorophyllienne.	- Paroi. - Chloroplastes.	
S4.3 Interactions hôte humain - micro-organismes		

Document en cours de rédaction

Distinguer les types d'interactions entre les micro-organismes et l'organisme humain. Localiser les différents microbiotes humains. Expliquer l'intérêt de la métagénomique pour montrer la diversité d'une flore complexe.	- Commensalisme. - Parasitisme. - Agent pathogène. - Biotopes. - Dysbiose. - Métagénomique. - Microbiote*.	La catégorisation se limite à la comparaison entre ces différents types. La présentation de la dysbiose se limite à la comparaison d'un microbiote obtenu chez un individu sain avec le microbiote d'un individu en situation pathologique. La métagénomique n'est pas étudiée en tant que technique, mais pour ce qu'elle apporte pour mettre en évidence la complexité d'une flore non cultivable.
S4.4 Micro-organismes et bio-industries		
Identifier l'intérêt d'une souche de micro-organisme donné à partir d'un exemple de production industrielle.	- Bioproduction. - Biomasse. - Métabolite d'intérêt.	Ce savoir-faire vise essentiellement à distinguer les bioproductions de biomasse des bioproduction ciblées de certains métabolites. Il nécessite de pouvoir analyser globalement un procédé. L'analyse détaillée de chaque étape n'est pas attendue.
Identifier, à partir d'un exemple, l'intérêt d'un micro-organisme lors de la mise en œuvre d'une stratégie de dépollution.	- Métabolisme d'intérêt. - Dépollution. - Conditions de culture*.	L'analyse d'un exemple permet d'identifier la ou les étapes de dégradation d'une molécule polluante par un micro-organisme. Les conditions de culture du microorganisme d'intérêt peuvent être reliées à l'étude des types trophiques (S1.6).
Expliquer l'importance d'un contrôle microbiologique pour garantir la qualité d'une production industrielle.	- Altération microbiologique. - Flore indicatrice. - Critère officiel. - Norme. - Référence. - Conformité.	Le contrôle microbiologique en bioindustries doit être appréhendé avec ses deux aspects principaux, les microorganismes responsables d'altération ou de pathologie, et les micro-organismes indicateurs d'une contamination à risque. Les concepts "critère officiel" , "norme", "référence" "conformité" relèvent d'une initiation dans un contexte d'analyse ou de contrôle. On s'attache à faire distinguer ces concepts plutôt qu'à les traiter de façon approfondie.
S4.5 Les virus, parasites obligatoires de la cellule		
Identifier sur un schéma les principaux éléments de	- Capside. - Matériel génétique*.	

structure d'un virus.	- Virus à ADN / virus à acide ribo-nucléique (ARN). - Enveloppe facultative.	
Repérer, sur un schéma de cycle infectieux, les principales étapes de la multiplication virale. Identifier les structures de la cellule infectée mobilisées lors de la multiplication virale. Caractériser le processus de fixation.	- Parasite obligatoire. - Cycle infectieux. - Cellule cible. - Spécificité. - Interaction récepteur – ligand*.	
Décrire les conséquences cellulaires d'une infection de cellule eucaryote.	- Bourgeonnement viral. - Lyse cellulaire. - Infection lytique - Infection latente.	
Comparer les principales étapes d'un cycle lytique et d'un cycle lysogène phagique.	- Bactériophage. - Phage virulent. - Phage tempéré. - Cycle lysogène / cycle lytique.	
Relier le déroulement de certains cycles viraux avec les propriétés de transfert de gènes des virus.	- Transduction phagique. - Thérapie génique. - Vecteur.	
S4.6 Le VIH, pathologies associées et moyens de prévention		
Associer les principaux traitements actuels avec leurs cibles. Repérer sur une courbe les différents stades du syndrome d'immunodéficience acquise. Décrire les principaux moyens de prévention contre le VIH.	- Séropositivité. - Immunodéficience. - Rétrovirus. - Traitement antirétroviral. - Mode de contamination. - Exposition professionnelle.	

Partie T : Développer les fondamentaux Technologiques expérimentaux des biotechnologies

Cette partie vise à approfondir les concepts présentés dans la partie « Acquérir les fondamentaux technologiques et scientifiques des biotechnologies » de la classe de première. Elle s'enrichit de la découverte de nouvelles technologies utilisant les enzymes, les anticorps et l'ADN, molécules du vivant utilisées comme outils biotechnologiques.

T1 – Observer la diversité du vivant

À la mise en œuvre des observations simples au microscope de la classe de première s'ajoute la présentation de techniques de microscopie différentielles adaptées à la visualisation de structures spécifiques du vivant.

Notions déjà abordées :

Biochimie-biologie, classe de première : module transversal B1.

Biotechnologies, classe de première : modules 1 et 3.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
Différencier les types de clichés de microscopie (optique, fluorescence, électronique : MET, MEB). Choisir le type de microscopie adapté à l'objet étudié.	- *Photon / électron.* - Fluorochrome. - Excitation / émission. - Échelle*. - Grandissement / grossissement*.	Les concepts, déjà vus en 1er pour certains d'entre eux, doivent être mobilisés à travers plusieurs exemples.
Mettre en œuvre une coloration spécifique à l'aide d'une fiche technique afin d'observer des structures cellulaires.	- Coloration différentielle*. - *Coloration topographique.*	L'objectif est de mettre en œuvre une coloration en suivant rigoureusement la procédure d'une fiche technique. L'observation du résultat doit permettre la mise en évidence de structures colorées différemment.
Interpréter une observation microscopique en identifiant des structures spécifiques. Comparer des observations microscopiques de différents types cellulaires.	- *Échelle*.* - Critères de reconnaissance cytologique*. - Moisissure.	L'objectif est de comprendre l'intérêt de l'utilisation de critères pour orienter une observation et de savoir cibler les éléments à observer pour mener une interprétation. Une connaissance exhaustive des critères n'est pas attendue.

T2 – Cultiver des micro-organismes, suivre ou limiter leur croissance

Ce module introduit l'étude de la culture de micro-organismes de façon contrôlée et reproductible à l'aide d'une modélisation quantitative de la croissance en milieu non renouvelé. L'examen de cette modélisation permet de mettre en évidence et d'analyser les méthodes de limitation de la croissance des micro-organismes par des agents physiques, chimiques ou viraux.

document en cours de mise en forme

Notions déjà abordées :

Biotechnologies, classe de première : module 2.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
T2.1 Analyse d'un produit polymicrobien – culture sélective du micro-organisme recherché		
Identifier les étapes d'une procédure de recherche de micro-organisme d'intérêt à partir d'un produit polymicrobien.	- Caractère d'intérêt. - Enrichissement. - Milieu d'isolement*.	A l'aide d'exemples, se limiter à montrer comment certains milieux d'isolement permettent une orientation vers l'identification. Repérer, au sein des différentes étapes de l'analyse d'un produit polymicrobien, l'enrichissement et l'isolement, à l'aide d'exemples d'analyse de produits biologiques polymicrobiens..
T2.2 Modélisation de la croissance en milieu non renouvelé		
Mettre en œuvre un suivi de croissance en tenant compte des points critiques. Faire le lien entre l'atténuance et la biomasse.	- Courbe de croissance. - Biomasse. - Atténuance.	Pour le suivi de croissance, les points critiques sont limités à la température, l'agitation, le volume de l'inoculum, la fréquence des prélèvements, les conditions de stérilité et la nécessité de diluer lorsque l'atténuance dépasse la limite de linéarité. Montrer la proportionnalité entre atténuance et la biomasse. (peut être abordé aussi en lien avec T4.1 / T4.2)
Identifier les phases de la croissance. Déterminer les paramètres cinétiques de la croissance.	- Phases de croissance. - Temps de génération. - Vitesse spécifique en phase exponentielle de croissance.	Se limiter à l'analyse de la courbe ln (biomasse) = f(t) pour repérer et nommer les différentes phases. Le lien avec les mathématiques se fera uniquement sur la phase exponentielle avec la détermination des paramètres cinétiques par le calcul ou par la méthode graphique.
Identifier des paramètres influençant la croissance.	- Conditions physico-chimiques de culture*.	Faire le lien avec les points critiques identifiés plus haut. La mise en évidence expérimentale

document en cours de

		de l'effet d'un ou plusieurs paramètres peut servir l'un ou l'autre savoir-faire.
Repérer les étapes de la mise en œuvre industrielle d'une croissance en bioréacteur.	- Bioréacteur.	
T2.3 Les agents antimicrobiens inhibiteurs de la croissance		
Classer les agents antimicrobiens en agents physiques et agents chimiques. Identifier, à l'aide de documents, des modes d'action d'agents antimicrobiens.	- *Microbicide / microbiostatique.* - Antibiotique. - Antiseptique. - Désinfectant.	*La distinction "-cide / -statique" sera abordée selon les activités choisies.* Se limiter à présenter l'effet de la température et des UV parmi les agents physiques. Citer les agents chimiques principaux : les ammonium quaterrnaires, les détergents, l'éthanol et l'eau de javel. Distinguer antibiotique / antiseptique / désinfectant en fonction des usages pour faire le lien avec leurs propriétés
Exploiter les résultats d'un antibiogramme pour proposer un antibiotique adapté à la souche bactérienne à neutraliser.	- Concentration critique. - *Spectre d'action.* - *Méthode standardisée.* - Sensibilité. - Résistance.	Il s'agit de vérifier, à travers la conclusion portant sur la résistance de la souche, - que l'élève fait le lien entre concentration et diamètre - que l'élève distingue la concentration critique (paramètre physiologique) et la CMI (paramètre expérimental déterminé in vitro)
Identifier, à l'aide de documents, des cibles cellulaires des antibiotiques. Justifier l'usage raisonné des antibiotiques.	- Résistance naturelle / résistance acquise. - Bactéries multi-résistantes.	Le lien entre cible cellulaire et résistance peut se limiter à un exemple, notamment beta-lactamines / paroi / beta-lactamase. L'objectif est de faire le lien entre la transmission de résistances entre bactéries et les plasmides (éventuellement en lien avec le génie génétique (T9.4))

T3 – Caractériser pour identifier des micro-organismes

Dans ce module, les élèves examinent les caractères culturaux et métaboliques des micro-organismes afin de mettre en œuvre une stratégie cohérente d'identification phénotypique jusqu'au niveau de l'espèce.

Notions déjà abordées :

Biochimie-biologie, classe de première : module transversal A.

Biotechnologies, classe de première : modules 1 et 3.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
T3.1 Exploration des caractères morphologiques des micro-organismes utiles à l'orientation		
Prendre en compte les caractères microscopiques dans une démarche d'orientation.	- Caractères microscopiques morphologiques*. - Mobilité bactérienne*.	Il s'agit de remobiliser les concepts dans un objectif d'orientation.
T3.2 Exploration du métabolisme microbien utile à l'identification		
Mettre en évidence le comportement d'une souche vis-à-vis du dioxygène. Distinguer respiration et fermentation.	- Métabolisme énergétique. - Tolérance au dioxygène. - Aérobiose* / anaérobiose.	L'objectif est de faire le lien entre le test réalisé au laboratoire et le caractère métabolique énergétique. Montrer l'importance de ces caractères pour identifier une souche (type respiratoire, fermentation). Se limiter à la notion d'anaérobie stricte pour illustrer le concept de tolérance au dioxygène
Faire le lien entre la couleur d'un indicateur de pH et le pH d'un milieu. Faire le lien entre le pH et la nature glucidique ou protidique du substrat dégradé.	- Indicateur coloré. - Source d'énergie*. - Source de carbone*. - Source d'azote. - Catabolisme. - Métabolites basiques. - Métabolites acides.	Il s'agit de remobiliser les concepts dans un objectif d'orientation. Prioriser le lien entre acidification et métabolisme fermentatif. Viser la capacité à transposer les concepts pour les substrats glucidiques dans l'objectif d'une identification. La dégradation des peptones sera limitée à une analyse comparative avec les substrats glucidiques.
Faire le lien entre l'utilisation de macromolécules comme substrats et la sécrétion d'une enzyme microbienne.	- Macromolécule. - Exo-enzyme.	L'objectif est de faire comprendre que les macromolécules ne rentrent pas dans le cytoplasme mais peuvent être dégradées par une enzyme excrétée, ce qui présente un intérêt dans un

document en cours de mise

		procédé industriel.
Relier la croissance en milieu synthétique avec la capacité métabolique d'utiliser un substrat particulier.	- Auxanogramme. - Milieu synthétique.	L'objectif est de mettre en évidence la différence entre un milieu complexe et empirique avec un milieu synthétique. L'auxanogramme illustre la nécessité de disposer d'un milieu synthétique pour étudier le comportement d'une souche vis à vis d'un seul substrat carboné.
T3.3 Démarche d'identification d'une souche à partir de ses caractères morphologiques, culturaux, et biochimiques		
Mettre en œuvre une démarche raisonnée d'identification d'une souche pure à l'aide de résultats expérimentaux.	- Souche pure. - Examen macroscopique*. - Examen microscopique*. - Test enzymatique oxydase / test enzymatique catalase.	Il s'agit de mettre en place le raisonnement qui consiste à analyser le résultat de tests, l'un après l'autre, pour progresser dans la démarche d'identification. Se limiter aux premières étapes de l'identification (principaux genres bactériens) .
Utiliser la méthode dichotomique pour débuter l'identification d'un micro-organisme. Réaliser l'identification du genre et de l'espèce par la méthode probabiliste.	- Taxon*. - Galerie d'identification. - Caractères phénotypiques. - Caractères discriminants.	Il s'agit de distinguer méthode dichotomique (fondée sur des critères très discriminants) et méthode probabiliste (pourcentage de positivité d'un caractère illustrant la variabilité du vivant) à l'aide d'exemples d'identification. Pour illustrer chaque concept, des exemples sont présentés, mais ne sont pas à connaître. Une micro-galerie est réalisée et exploitée. L'élève doit savoir exploiter les fiches techniques. L'approche probabiliste pourrait être traitée en lien avec le programme de mathématiques.

document en cours de r

T4 – Réaliser un dénombrement de micro-organismes présents dans un produit biologique

Ce module complète l'étude du dénombrement de micro-organismes en milieu solide et la numération directe en cellule de comptage expérimentés en classe de première par la découverte d'autres techniques telles que la détermination de la viabilité cellulaire, la filtration sur membrane et le dénombrement de bactériophages.

Notions déjà abordées :
Biotechnologies première : modules 2 et 4.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
T4.1 Réaliser un dénombrement par numération directe au microscope		
Distinguer les cellules vivantes et les cellules mortes en cytomètre manuel. Exploiter un résultat de numération avec test de viabilité.	- Cellule de comptage*. - Colorant vital. - Pourcentage de viabilité.	L'exploitation d'une fiche technique de cellule de comptage doit être maîtrisée. Se limiter à un ou deux exemples montrant la possibilité d'effectuer un comptage direct en cellule permettant d'accéder à un pourcentage de viabilité, à la différence d'un dénombrement en milieu solide.
T4.2 Réaliser un dénombrement après culture en milieu solide		
Réaliser un dénombrement par filtration sur membrane. Exploiter un résultat de dénombrement issu d'une filtration.	- Unité Formant Colonies (UFC)*. - Membrane filtrante. - Critère microbiologique*. - *Système de filtration.*	L'objectif est de permettre de mettre en évidence les points communs et les différences avec les méthodes de dénombrement dans la masse ou en surface. Le critère microbiologique est utilisé dans un contexte de contrôle microbiologique.
Choisir une méthode de dénombrement en milieu solide adaptée au contexte.	- Filtration. - Dénombrement dans la masse. - Dénombrement en surface. - Méthode normalisée*.	Distinguer les avantages de chaque méthode en fonction de la finalité de l'analyse (méthode normalisée ou non), la richesse attendue et le comportement vis à vis de l'oxygène des bactéries à dénombrer dans le produit à analyser.
Choisir un milieu et des conditions de culture adaptés aux microorganismes à dénombrer.	- Milieu sélectif*. - Conditions physico-chimiques de culture*.	L'approfondissement des concepts de 1ère est nécessaire afin de pouvoir analyser et faire un choix. La connaissance exhaustive des milieux n'est pas attendue, l'élève doit savoir exploiter les fiches techniques.

document en cours de m

T5 – Préparer des solutions utilisables au laboratoire en biologie moléculaire

Ce module développe l'apprentissage des calculs et des gestes spécifiques aux techniques de manipulation de micro volumes caractéristiques des techniques de biologie moléculaire.

Notions déjà abordées :

Biotechnologies, classe de première : module 5.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
T5.1 Calculer et manipuler des micro-volumes		
Choisir le matériel adapté pour préparer une solution en micro-volume. Identifier les points critiques d'un pipetage de micro-volume.	- Micro-volume. - Exactitude*.	L'élève doit savoir faire et expliquer un choix en lien avec la notion d'exactitude dans le contexte. Les outils sont adaptés pour limiter les causes d'erreur.
Calculer les volumes requis en vue de la préparation d'un mélange réactionnel (prémix/mix) à partir de solutions concentrées.	- Concentration finale / concentration initiale*. - Concentration en masse*. - concentration en quantité de matière. - Pourcentage (m/V).	Il s'agit de réinvestir les concepts de dilution au moyen de la mobilisation de concepts mathématiques (manipulation de fractions) et de biochimie (unité, en lien avec la métrologie) .
Mettre en œuvre une procédure nécessitant des micro-volumes. Prendre en compte les risques de contamination des expériences réalisées.	- Risque pour la manipulation.	Une fois les risques d'erreur identifiés, l'attention portée aux gestes critiques (pipetage de microvolumes) et points critiques (contamination) vise l'obtention de résultats expérimentaux fiables. Se limiter à l'exemple de l'utilisation d'une micropipette partagée en biologie moléculaire (PCR).
T5.2 Étiqueter et stocker des solutions		
Étiqueter une solution pour une utilisation ultérieure.	- Traçabilité. - Règles d'étiquetage.	Montrer l'importance de l'étiquetage dans la qualité de la manipulation, à l'aide de critères judicieusement choisis, pour permettre l'utilisation de la solution par un tiers.
Choisir le lieu de stockage adapté aux solutions.	- *Armoire ventilée.* - Température de conservation.	Se limiter au risque de multiplication des microorganismes et de dégradation des produits utilisés en biotechnologies.

Document en cours de rédaction

T6 – Détecter et caractériser les biomolécules

Dans ce module, les élèves acquièrent des techniques de mise en évidence des propriétés immunologiques des biomolécules qui permettent de détecter et d'identifier des antigènes exprimés notamment par des bactéries ou des virus. Le module s'inscrit dans le prolongement de celui de la classe de première et est mis en relation avec les modules S2 et T7 du programme de la classe terminale. Une attention particulière est portée aux points critiques des étapes opératoires ainsi qu'au rôle des témoins à réaliser.

Notions déjà abordées :

Biotechnologies, classe de première : modules C et 6.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
Identifier, dans une procédure, l'antigène et l'anticorps. Déterminer le rôle des différentes étapes de la procédure.	- Test qualitatif*. - Antigène / anticorps.	A partir de l'analyse d'une procédure expérimentale mettant en jeu antigène et anticorps , l'élève peut repérer et nommer ce qui est recherché ou dosé. L'analyse d'une procédure qualitative de recherche d'un antigène ou d'un anticorps lors d'un ELISA est une étape préalable à l'analyse de l'ELISA quantitatif (voir T8.3).
Choisir des témoins adaptés.	- Spécificité*. - Témoin d'efficacité. - Témoin de spécificité.	A partir de l'analyse de leur composition, montrer que ces deux témoins, dont l'un doit donner un résultat positif et l'autre négatif, permettent de vérifier la capacité de l'anticorps à se fixer de façon spécifique sur l'antigène.
Représenter schématiquement l'édifice moléculaire obtenu à partir d'une procédure opératoire et d'un résultat.	- Édifice moléculaire.	Après avoir identifié les acteurs impliqués dans chaque étape de la procédure opératoire, l'élève est en mesure d'établir un édifice moléculaire ordonné.
Mettre en œuvre une réaction d'agglutination. Mettre en œuvre une réaction de précipitation.	- Agglutination. - Précipitation.	Il s'agit de montrer que la formation d'un réseau macroscopique permet de mettre en évidence la liaison antigène/anticorps.

Document en cours de mise en forme

		On se limite à distinguer “agglutination” et “précipitation” à partir de l’analyse de la nature soluble ou particulaire des composants du réseau moléculaire. La mise en œuvre doit être maitrisée à partir d’une fiche technique.
Mettre en œuvre une réaction immuno-enzymatique. Analyser un résultat qualitatif après validation des témoins.	- Conjugué.	Se limiter à d’une technique ELISA pour la recherche d’anticorps ou d’antigène par révélation à l’aide d’un réactif conjugué à une enzyme. Elle peut être présentée à l’occasion d’ELISA quantitatif (voir T8.3).

T7 – Extraire, séparer, purifier les composants d’un mélange.

Ce module vise à comprendre les étapes opératoires mises en œuvre lors de la séparation des composants d’un mélange à visée analytique ou préparative. Il permet de choisir les matériels appropriés en tenant compte des points critiques identifiés. Les modules T6 et T9 ainsi que les modules de la partie L sont mobilisés dès que possible.

Notions déjà abordées : Biotechnologies, classe de première : module 7.		
Pour l’élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
T7.1 Fractionnement d’un mélange hétérogène		
Choisir le filtre adapté aux molécules ou particules à séparer. Préparer et mettre en œuvre une filtration. Identifier les éléments retrouvés dans le filtrat et dans le rétentat.	- Filtration. - *Porosité.* - Filtrat. - Rétentat. - Sédimentation.	Insister, lors de l’analyse du protocole, sur l’importance de la taille limite des particules filtrées (filtrat) ou retenues (rétentat), qui détermine le choix du filtre. Il s’agit de distinguer filtration et sédimentation par des méthodes physiques de séparation différentes.
Équilibrer une centrifugeuse. Mettre en œuvre une séparation par centrifugation. Identifier les éléments retrouvés dans le culot et le surnageant.	- Centrifugation. - Culot. - Surnageant.	On se limite, à partir de l’analyse du protocole, à identifier les éléments présents dans le culot et ceux présents dans le surnageant.

document en cours de mise

T7.2 Séparation des biomolécules par électrophorèse		
Déterminer la charge globale d'une molécule selon le pH du tampon de travail. Prévoir le sens de migration à partir des données fournies.	- Champ électrique. - Anode/cathode. - Molécule chargée*. - Sens de migration.	Il s'agit de déterminer si l'entité chimique est un anion ou un cation au pH de travail de façon à déterminer le sens de migration en lien avec la zone de dépôt des molécules à séparer, en fonction du montage électrique.
Mettre en œuvre une procédure d'électrophorèse en tenant compte des points critiques.	- Tampon de migration. - Support de migration. - Vitesse de migration.	Se limiter aux points critiques essentiels : durée de migration, révélation exposant à un risque chimique, sens de migration. Une maitrise acceptable du geste technique du dépôt est attendue.
Interpréter un électrophorégamme pour identifier les biomolécules séparées.	- Distance de migration. - Marqueur de taille. - Marqueur de masse moléculaire. - *Révélateur spécifique.*	Il s'agit de montrer que la taille des biomolécules séparées est reliée à la masse moléculaire. Les deux termes "marqueur de taille" et "marqueur de masse moléculaire" pourront être utilisés indifféremment, comme référence pour l'identification.
T7.3 Séparation des biomolécules par chromatographie d'exclusion moléculaire dans le but de les purifier		
Distinguer, selon les objectifs et le contexte, une chromatographie préparative et analytique. Schématiser le principe de séparation. Prévoir l'ordre d'élution de molécules en fonction des données fournies. Proposer une méthode de détection des biomolécules dans les fractions obtenues. Mettre en œuvre une procédure de chromatographie sur colonne en tenant compte des points critiques. Interpréter un chromatogramme.	- Chromatographie*. - Phase fixe*. - Phase mobile*. - Exclusion moléculaire.	Se limiter à représenter sous la forme d'un schéma le comportement des molécules qui permet de séparer deux molécules selon leur taille (volume). L'élution sera étudiée sur des mélanges limités à deux molécules. La méthode spectrophotométrique utilisée permet de remobiliser le concept de spectre d'absorption. Se limiter aux points critiques essentiels : geste du dépôt des fractions, réglage du débit, recueil des fractions.

T7.4 Démarche spécifique à l'extraction et la purification d'une enzyme		
Relier une méthode d'extraction à la localisation de l'enzyme.	- Critère de séparation.	Se limiter à mettre en évidence que le choix de la méthode dépend de la localisation de l'enzyme (intracellulaire, extracellulaire, périplasmique) et la nature de l'enveloppe.
Établir le tableau de suivi d'une purification d'enzyme.	- Activité spécifique. - Enrichissement. - Rendement de purification.	Se limiter, à partir d'exemple de résultats, à montrer que - l'évolution de l'activité spécifique rend compte de l'enrichissement. - le rendement de purification traduit la perte de matière à chaque étape.

T8 – Déterminer la concentration d'une biomolécule dans un produit biologique

Initiée dès la classe de première, la détermination de la concentration d'une biomolécule dans un produit biologique est enrichie en classe terminale par la réalisation de dosages mettant en jeu des interactions « enzyme – substrat » ou « antigène – anticorps ». Les conditions opératoires sont analysées et étudiées expérimentalement selon différentes perspectives, dont l'optimisation des techniques. L'exploitation des résultats mobilise et consolide les acquis des modules L3 et L4.

Notions déjà abordées : Biotechnologies, classe de première : modules 6 et 8 Biochimie-biologie, classe de première : module transversal A6, nutrition		
Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
T8.1 Dosage d'un substrat par une méthode enzymatique en point final		
Identifier le rôle des différentes étapes à partir des équations de réaction d'une méthode de dosage de substrat par méthode enzymatique.	- Réactions enzymatiques couplées. - Réaction enzymatique totale. - *Réaction enzymatique terminée.* - Réaction principale - Réaction auxiliaire. - Réaction indicatrice.	A partir de protocoles simples comprenant 2 ou 3 réactions enzymatiques, insister sur la nécessité d'une réaction principale qui consomme le substrat dosé et une réaction indicatrice qui permet de le quantifier. Se limiter à une quantification spectrophotométrique.

document en cours de mise en

Établir la stœchiométrie de la (des) réaction(s) reliant la molécule indicatrice et le substrat à doser.	- Chromogène / chromophore*. - Molécule en excès. - Molécule limitante.	Se limiter à vérifier, à l'aide de la stoechiométrie, la formule de calcul dans le cas où on n'utilise pas une méthode par comparaison.
Analyser une procédure pour expliquer la composition des milieux réactionnels. Repérer, dans une fiche technique, les conditions opératoires.	- Point final*. - Concentration en substrat à doser.	Pour catégoriser une méthode en point final, se limiter à repérer la molécule à doser dans le milieu réactionnel, les réactifs et la durée de la réaction.
A partir d'un mode opératoire, établir le tableau de manipulation d'un dosage avec une gamme d'étalonnage ou avec un étalon unique. Mettre en œuvre une procédure du dosage de substrat par méthode enzymatique en point final en tenant compte des points critiques.	- Loi de Beer Lambert*. - Etalon unique*. - Gamme d'étalonnage*.	Mobiliser les acquis de première sur la spectrophotométrie. A partir de l'analyse d'un protocole, se limiter à distinguer une méthode de dosage avec un étalon unique et une méthode de dosage avec une gamme d'étalonnage. Se limiter aux points critiques essentiels : lecture correcte de la procédure présentée en tableau, traitement en parallèle des étalons et essais, reproductibilité des pipetages.
T8.2 Dosage d'une activité enzymatique (z) et de sa concentration d'activité (b)		
Mettre en œuvre un suivi de réaction enzymatique en fonction du temps. Déterminer la période initiale d'une cinétique enzymatique. Déterminer la vitesse initiale d'une réaction.	- Cinétique enzymatique. - Période initiale. - Vitesse initiale.	Il s'agit d'effectuer un ou deux suivis cinétiques pour identifier comme geste critique la mesure du temps. Se limiter à l'analyse de la courbe obtenue par suivi de la cinétique pour déterminer un intervalle de temps pour lequel la vitesse est constante et déterminée par la pente de la tangente à la courbe (en lien avec PC-M).
Analyser l'effet des conditions physico-chimiques sur l'activité enzymatique.	- Température optimale*. - Thermostatisation. - pH optimal*. - Tampon.	Montrer, par une mise en œuvre à l'échelle de la classe, ou par une analyse de résultats, l'effet des conditions physico-chimiques en construisant une courbe

document en cours de m

		secondaire représentant les variations de Vi en fonction de la température ou du pH.
Repérer les conditions opératoires dans une fiche technique de mesure d'activité enzymatique.	- Cinétique en continu - Méthode « deux points ». - *Molécule en excès.* - *Molécule limitante.*	Se limiter à repérer les points critiques de la manipulation (température constante, solution tamponnée, précision du temps, durée inférieure à la période initiale) pour substituer une détermination en méthode deux points à une méthode cinétique en continu. *Pour une mesure d'activité enzymatique, la réflexion sur les molécules en excès ou limitantes est moins accessible que pour le dosage de substrat.*
Établir la stœchiométrie de la (des) réaction(s) entre le substrat et le produit. Mettre en œuvre une procédure du dosage d'activité enzymatique par méthode cinétique en continu et par méthode « deux points » en tenant compte des points critiques.	- *Temps de réaction.* - Conditions opératoires*.	Se limiter à montrer que la stœchiométrie permet de vérifier la formule de calcul à partir de protocoles simples. La mise en œuvre est à envisager dans le cadre d'un contexte thématique ou d'un projet, afin de développer des compétences expérimentales (composition du milieu réactionnel, geste technique, calculs préliminaires, exploitation des résultats par calcul et rendu d'une conclusion). La méthode "deux points", plus simple à mettre en œuvre, peut être privilégiée dans cette approche globale.
Calculer, à l'aide d'une formule fournie, l'activité catalytique *z* et la concentration d'activité catalytique *b*.	- Activité enzymatique *z*. - Unités d'activité enzymatique. - Concentration	Un accompagnement est prévu pour ce calcul. L'élève est capable, selon l'exercice proposé: - de rendre un résultat expérimental quantitatif à partir de l'équation aux grandeurs donnée. - de vérifier une équation aux grandeurs en établissant l'équation aux unités - d'effectuer l'opération à partir

ocument en cours de

Interpréter le résultat obtenu à l'aide de valeurs de références.	d'activité catalytique *b*.	de l'équation aux valeurs numériques. Les grandeurs *z* et *b*, et leurs unités particulières, sont utilisées pour l'interprétation mais leur maîtrise théorique n'est pas attendue (S1.7 se limitant au concept générique d'activité)
T8.3 Dosage d'une molécule par une réaction antigène-anticorps		
Expliquer l'établissement d'un gradient de concentration de la molécule déposée dans le puits dans le cas des méthodes en milieu gélosé.	- Diffusion. - Gradient de concentrations.	Se limiter à expliciter, dans la méthode de Mancini, la diffusion radiale à partir d'un puits se traduisant par diminution de la concentration de la molécule d'intérêt en fonction de la distance. Le concept de "diffusion radiale" peut être transposé à l'antibiogramme et distingué de la migration dans un champ électrique lors d'une électrophorèse sur gel.
Schématiser le réseau antigène-anticorps au niveau de la zone d'équivalence.	- Spécificité. - Réaction antigène - anticorps. - Zone d'équivalence. - Précipitation.	L'intérêt est de montrer, par un schéma, la structure moléculaire du réseau formé lors d'une précipitation, en raison de la multivalence de l'antigène et de l'anticorps.
Interpréter les résultats d'une méthode immuno-enzymatique.	- Courbe d'étalonnage.	Se limiter à exploiter la partie pseudo-linéaire de la courbe sigmoïde d'étalonnage d'un ELISA direct ou indirect pour déterminer une concentration en anticorps ou en antigène. L'analyse d'un ELISA compétitif n'est pas attendue au niveau terminale.

document en cours de m

T9 – Utiliser les technologies de l'ADN

En classe terminale, les élèves sont sensibilisés à l'environnement de travail, aux exigences spécifiques à la pratique de la biologie moléculaire et aux enjeux de société liés aux technologies de l'ADN. L'exploitation de ressources numériques complète ou introduit les démarches expérimentales du programme : la PCR (*polymerase chain reaction*), la digestion enzymatique d'une molécule d'ADN ou l'utilisation de banques de données d'ADN.

Notions déjà abordées :
Biochimie-biologie, classe de première : modules transversaux A7, A8, A9, B6, D1 et D4.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour le professeur, au cours de la formation
Savoir-faire	**Concepts**	**Activités technologiques**
T9.1 Préparation d'une solution d'ADN utilisable au laboratoire		
Déterminer le rôle des étapes d'une extraction d'ADN en lien avec les structures cellulaires.	- Lyse cellulaire. - Déprotéinisation. - Solubilité différentielle.	L'approche technique de ces concepts est l'occasion de mettre en lien les propriétés des biomolécules, les moyens de les séparer et l'organisation de la cellule.
Identifier les points critiques d'une extraction d'ADN. Mettre en œuvre une procédure d'extraction et de purification d'ADN.	- *ADN exogène.* - Nucléases.	*Le concept d'ADN exogène lors de l'extraction peut ne pas constituer un point critique (en absence d'amplification par exemple).* Les nucléases sont évoquées pour justifier certaines précautions (qualité de l'eau, port de gants, pipettes dédiées ou cônes à filtres). Se limiter à une procédure d'extraction sans attendre la maîtrise des différentes procédures possibles (ADN végétal ou bactérien, chromosomique ou plasmidique…)
Contrôler l'efficacité de l'extraction d'ADN.	- Pureté.	En lien avec les propriétés physico-chimiques spectrales présentées S3.1. Se limiter au rapport A260/A280 comme critère de pureté.
T9.2 Amplification d'un fragment d'ADN par une technique de PCR		
Distinguer, selon les objectifs et le contexte, une PCR préparative et analytique.	- Gène d'intérêt. - *Séquence-cible.*	L'objectif est de repérer, dans les éléments du contexte, les indications permettant d'identifier l'intérêt de la PCR envisagée. L' amplification d'un fragment d'ADN peut servir à mettre en évidence la présence d'un ADN d'intérêt L'amplification peut également être utilisée pour produire une quantité d'ADN suffisamment importante pour conduire une autre analyse plus précise (par exemple un séquençage).

document en cours de m

Déterminer le rôle de chaque composant du réactif de PCR en lien avec les mécanismes de réplication.	- Amorces. - Spécificité*.	Le réactif de PCR contient les composants du mélange réactionnel sans l'ADN matrice : se limiter à un rôle pour chaque composant dNTP, tampon, Taq polymérase, amorce, eau de qualité "biologie moléculaire".
Repérer les étapes des réactions d'un cycle de PCR à partir d'une procédure. Expliquer l'intérêt de la répétition des cycles de PCR.	- Dénaturation. - Hybridation. - Élongation. - Amplification. - *Amplicon.*	Se limiter à l'analyse de deux procédures mobilisant le principe de la PCR pour repérer les trois étapes d'un cycle de PCR ainsi que la répétition de ces cycles. En lien avec l'enseignement de mathématiques, montrer comment l'amplification exponentielle des fragments d'ADN qui permet d'obtenir des quantités d'amplicons suffisantes pour être détectées sur un gel d'agarose, après migration. *La notion d'amplicon se limite à désigner le produit d'amplification.*
Mettre en œuvre une technique de PCR en respectant les points critiques.	- Marche en avant.	Se limiter à l'identification d'un point critique essentiel, le risque de contamination par un ADN produit d'une amplification précédente , qui est partiellement résolu par la marche en avant (paillasse dédiée). Voir T5.1 pour la manipulation des microvolumes.
Vérifier le résultat et la qualité de la PCR par électrophorèse.	- Charge. - Marqueur de taille. - Témoins*.	L'objectif est d'analyser le résultat de migration obtenu après électrophorèse en s'appuyant sur les propriétés de l'ADN : molécule chargée soumise au champ électrique (voir T7.2), migration des amplicons proportionnelle à leur taille . Le concept de "marqueur de taille" est limité à la migration différentielle sur le gel d'agarose en présence d'un champ

Document en cours de

		électrique des différents fragments qui le composent. Des témoins simples sont envisagés ici: - "témoin positif contenant l'ADN d'intérêt - "témoin négatif" ne contenant pas d'ADN d'intérêt pour vérifier l'absence de contamination d'un réactif.
T9.3 Digestion d'une molécule d'ADN par une enzyme de restriction		
Choisir une enzyme de restriction adaptée pour digérer un fragment d'ADN dans un contexte donné. Prévoir la taille des fragments d'ADN digérés	- Endonucléase. - Site de restriction. - *Bouts collants / bouts francs.* - Produits de digestion.	Il s'agit ici de repérer l'activité endonucléase d'une enzyme de restriction en identifiant le site spécifique de coupure dans l'ADN double brin par sa séquence nucléotidique. Le concept de "site de restriction" se limite à l'appropriation de l'écriture de la séquence cible. Le concept de "produit de digestion" se limite au calcul de la taille des produits de la digestion d'une molécule d'ADN, en particulier un plasmide, par l'enzyme de restriction.
T9.4 Clonage d'un fragment d'ADN		
Décrire les caractéristiques d'un vecteur de clonage. Explorer les outils permettant de choisir l'enzyme de	- Plasmide. - Origine de réplication. - Marqueur de sélection. - Promoteur. - Gène rapporteur - Site de clonage multiple.	Un vecteur de clonage est entendu ici comme un plasmide permettant l'amplification d'un fragment d'ADN d'intérêt dans des bactéries. On se limite aux caractéristiques essentielles : - origine de réplication dont mécanisme de fonctionnement n'est pas attendu, - gène de sélection des organismes transformés par résistance aux antibiotiques, - gène rapporteur associé à son promoteur pour l'identification des clones transformés par un plasmide recombinant (criblage). Le savoir-faire lié au choix d'une enzyme de restriction se limite à l'utilisation de logiciels simples (NEBcutter par exemple) ou de

document en cours de

restriction appropriée.		listes d'enzymes, en lien avec la liste des sites de restriction d'un site de clonage multiple.
Décrire les étapes d'un clonage.	- Digestion. - Ligation. - Cellule compétente. - Transformation. - Sélection.	Plutôt que la description sans support, on pourra viser la capacité à "repérer" ces étapes dans un document. La sélection est envisagée dans le sens d'élimination des cellules non transformées. *Le concept de criblage (repérage des clones de cellules transformées par un ADN recombinant) n'est pas attendu.*
T9.5 Enjeux des technologies de l'ADN pour la société		
S'interroger sur la dimension éthique d'une innovation technologique ou sociétale en lien avec la biologie moléculaire.	- Bioéthique. - Données génétiques personnelles.	La bioéthique est un concept très complexe qu'il convient de commencer à aborder pour initier une réflexion. L'objectif est de développer l'esprit critique au-delà de l'analyse des résultats expérimentaux en abordant les questions de société et d'éthique qui peuvent-être soulevées par une innovation technologique. La dimension sensible des données génétiques est évoquée à partir d'exemples, en lien avec la protection des données personnelles.
Repérer l'intérêt et les limites de la vulgarisation scientifique à partir d'un exemple donné.	- Vulgarisation scientifique.	A partir d'un exemple qui peut être le projet technologique de l'élève, l'objectif est d'amener l'élève à identifier les points essentiels à présenter à un interlocuteur. La dimension "grand public" de certaines communications scientifiques peut être mise en évidence pour valoriser la culture scientifique des élèves.

document en cours de

T10 – Découvrir les technologies cellulaires végétales

Les biotechnologies contribuent à l'amélioration des plantes cultivées pour les besoins humains. Elles mettent en œuvre des technologies cellulaires végétales auxquelles les élèves sont sensibilisés par la réalisation d'expériences simples et par des observations au microscope de cellules spécialisées et dédifférenciées.

Notions déjà abordées :

Biochimie-biologie, classe de première : module transversal B4

Biotechnologies, classe de première : modules 1 et 2

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		
Savoir-faire	**Concepts**	
T10.1 Manipulation d'explants végétaux		
Expliquer le rôle des conditions de culture et les composants du milieu lors des cultures *in vitro* des végétaux. Repérer les caractéristiques permettant de distinguer une cellule spécialisée d'une dédifférenciée.	- Totipotence. - Hormone de croissance. - Micropropagation. - Dédifférenciation.	
T10.2 Applications des biotechnologies végétales		
Distinguer les techniques de modification génétique des plantes, les techniques d'hybridation et les techniques de sélection artificielle. Repérer le principe général de la transgenèse végétale dans des documents présentant des techniques de modification d'une plante. S'interroger sur les enjeux éthiques et socio-économiques des biotechnologies végétales.	- Transgenèse. - Expression ectopique. - Organisme génétiquement modifié (OGM).	

document en cours de mise en forme