



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE
ET DE LA JEUNESSE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : AGREGATION INTERNE et CAERPA INTERNE

Section : BIOCHIMIE GENIE BIOLOGIQUE

Session 2022

Rapport de jury présenté par : Jean-Marc RICORT

Professeur des universités et président du jury

SOMMAIRE

Renseignements statistiques.....	Page 3
Avant-propos du Président.....	Page 5
Epreuves d'admissibilité	Page 8
Première épreuve.....	Page 8
Deuxième épreuve	Page 14
Epreuves d'admission.....	Page 20
Première épreuve.....	Page 20
Deuxième épreuve	Page 25
Conclusion générale.....	Page 52

RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

Agrégation interne

Nombre de postes	8
Candidats inscrits	104
Candidats présents aux deux épreuves d'admissibilité	70
Candidats admissibles	21
Candidats présents aux épreuves d'admission	21
Candidats proposés pour l'admission	8
<u>Epreuves d'admissibilité</u>	
Moyenne des candidats présents	7,84
Moyenne des candidats admissibles	10,69
Moyenne du dernier candidat admissible	9,56
<u>1^{ère} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	8,05
Moyenne des candidats admissibles	10,67
Note maximale	14,48
<u>2^{ème} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	7,52
Moyenne des candidats admissibles	10,71
Note maximale	13,80
<u>Epreuves d'admission</u>	
Moyenne des candidats présents	12,11
Moyenne des candidats admis	14,01
Moyenne la plus élevée	16,95
Moyenne du dernier candidat admis	12,30
<u>1^{ère} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	12,24
Moyenne des candidats admis	15,13
Note maximale	18,00
<u>2^{ème} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	11,98
Moyenne des candidats admis	12,90
Note maximale	15,90
<u>Ensemble du concours</u>	
Moyenne des candidats présents	11,40
Moyenne la plus élevée	13,94
Moyenne des candidats admis	12,56
Moyenne du dernier candidat admis	11,87

RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

Concours d'accès à l'échelle de rémunération des professeurs agrégés (CAERPA)

Nombre de postes	2
Candidats inscrits	19
Candidats présents aux deux épreuves d'admissibilité	10
Candidats admissibles	3
Candidats présents aux épreuves d'admission	3
Candidats proposés pour l'admission	2
<u>Epreuves d'admissibilité</u>	
Moyenne des candidats présents	7,21
Moyenne des candidats admissibles	9,46
Moyenne du dernier candidat admissible	8,39
<u>1^{ère} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	8,14
Moyenne des candidats admissibles	8,95
Note maximale	11,44
<u>2^{ème} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	6,28
Moyenne des candidats admissibles	9,97
Note maximale	11,04
<u>Epreuves d'admission</u>	
Moyenne des candidats présents	11,65
Moyenne des candidats admis	13,35
<u>1^{ère} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	13,33
Moyenne des candidats admis	14,00
Note maximale	15,00
<u>2^{ème} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	9,97
Moyenne des candidats admis	12,70
Note maximale	12,80
<u>Ensemble du concours</u>	
Moyenne des candidats présents	10,55
Moyenne la plus élevée	12,57
Moyenne des candidats admis	11,67
Moyenne du dernier candidat admis	10,77

Avant-propos

En introduction de ce rapport, le jury souhaite adresser ses plus sincères félicitations aux dix lauréats de la session 2022 qui ont su faire la démonstration de leur investissement soutenu dans la préparation de ces différentes épreuves. Le jury félicite également l'ensemble des candidats admissibles non retenus et les encourage vivement, ainsi que l'ensemble des candidats qui se sont présentés à ce concours, à renouveler leur candidature lors de la prochaine session. Le jury encourage également fortement tous les candidats qui ambitionneraient de se présenter à ne pas faire preuve d'autocensure et à s'inscrire à ce concours afin de passer les épreuves.

Les concours de l'agrégation interne et du CAERPA interne de biochimie génie biologique ont pour vocation de permettre à des enseignants de biochimie génie biologique en activité d'accéder au grade de professeur agrégé. Lors de cette session 2022, 123 candidats se sont inscrits et 80 d'entre eux se sont présentés aux deux épreuves d'admissibilité, soit un taux de présence de 65 % en très forte augmentation par rapport aux trois sessions précédentes, sessions 2021 (58,6 %), 2020 (51,9 %), et 2019. Le jury se félicite de ce constat et encourage très fortement les candidats des prochaines sessions à poursuivre dans cette dynamique de s'inscrire et passer les deux épreuves d'admissibilité. En effet, la confrontation aux épreuves écrites de notre concours représente un excellent exercice d'enrichissement et d'approfondissement des connaissances et compétences dans les multiples champs disciplinaires qui caractérisent notre spécialité. Cette invitation forte à passer ce concours concerne, bien évidemment, chaque enseignant(e) de biochimie génie biologique, quel que soit le secteur de spécialité des biotechnologies ou de la biologie dans lequel il (elle) dispense son enseignement.

Les concours de l'agrégation interne et du CAERPA interne de biochimie génie biologique sont des concours difficiles qui nécessitent de la part des candidats un travail de préparation très approfondi, aussi bien dans l'acquisition des contenus scientifiques attendus, que dans la prise en compte des attentes du jury pour chacune des épreuves. L'agrégation interne de biochimie génie biologique couvre des champs disciplinaires à la fois très vastes et très variés tels que la biochimie, la microbiologie, l'immunologie, la biologie cellulaire, l'hématologie, la biologie moléculaire et la physiologie humaine. Cette diversité de domaines, dans lesquels une expertise pointue est demandée pour espérer une quelconque chance de réussite, impose aux candidats une préparation en amont très rigoureuse. Cette dernière doit permettre aux candidats de développer, affirmer et/ou consolider leurs multiples compétences professionnelles ainsi que d'approfondir et enrichir leurs connaissances scientifiques et technologiques telles qu'exigées de la part d'un professeur agrégé de biochimie génie biologique. Ce rapport de jury a pour vocation d'aider à cette préparation en précisant, notamment, les objectifs des différentes épreuves.

Epreuves d'admissibilité

Les épreuves d'admissibilité conjuguent l'évaluation de connaissances scientifiques et technologiques à celle des qualités pédagogiques requises pour un enseignant. Le jury attend donc que le candidat fasse la démonstration qu'il est capable de construire un développement structuré, rigoureux, concis et scientifiquement actualisé, tout en faisant preuve de qualités didactiques et pédagogiques.

La première épreuve s'articule autour d'un ou plusieurs thèmes technologiques abordés dans leurs dimensions scientifiques et technologiques ainsi que pédagogiques. Afin de permettre au candidat l'identification du registre évalué par le jury et lever ainsi toute ambiguïté sur les attendus de chaque question, celles-ci sont respectivement identifiées par les lettres « ST » et « P ». Au cours de cette épreuve, le candidat doit faire la démonstration de ses capacités d'analyse et de réflexion ainsi que de son aptitude à construire des enseignements originaux de qualité.

La seconde épreuve mobilise les connaissances et compétences scientifiques du candidat qui doit élaborer un devoir de synthèse sur une question portant sur un domaine couvert par les champs de la spécialité. L'exercice est de ce fait très exigeant et impose une préparation sérieuse de la part du candidat qui doit faire la démonstration du niveau et de l'actualisation de ses connaissances ainsi que de sa capacité à les organiser de manière didactique. Il nécessite notamment de cerner avec précision et justesse l'énoncé proposé et de pouvoir construire un devoir faisant appel non seulement à des

connaissances et compétences dans le domaine proposé mais également à des connaissances et compétences transversales, valorisant ainsi la vision intégrée des candidats et leur maîtrise des différents champs disciplinaires de nos disciplines.

Une présentation plus détaillée des attendus des épreuves d'admissibilité de la session 2022 est précisée plus loin dans ce rapport.

Le jury rappelle que les définitions des épreuves d'admissibilité de l'agrégation interne et du CAERPA interne de biochimie génie biologique ont été modifiées depuis la session 2021 et qu'elles sont disponibles à l'adresse suivante : <https://www.devenirensignant.gouv.fr/cid98739/les-epreuves-de-l-agregation-interne-et-du-caerpa-section-biochimie-genie-biologique.html>).

Épreuves d'admission

La première épreuve d'admission s'inscrit dans une démarche de projet qui vise à construire une transposition pédagogique élaborée à partir d'une étude scientifique et technologique.

L'étude scientifique et technologique reproduit la situation d'un enseignant qui construit un enseignement contextualisé et actualisé en prenant appui sur divers procédés de biotechnologies (production de biens, recherche, R&D, analyse, contrôle qualité, ...) tout en tenant compte de l'évolution des activités expérimentales dans les laboratoires. L'étude doit faire la démonstration que le candidat est devenu « expert » dans le domaine qu'il a lui-même librement choisi. Ainsi, il doit montrer qu'il s'est posé les questions expliquant les choix scientifiques et technologiques effectués, pour faire la preuve de ce niveau expert. Dans cet objectif, le candidat s'emploie à approfondir ses savoirs scientifiques, technologiques et techniques en s'appuyant sur les activités professionnelles réalisées au sein d'un laboratoire ou d'une entreprise. Il peut également, si cela lui paraît pertinent et nécessaire, enrichir et compléter son étude par des données économiques et/ou des problématiques sociétales ou éthiques associées à des procédés biotechnologiques. Afin de garantir une adéquation de l'étude avec le contexte professionnel actuel des différents secteurs d'application des biotechnologies, le candidat peut avantageusement effectuer un stage massé ou perlé en entreprise ou en laboratoire. Le candidat doit porter une attention toute particulière sur le fait que cette démarche de projet doit, en tout premier lieu, prendre en compte les besoins de formation des élèves en lien avec la réalité du contexte du monde professionnel utilisant les biotechnologies. Ainsi, le candidat doit veiller à ne pas se tromper en construisant une étude portant sur un procédé technologique, certes novateur, attractif ou moderne, mais déconnecté de la réalité des domaines professionnels dans lesquels s'insèrent nos élèves et étudiants. C'est l'analyse réflexive qu'il mène globalement sur sa pratique et les retours des étudiants qui doivent guider ces choix.

Afin de remplir aux attentes de l'épreuve, le dossier peut légitimement comporter deux parties :

- une étude scientifique et technologique que le candidat replacera dans son contexte, notamment en lien avec l'objectif pédagogique visé à l'origine du projet. Si la réalisation d'un stage en entreprise ou en laboratoire de recherche n'est pas obligatoire, le jury constate que les dossiers construits à partir de telles expériences professionnelles, fort enrichissantes pour les candidats, portent alors une dimension factuelle, réaliste et actualisée qui représente un élément très favorable ;

- une mise en application pour un niveau de classe donné, un référentiel de l'enseignement supérieur, un référentiel professionnel de STS ou un programme de biotechnologies en CPGE voire en BUT génie biologique, une progression choisie et justifiée.

La problématique de la transposition des activités technologiques et techniques décrites sera abordée afin de prendre en compte les contraintes propres à un environnement de formation (matériels disponibles, horaires, groupe classe, coût, prévention-sécurité, ...). Elle présentera les modalités de mise en œuvre (opérationnalisation) en lien avec les objectifs de formations ambitionnés, les activités effectuées par les étudiants, les documents supports de ces activités ainsi que les modalités d'évaluation. Le jury apprécie lorsque des aspects interdisciplinaires pertinents et apportant une réelle plus-value sont proposés afin de nourrir l'analyse des choix pédagogiques et opérationnels adoptés.

La seconde épreuve d'admission place les candidats dans la réalisation pratique d'activités technologiques. Elle ne se limite pas à la seule mise en œuvre de protocoles opératoires mais place également le candidat dans une dimension métier au travers de mises en situation. Le jury rappelle que cette épreuve est relativement difficile pour plusieurs raisons. Tout d'abord, par sa durée de 8 heures qui impose aux candidats une très bonne gestion du temps en termes d'endurance et de maintien de la concentration tout au long de l'épreuve. D'autre part, par le fait qu'elle couvre des domaines imposés et

divers des biotechnologies qui demandent au candidat de mettre en œuvre des activités technologiques relevant de différents champs de nos spécialités. Les manipulations proposées permettent d'évaluer des compétences technologiques et techniques de base telles que celles enseignées à nos élèves et étudiants mais, de par leur diversité, obligent à une polyvalence, une adaptabilité et une aptitude à intégrer rapidement des protocoles opératoires parfois totalement nouveaux pour certains candidats. Il est donc vivement conseillé aux futurs candidats de s'approprier ou se réapproprier certains gestes techniques en amont de l'épreuve en se plaçant par exemple en situation d'« élève/étudiant ». En effet, le jury rappelle que l'acquisition pérenne d'une gestuelle technique précise et adéquate ne peut se faire sans sa mise en œuvre concrète et itérative. De même, il est conseillé aux candidats de s'informer sur les méthodologies et techniques récentes afin de pouvoir s'adapter rapidement dans un contexte, de plus, très particulier, celui d'une épreuve de concours. Afin de prendre un repas, s'hydrater et se ressourcer, chaque candidat dispose d'une heure à prendre de façon bi-fractionnée. L'ensemble de l'épreuve couvre donc 9 heures dont 8 heures d'activités technologiques. Il est très fortement recommandé aux candidats de ne pas faire le mauvais choix d'une activité à « marche forcée », durant plusieurs heures consécutives, sans aucune respiration intellectuelle. En effet, un phénomène d'épuisement intellectuel s'installant souvent brutalement affecte alors profondément la lucidité indispensable pour mener à bien l'ensemble de l'épreuve.

Le jury rappelle que les définitions des épreuves d'admission de l'agrégation interne et du CAERPA interne de biochimie génie biologique ont été modifiées depuis la session 2021 et qu'elles sont disponibles à l'adresse suivante : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98739/les-epreuves-de-l-agregation-interne-et-du-caerpa-section-biochimie-genie-biologique.html>). Ces nouvelles définitions, plus explicites et concises, ne modifient ni les attendus généraux des épreuves, ni leur durée.

Pour conclure, le jury espère sincèrement que ce rapport sera utile aux futurs candidats à l'agrégation interne et au CAERPA interne de biochimie génie biologique et qu'il sera un moteur de motivation pour vous inscrire et passer les épreuves de la prochaine session.

Jean-Marc RICORT
Président du jury

EPREUVES D'ADMISSIBILITE

Les sujets des épreuves d'admissibilité sont en ligne sur le site du Ministère : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid156537/sujets-rapports-des-jurys-agregation-2022.html>

Première épreuve

Durée : 6 heures
Coefficient : 1

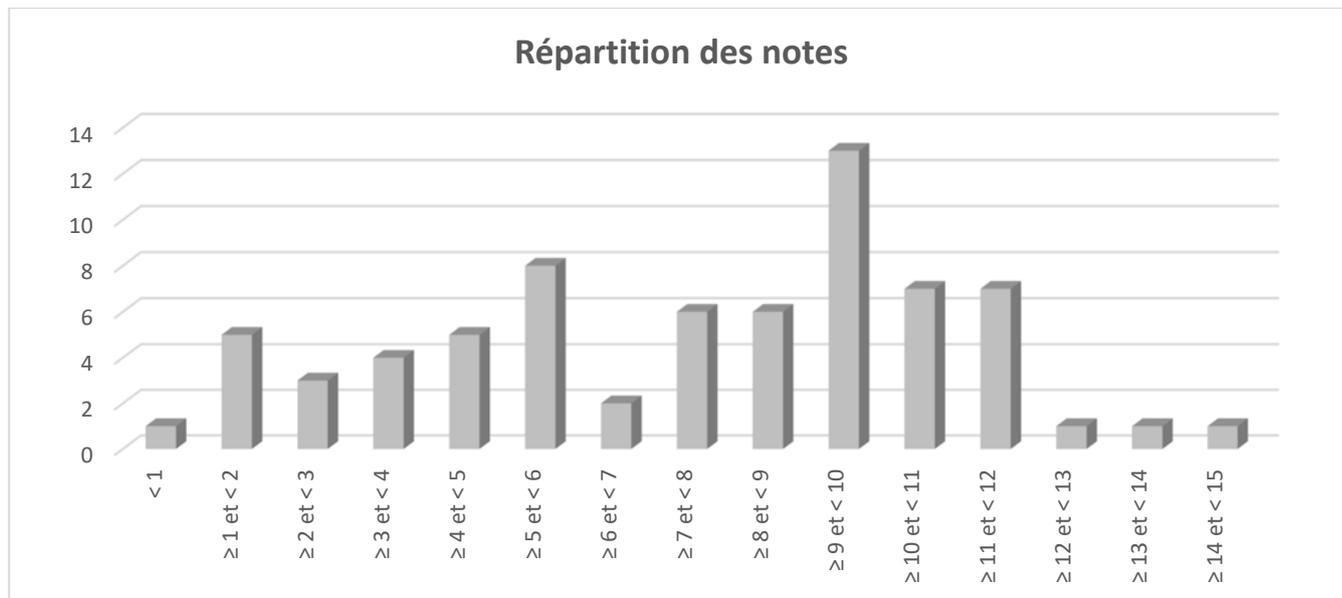
Résultats de l'épreuve

Agrégation
Interne

72 candidats ont composé.

< 1	1	≥ 8 et < 9	12
≥ 1 et < 2	2	≥ 9 et < 10	9
≥ 2 et < 3	2	≥ 10 et < 11	9
≥ 3 et < 4	4	≥ 11 et < 12	4
≥ 4 et < 5	2	≥ 12 et < 13	3
≥ 5 et < 6	7	≥ 13 et < 14	3
≥ 6 et < 7	7	≥ 14 et < 15	1
≥ 7 et < 8	6		

La moyenne générale de l'épreuve est de 8,05. La meilleure note est de 14,48/20.

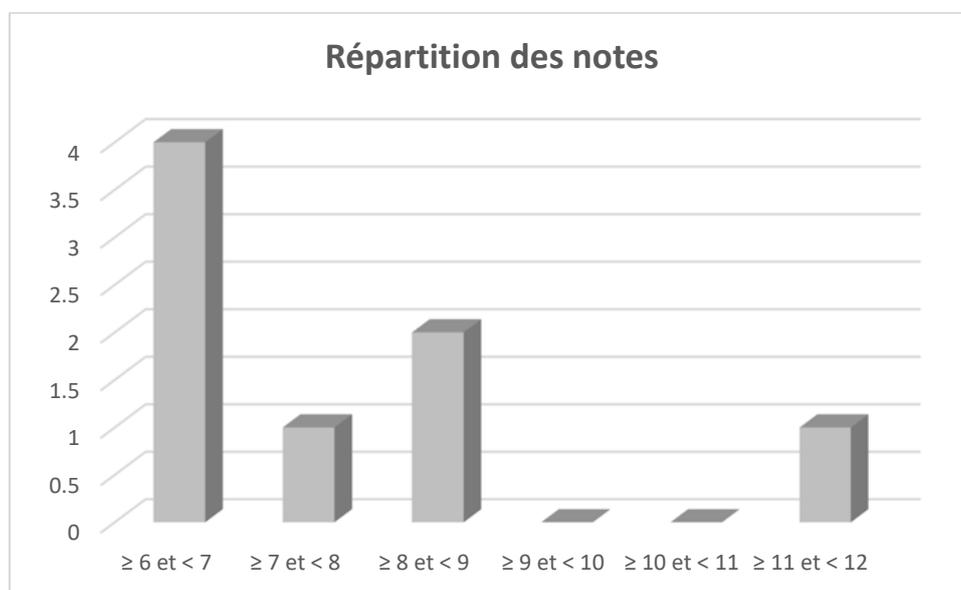


CAERPA
interne

10 candidats ont composé.

≥ 6 et < 7	4	≥ 9 et < 10	2
≥ 7 et < 8	1	≥ 11 et < 12	1
≥ 8 et < 9	2		

La moyenne générale de l'épreuve est de 8,14. La meilleure note est de 11,44/20.



Rapport du jury

Structure et objectifs de l'épreuve

L'épreuve prend appui sur des documents relatifs à une(des) problématique(s) biotechnologique(s) et comporte deux grands types de questions qui permettent d'évaluer :

- d'une part, la capacité du candidat à utiliser ses connaissances scientifiques et technologiques pour soit expliciter ou valider les solutions retenues, soit expliquer ou analyser les résultats expérimentaux obtenus (questions identifiées par les lettres **ST**);
- d'autre part, les capacités du candidat à utiliser le(s) support(s) proposé(s) pour élaborer, à un niveau de formation déterminé, soit un exercice permettant l'évaluation des connaissances et compétences acquises par les élèves, soit une séance ou une séquence d'enseignement (questions identifiées par la lettre **P**). A ce propos, le jury rappelle qu'il est essentiel que le candidat veille à situer correctement l'exercice dans un processus d'apprentissage et par rapport aux autres enseignements scientifiques ou technologiques associés.

Le sujet de la session 2022 était organisé en deux parties indépendantes et comportait 22 questions mobilisant des connaissances scientifiques et technologiques (questions **ST**) ainsi que 3 questions pédagogiques (questions **P**).

Commentaire général

Le jury tient à féliciter l'ensemble des candidats car une très grande majorité d'entre eux a traité le sujet dans son ensemble et rares sont ceux qui ont négligé les questions pédagogiques (notées **P**). Comme indiqué dans le rapport de la session précédente, ces dernières représentent actuellement 30 % de la note finale et ont donc souvent fait la différence entre les candidats sur cette épreuve. Du fait de leur importance quantitative dans le barème de l'épreuve, ces questions demandent donc aux candidats de leur consacrer un temps significatif. Cette réflexion didactique doit répondre à des objectifs d'apprentissage judicieusement définis, nécessitant, par conséquent, de la part des candidats, de délimiter les prérequis, l'organisation pratique (travail en groupe, salles, nombre d'heures) ainsi qu'une démarche méthodologique destinée à des élèves/étudiants qui soit claire, pertinente et adaptée au niveau requis. Ainsi, l'élaboration des questions pédagogiques requiert une préparation indiscutable nécessitant une très bonne gestion du temps de l'épreuve afin d'éviter toute improvisation courte et non raisonnée préjudiciable aux candidats. Le jury a valorisé les réponses bien construites et hiérarchisées même si celles-ci pouvaient, parfois, être très synthétiques et dans lesquelles la projection dans la salle de classe était aisée et fondée.

L'esprit de synthèse demeure une compétence clé qui démontre la capacité d'un enseignant à aller à l'essentiel afin d'expliquer un savoir ou un savoir-faire. Ainsi, dans un souci d'optimisation du temps et afin de pouvoir répondre à l'ensemble du sujet, le jury conseille aux candidats d'entrer directement dans le sujet et la rédaction des réponses aux questions sans paraphraser inutilement l'intégralité du contexte ou de se perdre en de trop longues introductions.

Comme indiqué dans la définition de l'épreuve, le sujet évalue la capacité du candidat à conduire l'analyse de plusieurs documents par l'intermédiaire de questions scientifiques et techniques (indiquées par les lettres ST). Ce travail demande, après une très brève introduction lorsque celle-ci s'avère nécessaire, une présentation rigoureuse des résultats, en prêtant une attention toute particulière aux contrôles réalisés. Cette présentation doit être purement factuelle, sans donner lieu à de quelconques éléments de discussion, et doit permettre la construction d'un raisonnement clair judicieusement illustré qui aboutisse à la formulation d'une hypothèse ou d'une conclusion pertinente. Le jury constate avec regret que beaucoup trop de candidats se dispersent, ne hiérarchisent pas les informations mises à leur disposition ou bien s'engagent dans de longs développements inutiles voire erronés. Or, les digressions et hors-sujet inutiles pénalisent forcément les candidats dans la mesure où la gestion du temps représente un paramètre crucial dans la bonne réussite de l'épreuve. De plus, ils sont souvent la démonstration d'une mauvaise compréhension des questions ou bien d'un manque de connaissances dans un domaine donné et ne sont, bien évidemment, nullement valorisés. La rigueur du vocabulaire s'avère indispensable dans la mesure où des mots pertinents et correctement choisis permettent bien souvent d'éviter de longs développements évasifs et d'apprécier plus justement les compétences du candidat.

Le jury tient à souligner qu'il a tout particulièrement apprécié le soin avec lequel la plupart des candidats ont rédigé leur copie et rappelle que la qualité de la rédaction ainsi que celle des illustrations est prise en compte dans l'évaluation de la copie. Cependant, le jury déplore encore la présence de quelques copies quasiment illisibles et/ou très peu soignées.

Partie 1 : Évolution des tests diagnostiques des maladies cardiovasculaires

1.1 Détection de la CKMB plasmatique

Cette partie 1.1 visait à étudier les compétences des candidats en biochimie et en métrologie à travers l'étude de différentes méthodes de dosage mises en œuvre dans le dépistage de l'infarctus du myocarde. Ces questions devaient permettre aux candidats de démontrer leurs connaissances sur des concepts de base de biochimie couramment enseignés en pré-bac et en postbac. Le jury a pu constater que si certains candidats ont une maîtrise robuste de ces notions, nombreux sont ceux qui présentent de fortes lacunes sur certains concepts.

ST1

Après avoir rapidement rappelé le principe de l'électrophorèse ainsi que les paramètres capables d'influencer la migration de protéines au cours d'une électrophorèse non-dénaturante, le candidat devait expliquer comment les isoenzymes de la créatine kinase (CK) étaient séparées. Ainsi, la séparation de ces isoenzymes, composées de deux sous-unités MM, MB ou BB ayant une masse moléculaire proche, repose sur la différence de point isoélectrique de ces 3 isoenzymes.

Le jury a été surpris de voir que bon nombre de candidats confondent les polarités des électrodes ou ne savent pas expliquer comment sont chargées les protéines en fonction du pH. De plus, il a été plusieurs fois relevé un usage abusif du terme électro-négatif qui se rapporte à une propriété des atomes et non à celle d'une molécule chargée négativement. Enfin, certains candidats ont confondu électrophorèse et isoélectrofocalisation.

ST2

Les candidats devaient repartir de la définition de la concentration d'activité catalytique b et de la définition d'activité catalytique z pour établir l'équation aux grandeurs. L'équation aux unités devait permettre de prendre en compte le facteur 10^6 de conversion des $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ (i.e. $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Les candidats devaient également prendre en compte que seule la sous-unité B de la CK-MB est active au cours du test car la sous-unité M est inhibée par un anticorps. Cette caractéristique nécessitait de faire intervenir un facteur 2 dans le calcul de l'activité de la CK-MB.

Cette question classique, à l'image de celles proposées dans des sujets du baccalauréat, aurait dû être bien traitée par l'ensemble des candidats. Néanmoins, plusieurs copies révèlent une méconnaissance des bases de l'enzymologie, ce qui est difficilement compatible avec un enseignement de qualité, quelle que soit l'enseignement assuré par un enseignant de BGB.

ST3

Cette question a été convenablement traitée par la majorité des candidats. Il fallait comprendre que cette technique ne permettait pas d'inhiber certaines formes des macro-CK (macro-CK(BB), macro-CK mitochondriale) ce qui pouvait conduire à une surestimation de l'activité CK.

P1

Cette question pédagogique demandait au candidat de présenter des analogies permettant à des élèves de terminale STL de s'approprier le concept d'activité enzymatique.

Le jury attendait alors l'usage de métaphores, telles que mentionnées par certains candidats, comme la comparaison d'une enzyme à un ouvrier et l'activité enzymatique à la tâche accomplie par unité de temps ou bien encore la manipulation de lego® assemblés par des élèves en un temps donné.

Même bien menés et présentés, les activités technologiques, les cours ou encore les schémas qui ont pu être proposés par certains candidats ne répondaient donc pas à la question posée. En outre, le jury s'étonne que la notion d'activité enzymatique ne soit pas maîtrisée par une majorité de candidats qui l'ont souvent confondue avec la vitesse de réaction ou avec d'autres concepts enzymologiques.

ST4

L'objectif de la question était de réaliser le schéma de l'édifice moléculaire obtenu lors du dosage de la CK-MB par méthode immunométrique. Le jury attendait donc la présentation d'un édifice de type « sandwich » dans lequel la CK-MB était enserrée entre deux anticorps, l'un conjugué au ruthénium et l'autre conjugué à la biotine permettant l'adsorption de l'édifice moléculaire aux billes magnétiques recouvertes de streptavidine.

Il est regrettable que la schématisation de l'édifice ait souvent abouti à des schémas où le paratope des anticorps s'est retrouvé au niveau des zones charnières des anticorps. Le jury rappelle qu'un schéma, même simplifié, se doit d'être très rigoureux d'un point de vue scientifique et ne donner lieu à aucune ambiguïté dans la compréhension du concept.

ST5

Cette question a été dans l'ensemble bien traitée. Les candidats ont su montrer les limites de l'électrophorèse sérique, technique principalement qualitative, ainsi que celles de la technique d'immuno-inhibition qui présente des risques de surestimation de l'activité CK évoquée en ST3. Ils ont su également mettre en avant les principaux avantages de la technique de dosage « massique » par l'automate COBAS : spécificité de la reconnaissance grâce à l'utilisation d'anticorps monoclonaux, rapidité et automatisation.

1.2 Les tests “point of care” (POCT) ou examens de biologie médicale délocalisée (EBMD)

ST6

La question a été globalement bien traitée même si les candidats n'ont pas suffisamment mis en avant l'intérêt de réaliser un test au chevet du patient sans avoir à attendre les résultats du laboratoire permettant ainsi une prise en charge sans délai d'un patient présentant un infarctus.

ST7 et ST8

Ces questions permettaient aux candidats de faire la démonstration de leurs connaissances en métrologie. Si, pour la question **ST7**, les candidats ont, dans l'ensemble, bien repéré les erreurs de métrologie présentes dans la fiche technique, l'argumentation de l'utilité d'un vocabulaire international normalisé a généralement été très limitée.

La question **ST8** demandait de comparer les différences d'approche afin d'évaluer les sensibilités et spécificités analytiques et cliniques d'une méthode. De manière générale, les candidats ont bien relevé que l'approche clinique reposait sur une approche statistique permettant le triage des patients en évaluant les faux-positifs et les faux-négatifs, tandis que l'approche analytique reposait sur une approche métrologique.

ST9

Cette question a été globalement bien traitée par les candidats. Ces derniers ont en majorité relevé que la combinaison des trois techniques permettait de limiter les risques de faux-diagnostic. Cependant, l'aspect cinétique a souvent été omis.

Le jury a tout particulièrement apprécié quand les candidats ont répondu à cette question de manière synthétique, par exemple, sous forme d'un tableau comparatif.

Partie 2 : Biothérapies et maladies cardiovasculaires

2.1 Utilisation des cellules souches pluripotentes induites

La partie 2.1 visait à évaluer les compétences des candidats en biologie cellulaire et en immunofluorescence dans un contexte de recherche dans lequel la bioéthique encadre les pratiques expérimentales et cliniques. L'analyse des documents permettait de mettre en évidence l'utilisation de produits de sécrétion biologiques, les exosomes, comme une alternative aux greffes de cellules/tissus ou de cellules souches utilisées pour réparer un muscle cardiaque altéré.

ST10

Cette question a été bien réussie par une majorité de candidats. Elle avait pour but de citer le point commun (auto-renouvellement) et les différences entre des cellules souches pluripotentes (cellules embryonnaires à l'origine de nombreux types cellulaires), multipotentes (cellules à l'origine de types cellulaires limités) et unipotentes (cellules à l'origine d'un seul type cellulaire différencié produit).

ST11

Si cette question a été dans l'ensemble bien traitée, plusieurs candidats ont toutefois de sérieuses difficultés à présenter leur réponse de manière synthétique. Les correcteurs ont apprécié les candidats qui ont construit une réponse claire et structurée montrant que chaque type cellulaire est obtenu grâce à un cocktail de facteurs de croissance et de différenciation spécifiques dont la recette est complexe et longue à mettre au point et que ces facteurs induisent l'expression de gènes codant des protéines caractéristiques de la lignée induite, impliqués dans les fonctions de ces cellules.

ST12 et ST13

Les questions **ST12** et **ST13** permettaient d'évaluer les compétences en immunofluorescence des candidats. Afin de caractériser trois lignées cellulaires différenciées *in vitro*, les candidats devaient analyser dans la question **ST12** le marquage par immunofluorescence de cellules et faire le lien avec les protéines exprimées par les cellules spécialisées. Cette analyse a été relativement bien conduite par la plupart des candidats. En revanche, le jury déplore que le principe de la microscopie par fluorescence (**ST13**) soit très partiellement connu par les candidats et que ces derniers ne sachent pas faire la distinction entre l'acquisition d'une image (pour chaque fluorochrome) et traitement final des images (effectué par superposition des différents marquages des images).

ST14 et ST15

Afin de traiter un infarctus du myocarde, des stratégies thérapeutiques basées sur des greffes de cellules ou des sécrétions cellulaires sous forme d'exosomes sont envisagées par les chercheurs. Il s'agissait pour le candidat d'expliquer l'intérêt de banques de cellules afin de limiter les rejets et la nécessité de recourir à des traitements immunosuppresseurs (**ST14**) et de montrer ainsi que la greffe de cellules allogènes, prélevées chez un individu de la même espèce, entraîne des problèmes de compatibilité entre donneur et receveur liés à une intolérance immunitaire.

S'affranchir des greffes par des thérapies utilisant des sécrétions de cellules a bien été compris par les candidats lors de l'analyse du document 9 lors de la question **ST15**. Le jury félicite les candidats d'avoir proposé des titres satisfaisants tels que « l'administration d'exosomes issus des cellules hiPSC réduit l'hypertrophie du muscle cardiaque et augmente l'angiogenèse après un infarctus chez le porc ».

P2

De façon générale, la question **P2** en lien avec la mise en place d'une séance de bioéthique a été bien insuffisamment développée. En effet, le jury n'a que trop rarement réussi à se projeter dans la séance proposée par les candidats. A ce propos, le jury rappelle qu'expliquer la mise en place d'une séance dans l'année et sa mise en œuvre (horaires, classe entière ou groupes de travail, débat, ...) est tout aussi important que décrire des idées de tâches élèves. Du fait de la complexité du sujet de bioéthique, le jury a valorisé les copies dans lesquelles le travail effectué en amont de la séance par l'enseignant avait été clairement décrit. Le but de ces séances est de montrer aux élèves qu'une opinion se construit à partir de connaissances et demande par conséquent un travail préparatoire pouvant être pluridisciplinaire. Le jury a apprécié les séances dans lesquelles la réflexion des élèves était cadrée par des tâches précises (recherche documentaire

encadrée, jeux de rôles en groupe) et par les textes réglementaires, ouvrant ainsi la porte à des débats argumentés et construits, eux-mêmes synthétisés par des productions écrites ou orales.

2.2 La production d'exosomes à des fins thérapeutiques

La suite du sujet consistait à étudier la purification des exosomes dans le but d'une utilisation thérapeutique. Les questions **ST16 à ST19** ont permis de vérifier les connaissances des candidats sur les techniques et concepts de purifications biochimiques associées à une analyse des documents 11 et 12.

ST16

Le jury a tout particulièrement apprécié les candidats qui ont construit un tableau de classification des méthodes proposées dans le document 11 en fonction des critères de purification (taille, densité, interaction biospécifique et solubilité). En effet, il s'agissait ici d'évaluer les compétences didactiques du candidat.

ST17 et ST18

Le jury constate que les concepts de rendement et d'enrichissement de purification demeurent confus pour la plupart des candidats. La notion de rendement était proposée par l'analyse d'une technique de western-blot. La masse de protéines déposée dans les puits de l'électrophorèse étant identique pour les quatre techniques de purification étudiées, il apparaissait évident que plus les bandes protéiques des marqueurs exosomaux étaient épaisses, meilleur était le rendement de purification.

Ensuite, une sous exploitation du document 12.2 et une confusion de lecture du tableau 12.3 B (les particules totales ne sont pas les exosomes d'intérêt) ont entraîné des conclusions erronées sur l'enrichissement des techniques étudiées.

ST19

Bien que les réponses aux questions **ST17** et **ST18** étaient parcellaires, le candidat pouvait toutefois réaliser une classification des quatre techniques étudiées en fonction de leurs avantages et inconvénients techniques (coût, matériel, durée de la technique) et proposer la meilleure d'entre elles dans l'optique de produire facilement des exosomes thérapeutiques purs.

La dernière partie du sujet s'intéressait à la mise au point d'exosomes en tant que vecteurs de médicaments envers des cellules cibles à traiter.

Dans cet objectif, la composition lipidique des membranes des exosomes doit à la fois permettre une fusion avec la cellule receveuse, être protectrice lors du transport et être relativement facile à produire *in vitro* par des cellules immortalisées. Le jury attendait de retrouver l'un ou l'autre de ces critères par l'analyse du document 13 en question **ST20**.

ST21 et ST22

Les questions **ST21** et **ST22** demandaient d'analyser les structures chimiques de deux porphyrines et de montrer l'importance de la polarité de ces deux modèles de molécules thérapeutiques en fonction des techniques utilisées pour les introduire au sein des exosomes.

P3

Cette question pédagogique demandait la construction d'une fiche méthodologique générale à destination des élèves leur permettant de répondre à une question de synthèse. Il ne s'agissait en aucun cas pour le candidat de rédiger une synthèse personnelle du sujet. Les copies, dans lesquelles la démarche était explicitement détaillée point par point puis réinvestie avec succès en produisant un support court et schématique utilisable lors d'une prestation orale, ont été valorisées.

Deuxième épreuve

Durée : 6 heures

Coefficient : 1

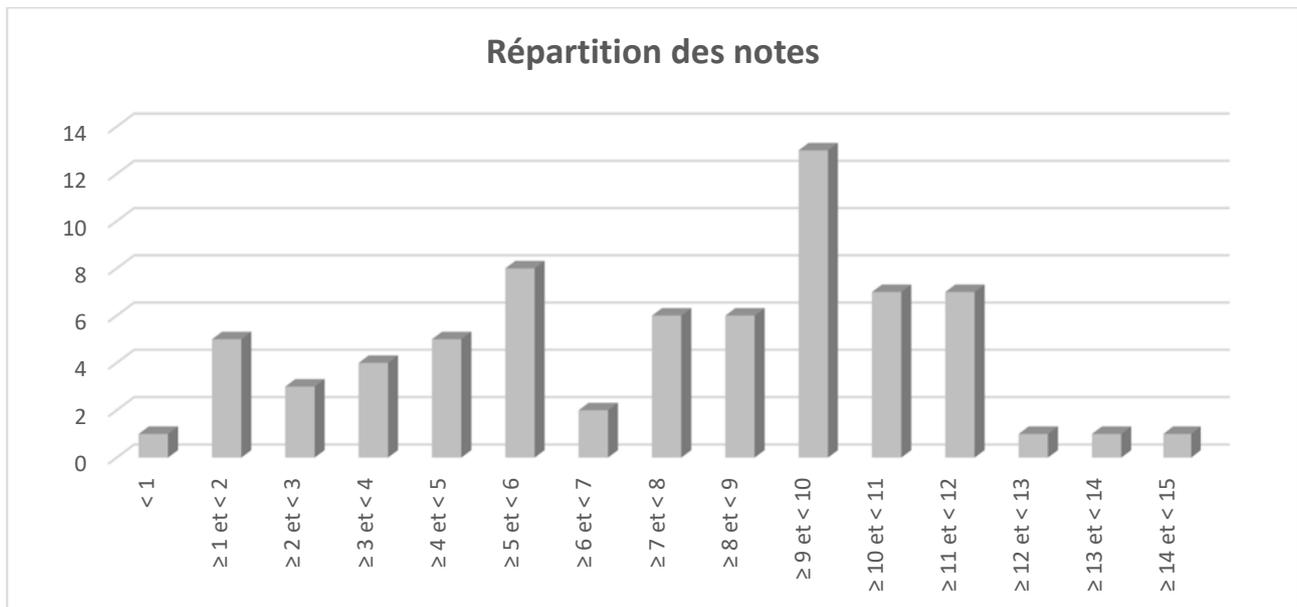
Résultats de l'épreuve

Agrégation
interne

70 candidats ont composé.

< 1	1	>= 8 et < 9	6
>= 1 et < 2	5	>= 9 et < 10	13
>= 2 et < 3	3	>= 10 et < 11	7
>= 3 et < 4	4	>= 11 et < 12	7
>= 4 et < 5	5	>= 12 et < 13	1
>= 5 et < 6	8	>= 13 et < 14	1
>= 6 et < 7	2	>= 14 et < 15	1
>= 7 et < 8	6		

La moyenne générale de l'épreuve est de 7,52. La meilleure note est de 14,26/20.

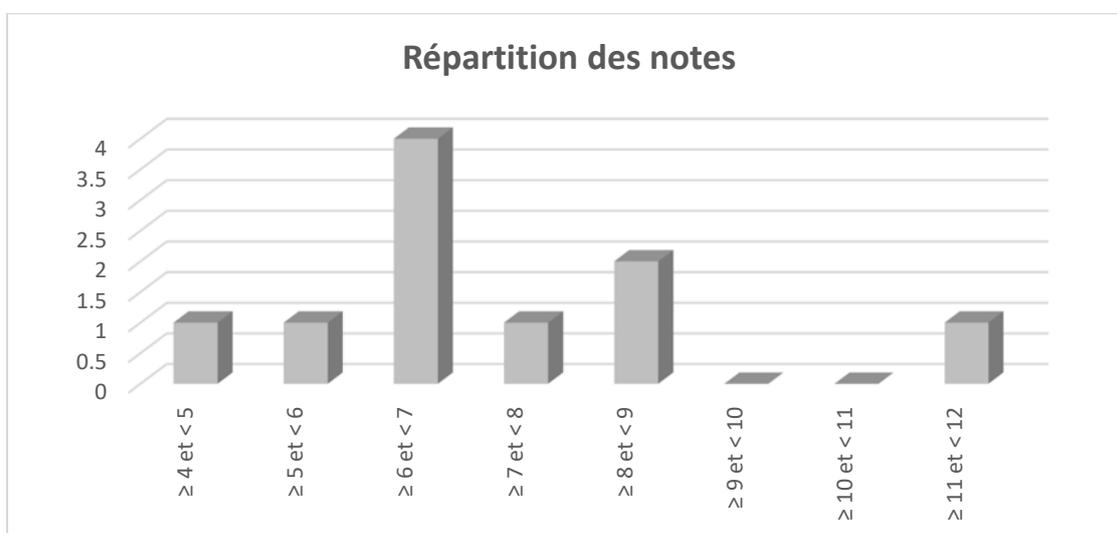


CAERPA
interne

10 candidats ont composé.

≥ 4 et < 5	1	≥ 8 et < 9	2
≥ 5 et < 6	1	≥ 9 et < 10	0
≥ 6 et < 7	4	≥ 10 et < 11	0
≥ 7 et < 8	1	≥ 11 et < 12	1

La moyenne générale de l'épreuve est de 6,28. La meilleure note est de 11,04/20.



Rapport du jury

L'épreuve était, conformément à sa nouvelle définition, composée d'une seule question scientifique et technologique. Le sujet de synthèse proposé cette année permettait de couvrir différents champs disciplinaires de notre spécialité et sollicitaient de la part des candidats des connaissances dans les domaines de la physiologie, immunologie, biologie cellulaire et virologie en lien très fort avec les biotechnologies. Le positionnement du sujet dans ces domaines fondamentaux de la discipline biochimie génie biologique permet d'illustrer la richesse et la diversité des thématiques abordées dans nos enseignements. De plus, la nécessité d'envisager les enjeux de santé publique soulevait l'importance des questionnements associés au développement des biotechnologies dans un contexte sociétal d'actualité.

La nature de cette épreuve, tant par sa durée que par l'exercice de synthèse demandé, impose aux candidats une bonne gestion du temps imparti ainsi qu'une mobilisation efficace et pertinente de leurs connaissances. Il est donc important que les candidats s'octroient un véritable moment de réflexion devant l'intitulé du sujet afin, d'une part, de construire un plan logique tant dans sa forme que dans son contenu et, d'autre part, d'éviter toute digression hors-sujet. Le jury rappelle qu'il est vraiment essentiel que les candidats s'interrogent, tout au long de la rédaction de leur composition, sur la pertinence de leurs propos et leur adéquation avec la question posée. Il est également indispensable de réfléchir à l'enchaînement et à la cohérence des différentes notions abordées. En effet, l'exercice ne demande pas de présenter un assemblage hétérogène de connaissances mais de construire une dissertation argumentée.

Le jury a apprécié la qualité de rédaction et de présentation de certaines copies rendant leur lecture fluide et agréable. Il rappelle à ce propos que si "le fond" représente la majorité du barème, "la forme" est également évaluée dans la mesure où elle est l'illustration des capacités pédagogiques des candidats. Ainsi, un texte aéré, un plan très explicite, détaillé, des transitions créant du lien entre les parties, des illustrations (correctement légendées) sont des attendus de base. Dans ce contexte, le jury invite les candidats ayant une écriture difficile à déchiffrer, à porter une attention toute particulière à celle-ci au moment de la rédaction de leur devoir afin d'en faciliter la lecture et, par conséquent, l'évaluation.

Malgré des alertes réitérées dans les rapports des sessions précédentes, le jury s'interroge de nouveau quant à la faiblesse de rigueur scientifique dans les mots-concepts et expressions employés. Cet aspect représente pourtant un élément essentiel en biologie et dans toutes nos disciplines scientifiques dans lesquelles l'usage d'un vocabulaire précis traduit la compréhension du concept véhiculé par le mot et ne peut souffrir de l'utilisation de verbiages communs. De plus, comme lors des quatre sessions précédentes, le jury constate avec stupeur une dégradation majeure de la qualité de l'orthographe et de la grammaire, rendant vraiment parfois très difficile la lecture des copies. Le jury est profondément attaché au fait que la maîtrise de l'orthographe demeure un prérequis incontournable pour un enseignant qui se doit d'être aussi exemplaire que possible envers ses élèves ou étudiants. Une écriture phonétique, parfois rencontrée dans certaines compositions, est absolument inconcevable pour un enseignant et tout candidat qui se sait en difficulté avec l'usage de notre langue doit veiller à combler ses lacunes.

Le jury rappelle également que tout devoir doit contenir une introduction de qualité qui positionne correctement le sujet au sein de la problématique posée et présente la construction du devoir. Ce dernier doit également contenir une conclusion pertinente, point souvent très mal ou très maladroitement abordé par les candidats. Celle-ci peut aisément faire un très bref bilan des notions essentielles abordées et surtout proposer une ou des ouvertures en lien avec la thématique. Le jury regrette que, bien souvent, les élargissements proposés ne sont ni pensés, ni construits correctement, n'apportant alors aucune plus-value à la réflexion.

Sujet de synthèse

Le sujet proposé cette année constituait, pour le moins, un sujet d'actualité. L'intitulé général de la question suggérait très fortement, bien que sans obligation aucune, la construction d'un plan en trois parties dans lesquelles seraient respectivement abordées les mécanismes moléculaires et cellulaires mis en jeu lors d'une vaccination, les différentes stratégies de mises au point et de production de vaccins puis les enjeux de santé publique liés à la vaccination A ce titre, le jury attendait des candidats qu'ils présentent les derniers développements technologiques en lien avec le sujet et soient capables d'apporter des arguments objectifs face à la controverse suscitée.

Le sujet a été traité de manière très hétérogène selon les candidats. L'un des principaux écueils fût, très certainement, une mauvaise gestion du temps. En effet, de très nombreux candidats ont proposé des devoirs présentant de trop longs développements de la réponse immunitaire, notamment de la réaction inflammatoire, les obligeant à réduire consécutivement les autres parties du devoir.

Dans l'introduction, le jury a été tout particulièrement vigilant quant à la mise en évidence par le candidat de l'intérêt du sujet. Pour cela, plusieurs approches étaient possibles comme, par exemple, positionner le sujet dans un contexte historique ou sanitaire. Ainsi, les différentes étapes historiques du développement des vaccins pouvaient être présentées afin de mettre en exergue le passage des vaccins empiriques à des vaccins « biotechnologiques ». De même, l'amélioration de la santé humaine suite au développement de certains vaccins pouvait également illustrer le propos. Dans le cadre de cette introduction, il était également indispensable de délimiter très précisément le sujet en définissant, notamment, le terme de vaccination.

1^{ère} partie :

Le jury a positivement constaté que le déroulement dans son ensemble de la réponse immunitaire est connu par la majorité des candidats. Toutefois, certains d'entre eux ont fait preuve d'un certain manque de vision d'ensemble et d'esprit de synthèse.

L'immunité innée devait être présentée en insistant sur les mécanismes nécessaires au déclenchement de l'immunité spécifique dans le cadre d'une vaccination. Il ne s'agissait pas de décrire la phagocytose ou la réponse inflammatoire de manière décontextualisée mais de les relier à la présentation des antigènes et au contexte de la vaccination. Très souvent, la reconnaissance des PAMP (*Pathogen Associated Molecular Pattern*) par les récepteurs de l'immunité innée PRR (*Pattern Recognition Receptor*) a été seulement exposée dans le cadre de la reconnaissance de l'antigène alors que cette reconnaissance entraîne également la sécrétion de médiateurs de l'inflammation (ex : histamine, cytokines pro-inflammatoires,

chimiokines, dérivés lipidiques, ...). Ainsi, les PAMP peuvent être utilisés comme adjuvant alternatif dans les vaccins.

Suite à l'activation de la réponse innée, il était attendu que les candidats développent les réponses immunitaires à médiation humorale et cellulaire qui font suite à la migration des CPA (cellules présentatrices d'antigène) vers les organes lymphoïdes secondaires dans lesquels les lymphocytes sont activés. A ce propos, le jury a constaté une confusion avec les organes de production ou de maturation. D'autre part, l'efficacité de la vaccination étant généralement suivie par la production d'anticorps, le jury s'étonne que certains candidats pensent que la vaccination n'entraîne qu'une réponse immunitaire humorale.

L'activation des lymphocytes T auxiliaires CD4+ a été généralement bien traitée. En revanche, les candidats ont souvent oublié des éléments participant à l'activation des lymphocytes B et des lymphocytes T CD8+. Le jury tient à rappeler que trois mécanismes sont nécessaires à l'activation d'un lymphocyte B : une reconnaissance directe de l'antigène via le BCR, un signal cytokinique délivré par les LT CD4+ ainsi qu'un co-signal délivré via l'interaction entre des molécules de surface de LT4 activés et du LB. Quant au LT CD8+, il reçoit, au cours de son activation, l'information antigénique véhiculée par la cellule dendritique, la CPA, et également un signal de costimulation, le *licensing*, véhiculé par le LT CD4+ activé par l'intermédiaire de la cellule dendritique.

Les phases effectrices, ainsi que la production de cellules mémoires, devaient être présentées afin d'expliquer l'efficacité de la réponse immunitaire suite à une vaccination.

Lors de la rencontre avec l'agent pathogène, la réponse immunitaire spécifique sera plus rapide à se mettre en place grâce aux cellules mémoires qui ont été produites lors de la vaccination. De plus, elle sera plus durable et plus efficace. En effet, lors de la vaccination, la première rencontre avec l'antigène a entraîné une maturation de l'affinité grâce à des hypermutations somatiques et à une commutation de classe IgM/IgG. Le graphique de l'évolution de la concentration d'anticorps en fonction du temps et sa description détaillée permettaient d'expliquer ces notions dans le cadre d'une vaccination. Les notions de durabilité et de commutation de classe ont souvent été oubliées ou mal représentées dans la description de ces courbes. Le jury a trouvé intéressante l'utilisation d'un tel graphique pour introduire la description de la réponse immunitaire adaptative par un questionnement basé sur des faits expérimentaux.

Si les mécanismes cellulaires sont apparus comme globalement maîtrisés par la plupart des candidats, le jury regrette qu'il n'en soit pas du tout de même pour les mécanismes moléculaires. Afin d'avoir une approche didactique à la présentation de ces mécanismes, il était indispensable de les illustrer par des schémas venant appuyer les propos. Ainsi, la spécificité des molécules de l'immunité pouvait être expliquée grâce à une représentation d'un TCR, d'un BCR ou d'une IgG. De même, un schéma pouvait permettre d'expliquer clairement l'apprêtement des peptides dans les cellules présentatrices d'antigène.

Le développement de cette partie s'est parfois accompagné de hors-sujet (ex : développement de l'hématopoïèse) ou de graves confusions. Par exemple, la reconnaissance par les PRR a parfois été assimilée à une reconnaissance spécifique par des anticorps ou encore, la phagocytose lors de l'immunité innée et la phagocytose suite à l'opsonisation de l'antigène par des anticorps ont été confondues.

Sur le plan didactique, certains candidats ont fait le choix de séparer les acteurs de l'immunité et les mécanismes. Cette démarche s'avérait malheureusement peu pertinente dans la mesure où elle entraînait des redites ou une liste de connaissances sans fil conducteur.

Le jury a particulièrement valorisé les candidats qui ont fait le choix d'une présentation synthétique des différentes étapes, étayées par des schémas très complets et explicites, et qui ont présenté les mécanismes en lien avec la vaccination.

2^{ème} partie :

Dans cette partie, il s'agissait d'expliquer, dans un premier temps, les différents principes de fonctionnement des vaccins. Même si une liste exhaustive n'était pas attendue, il s'agissait de montrer la diversité des vaccins en illustrant les propos par des exemples précis. Une discussion sur les apports des biotechnologies pour une meilleure maîtrise de leur élaboration et une recherche de nouvelles stratégies vaccinales pouvait être évoquée.

Certains candidats ont présenté la distinction classique entre vaccins vivants atténués, vaccins inactivés et vaccins particuliers. Plusieurs confusions ont été constatées suite à un amalgame entre le produit et le mode de production (anatoxine et virus atténué ou vaccin à ADN et vaccins recombinants). Une distinction entre vaccin entier et particule vaccinale aurait pu permettre d'éviter cette erreur. Le jury s'étonne que certains candidats ne soient pas capables d'expliquer ce qu'est un vaccin à ARN ou le confondent avec les vaccins à ADN. Dans le contexte actuel, le jury s'attendait à ce que tous les candidats aient les connaissances suffisantes permettant de répondre aux questions d'élèves ou d'étudiants et de pouvoir ainsi argumenter objectivement face à un public abreuvé de toute sorte d'informations de vulgarisation plus ou moins exactes. Si le jury peut accepter quelques approximations sur le sujet dans une composition d'agrégation, il ne peut admettre l'écriture de contre-vérités grossières.

Dans un second temps, il s'agissait de présenter les stratégies biotechnologiques d'élaboration des vaccins et de préciser les principales étapes de leur production jusqu'à leur mise sur le marché.

De nombreux candidats ont une idée très irréaliste des modes d'élaboration de souches vaccinales. Par exemple, certains évoquent une atténuation de souches bactériennes après culture en fermenteur ou bien une production de vaccins à ARN par PCR. D'autre part, le jury tient à rappeler que les techniques présentées doivent être en lien direct avec le sujet. Ainsi, la présentation détaillée du système CRISPR/Cas9, même très bien illustrée, n'avait aucun intérêt si ce n'est une perte de temps pour les candidats. En revanche, l'élaboration d'un vaccin recombinant, comme celui de l'hépatite B, était une bonne illustration de clonage dans un contexte de recherche ou de production en « cellule-usine » pouvant être exploité en classe de terminale. L'aspect biotechnologique ne devait cependant pas occulter la galénique. Le jury attendait que soient abordés la notion de principe actif ainsi que l'explication des valences vaccinales et antigéniques. Les excipients pouvaient être abordés via les problématiques de conservation et ne devaient surtout pas être les confondus avec les adjuvants. A ce propos, ces derniers pouvaient être très avantageusement abordés dans les trois parties, les controverses suscitées par les adjuvants aluminiques introduisant une discussion dans la troisième partie.

Peu de candidats ont été capables de présenter correctement les différentes étapes de développement des vaccins aboutissant à l'autorisation de mise sur le marché. Certains confondent ces étapes avec la production industrielle aboutissant à une libération de lot. Cette confusion pouvant s'expliquer par l'obligation d'une certification de production par une autorité indépendante (ANSM ou OMS) en parallèle de celle du fabricant pour le cas particulier des vaccins et dont il a été beaucoup question pour les vaccins contre la COVID 19.

Le jury rappelle que les essais cliniques ne concernent que les études faites sur l'être humain et non les essais préliminaires effectués *in vitro* ou sur les animaux. Si peu de candidats ont été capables de décrire les phases de ces essais cliniques, leur modalité et leur finalité dans le cadre d'une étude sur vaccin, leur présentation lors du développement d'un médicament en général a été valorisé. Il est à noter également que très peu de candidats ont évoqué la pharmacovigilance bien que, se déroulant après la mise sur le marché, elle correspond à la quatrième étape des essais cliniques. Enfin, le jury regrette que certains candidats aient présenté les différentes étapes de recherche et développement sans expliquer leur finalité à savoir l'étude du rapport bénéfice/risque qui pouvait s'avérer constituer une bonne transition vers la troisième partie.

3^{ème} partie :

Cette partie nécessitait de montrer en quoi la vaccination représente un véritable enjeu de santé publique. Il était attendu que le candidat soit objectif en présentant des arguments organisés et étayés par des exemples variés et pas uniquement centrés sur la vaccination anti-COVID 19. Il s'agissait de hiérarchiser et d'organiser les différents arguments.

Quelques aspects pouvaient être judicieusement développés afin d'illustrer l'importance de la vaccination et les difficultés rencontrées. Ainsi, la vaccination a permis l'éradication de la variole et l'OMS a pour objectif d'éradiquer d'autres pathologies telles que la poliomyélite. D'autre part, la vaccination permet de diminuer les complications associées à certaines pathologies. C'est le cas du vaccin contre la grippe ou de celui contre les papillomavirus, ce virus entraînant des lésions précancéreuses du col de l'utérus. De plus, la vaccination permet de limiter la propagation de certaines épidémies et de protéger les individus les plus fragiles. Ainsi, lorsqu'une personne est vaccinée, elle a une probabilité plus importante d'être protégée contre la maladie ciblée. Néanmoins, si la vaccination est souvent la seule protection efficace contre certains agents pathogènes, malheureusement, le développement de vaccin contre certaines maladies mortelles n'est toujours pas abouti (paludisme, SIDA).

La vaccination permet ainsi une protection individuelle et collective. Toutefois, la diminution de la couverture vaccinale entraîne la résurgence de maladies. Ainsi, le nombre de cas de maladies actuellement peu fréquentes en France (ex : rougeole ou rubéole congénitale) pourrait augmenter si le taux de vaccination de la population baissait. Il était aussi pertinent de noter que les personnes atteintes d'affections préexistantes qui affaiblissent leur système immunitaire (ex : cancer ou SIDA) ou qui souffrent d'allergies graves à certains composants des vaccins peuvent ne pas être en mesure de recevoir certains vaccins. De plus, parmi les difficultés rencontrées, il fallait indiquer que l'efficacité vaccinale n'est pas toujours optimale ou durable du fait de l'apparition de variants (grippe ou COVID) et que, même si des études n'ont pas démontré de lien avec l'apparition de maladies auto-immunes, les adjuvants aluminiques demeurent toujours controversés.

Dans cette partie, le jury attendait également à ce que soit évoqué l'aspect psychologique comme la réticence d'une personne en bonne santé à se faire vacciner contre une maladie qui a peu de chance de l'atteindre gravement ou les théories antivax. Beaucoup de candidat se sont contentés d'introduire les théories antivax par une phrase générique sans grand intérêt (i.e. « de tout temps la vaccination a été

controversée »). Plutôt que l'énoncé d'une telle généralité, un petit historique ou des faits précis (Andrew Wakefield et le vaccin ROR) auraient été plus judicieux pour initier une discussion sur ce thème.

Dans une dernière partie, il s'agissait de comparer les limites et les avantages de la vaccination par rapport à d'autres prophylaxie. Il était alors indispensable de définir les stratégies prophylactiques et d'en donner des exemples : séroprophylaxie, immunoprophylaxie, antibioprophylaxie, gestes barrières, élimination de réservoir de pathogènes, ... Même si certains exemples pouvaient s'appuyer sur les stratégies développées lors de l'épidémie de COVID, il était attendu un développement concernant d'autres stratégies comme l'antibioprophylaxie des personnes immunodéprimées suite à une chimiothérapie ou une opération. Le jury déplore que des confusions entre prophylaxie et thérapie aient entraîné beaucoup de hors-sujet. En revanche, le jury a apprécié la construction de documents de synthèse (tableau, schéma) permettant une comparaison plus aisée de la vaccination par rapport aux autres stratégies prophylactiques.

En ce qui concerne la conclusion, le jury a valorisé les candidats ayant su présenter une synthèse du sujet et élargir leur discussion sur d'autres thèmes. Parmi les ouvertures intéressantes, le jury a noté l'évocation des vaccins thérapeutiques, notamment contre les cancers, l'extension aux vaccins animaux et aux problématiques économiques, les stratégies multiples pour lutter contre les maladies infectieuses comme par exemple le développement de moustiques anti-paludisme générés par recombinaison génétique et associés à la vaccination.

De façon générale, le jury a été déçu du niveau de connaissances très faible des candidats sur un sujet abordé dans sa quasi-totalité en classe de terminale et de l'absence quasi générale de réflexion face à une question posée. Le jury s'étonne des trop nombreuses approximations scientifiques employées et de l'utilisation abusive d'un langage trop familier (ex : « des micro-organismes nuisibles pouvant tuer l'homme », « des leucocytes qui vont envoyer des cellules spécifiques pour libérer des anticorps ») au détriment d'un vocabulaire précis et rigoureux.

Le jury rappelle que l'exercice ici demandé est un exercice de synthèse qui impose de faire la démonstration d'une maîtrise transversale et intégrée du sujet. Mobiliser des connaissances doit permettre de répondre à la (ou les) problématique(s) posée(s) par le sujet. Il est surprenant de voir dans certaines copies de longs développements sans qu'aucun lien explicite avec les questions posées n'apparaisse réellement. Chaque sujet développé doit être véritablement mis en relation avec une notion et apporter une « plus-value ».

Le jury conseille et encourage, quand cela apporte une réelle « plus-value » et une pertinence au devoir, la présentation de certaines notions sous forme d'un tableau, d'une carte mentale, d'un logigramme ou d'un schéma afin de permettre une structuration plus rapide de la pensée et mettre ainsi en exergue des liens entre différentes idées.

EPREUVES D'ADMISSION

Première épreuve

Résultats de l'épreuve

24 candidats, agrégation et CAERPA confondus, ont composé :

- 2 ont obtenu une note supérieure ou égale à 18 ;
- 1 a obtenu une note supérieure ou égale à 16 ;
- 6 ont obtenu une note supérieure ou égale à 14 et strictement inférieure à 16 ;
- 6 ont obtenu une note supérieure ou égale à 12 et strictement inférieure à 14 ;
- 5 ont obtenu une note supérieure ou égale à 10 et strictement inférieure à 12 ;
- 3 ont obtenu une note supérieure ou égale à 8 et strictement inférieure à 10 ;
- 1 a obtenu une note strictement inférieure à 8.

La moyenne générale de l'épreuve est de 12,375/20.

La moyenne des candidats admis est de 14,9/20.

La meilleure note est de 18/20

Rapport de jury

Le jury félicite très sincèrement l'ensemble des candidats qui a respecté l'esprit de l'épreuve, aussi bien dans le cadre de la démarche de projet que dans celui de la présentation orale et de l'entretien avec le jury.

Dans le cadre de cette épreuve, il est rappelé que le manuscrit peut légitimement comporter deux parties distinctes mais qui ne doivent en aucun cas être déconnectées l'une de l'autre :

- une étude scientifique et technologique qui doit être rigoureusement replacée dans son contexte, notamment en la positionnant très clairement en relation avec le projet pédagogique à l'origine du projet. Cette étude doit s'appuyer sur des données scientifiques et technologiques très précises, rigoureuses et actualisées dont les prolongements économiques et sociétaux peuvent être, si cela s'avère pertinent dans le cadre du projet, abordés ;

- une mise en application pédagogique pour un référentiel, un niveau de classe donné, une progression choisie et correctement argumentée. Cette transposition pédagogique doit prendre en compte de façon concrète les contraintes inhérentes à un environnement enseignant (matériels disponibles, horaires, groupe classe, coût, sécurité, ...). Afin de s'inscrire dans une démarche réaliste, elle peut avantageusement présenter les modalités de mise en œuvre, les activités effectuées par les étudiants, les documents support de ces activités ainsi que les modalités d'évaluation proposées par l'enseignant. Cette mise en application peut également faire appel à des aspects interdisciplinaires du moment que ceux-ci sont correctement justifiés et apportent une réelle plus-value à la démarche proposée. Ainsi, toute construction artificielle, déconnectée de la réalité du contexte professionnel visé, doit être évitée.

Remarques sur les dossiers

De manière assez générale, le jury a apprécié la qualité des dossiers aussi bien dans leur forme (figures, orthographe, syntaxe, construction et clarté du plan) que dans leur fond. Comme conseillé ci-dessus, ces dossiers comportaient généralement deux parties développées de manière relativement équilibrée : une partie scientifique et technologique suivie d'une transposition pédagogique en lien étroit avec la première partie.

Le jury rappelle que la partie scientifique et technologique doit être rédigée à l'appui de données récentes de la littérature ce qui nécessite un travail très important d'actualisation et de mise ou remise à jour des connaissances de la part des candidats. Cette partie doit ainsi s'appuyer sur une bibliographie rigoureuse qui doit être présentée de manière formelle. A ce propos, le jury conseille d'utiliser des logiciels gratuits de formatage des documents afin de pouvoir éditer leurs références bibliographiques de manière rigoureuse et

homogène et de limiter, voire éviter, l'utilisation de toute webographie dans la mesure où la pérennité, la rigueur des informations présentées et l'actualisation de certains sites internet ne sont pas toujours assurées. Cette partie scientifique et technologique doit donc faire la démonstration du niveau de très grande expertise du candidat dans le domaine qu'il a lui-même délibérément choisi de présenter. Ainsi, tout candidat qui choisit un domaine scientifique et technologique dans lequel il n'est pas, a priori, spécialiste doit être conscient de la somme de travail très conséquente qu'il devra fournir en amont afin de pouvoir en devenir expert et ainsi posséder une vision constructive et réflexive sur le sujet. A ce titre, à ce niveau d'exigence demandé, les informations présentées ne peuvent souffrir de rester à un niveau superficiel, la précision et la maîtrise des informations fournies étant un point très apprécié par le jury. Un niveau approfondi est demandé et le « saupoudrage » de données déconnectées les unes des autres et présentées de manière « catalogue » très fortement déconseillé. Le texte peut très avantageusement s'appuyer sur des illustrations de qualité mais il faut que celles-ci ajoutent une réelle plus-value didactique et pédagogique au manuscrit. A ce propos, le jury rappelle que toute illustration doit comporter une légende soignée, correctement formulée et rigoureusement référencée si nécessaire. Le jury invite tous les candidats à bien veiller à la qualité (lisibilité après impression, polices et figures de taille suffisante) et, de nouveau, à la pertinence de ces illustrations.

Bien que la partie scientifique et technologique soit placée en première partie du rapport, le jury rappelle que l'exercice de démarche de projet doit toutefois positionner la transposition pédagogique comme la véritable finalité. A ce titre, le jury a tout particulièrement apprécié lorsque l'explicitation de la construction pédagogique représentait une véritable démarche de recherche de mise en œuvre par les candidats s'interrogeant sur la faisabilité du projet, sa cohérence et son adaptation au public concerné. En effet, cette démarche d'adaptation de la méthode est la spécificité d'un laboratoire et doit donc se retrouver dans la construction du projet. En tant qu'exercice de transposition pédagogique, il apparaît évident que la pertinence de l'apport et de la plus-value auprès des élèves/étudiants doit être au cœur de la réflexion et du questionnement de chaque candidat. Le jury a ainsi mesuré l'engagement individuel réflexif de chaque candidat sur la démarche qu'il proposait. Il est, en effet, nécessaire que les candidats développent cette compétence de réflexivité, fondamentale pour l'enseignant, lui permettant un véritable développement professionnel. Ainsi, les transpositions pédagogiques particulièrement appréciées ont très souvent été construites à partir d'une problématique d'enseignement trouvant une issue dans la réalisation d'un stage en entreprise ou en laboratoire de recherche. A ce propos, le jury a su reconnaître la qualité de la formation organisée en académie lorsqu'elle avait eu lieu, formation continue qui a conduit à apprécier l'évolution des candidats au cours des sessions successives, ainsi que la présence de nouveaux candidats de très bon niveau qui ont parfaitement saisi les objectifs et les attendus de cet exercice. La situation inverse, rarement rencontrée, qui consiste à effectuer un stage et une étude scientifique à partir desquels le candidat tente une mise en situation d'enseignement, se trouve être souvent artificielle ou réduite à une séance de travaux dirigés en fin de deuxième année de STS biotechnologies et se révèle alors souvent décevante. Le jury insiste sur le fait que tous les niveaux d'enseignement, pré- ou post-baccalauréat, choisis pour la transposition pédagogique sont appréciés de manière identique. De plus, le jury rappelle que le caractère totalement novateur de la technologie présentée dans l'application pédagogique n'est absolument pas un prérequis indispensable. Toutefois, au vu de l'évolution rapide des techniques et technologies mises en œuvre dans nos domaines de formation, le jury demeure attentif à toute proposition rigoureuse et réaliste permettant l'introduction pratique et/ou théorique de nouvelles approches biotechnologiques auprès des élèves/étudiants dans la mesure où ces derniers y seront potentiellement confrontés lors de leur insertion dans le monde professionnel (stage, emploi, ...). Néanmoins, le candidat devra alors veiller à positionner ces nouvelles technologies par rapport à celles préexistantes et démontrer les avantages concrets qu'elles apportent.

Il est important d'évoquer le fait que les candidats ayant obtenu les meilleures notes sont souvent ceux qui avaient pu mettre en œuvre, au moins en partie, la transposition pédagogique proposée ou qui avaient pu en discuter avec des collègues expérimentés. Ces candidats sont alors plus à même d'argumenter les choix effectués auprès du jury. Cette argumentation témoigne du recul pris par rapport à la séance proposée et ces capacités réflexives, essentielles pour un professeur en recherche de l'amélioration continue de son enseignement, ont été valorisées. Ces éléments favorisent fortement la construction d'une transposition pédagogique dont la mise en application doit être ordonnée et hiérarchisée mettant clairement en évidence le déroulement de la (les) séquence(s) pédagogique(s), les connaissances fondamentales et pratiques apportées ainsi que les notions de prévention des risques et de coût de réalisation. Certaines applications se sont avérées être parfois trop ambitieuses et/ou déconnectées de la réalité du terrain. Elles se révèlent

alors artificielles, voire totalement impossibles à mettre en œuvre. Le jury suggère de réserver parfois la priorité à des approches pratiques moins ambitieuses mais davantage réalistes et abouties. Toutefois, il ne faut pas, non plus, tomber dans l'excès inverse et le jury souligne qu'une transposition pédagogique de qualité ne peut se limiter à une simple analyse de documents par les élèves/étudiants. La complétude de la démarche n'apparaît que lorsque les trois dimensions sont correctement développées à savoir la dimension scientifique et technologique, qui représente un appui pour la formation des jeunes à l'autonomie et à la rigueur, la dimension pédagogique et la dimension de « plus-value ». En effet, le métier de professeur de biochimie génie biologique a cela de particulier qu'il est multidimensionnel. Ainsi, l'exposition à des manipulations en réel doit déclencher de la rigueur, non seulement intellectuelle mais également pratique, afin de permettre l'obtention de résultats exploitables.

D'autre part, le jury rappelle qu'il est attendu des candidats la recherche d'un approfondissement réflexif à la fois dans le domaine scientifique et dans le domaine pédagogique. Il est, en effet, essentiel de valoriser ces deux dimensions dans la mesure où elles sont appliquées à nos diplômés (cf. éthique). Cette démarche réflexive faisant appel à des dimensions éthiques et citoyennes orientées dans le domaine de la recherche et des biotechnologies doit obligatoirement s'appuyer sur des ressources bibliographiques rigoureuses et solides. Ceci permet ainsi une ouverture du champ d'application des thématiques des rapports au regard des années précédentes avec une nécessité de développer une coloration « neurosciences » et « sciences de l'éducation ».

Le jury rappelle que cet exercice de rédaction demande aux candidats de faire preuve de concision, d'esprit de synthèse et de faire des choix tant dans la structuration que dans les contenus présentés. Il convient notamment de vraiment limiter le nombre d'annexes au strict nécessaire. Néanmoins, la concision et la réalisation de choix ne doivent absolument pas se faire au détriment d'éléments indispensables à la bonne compréhension de l'étude et à la justification correcte des objectifs pédagogiques.

Remarques sur la forme des présentations orales

Le jury tient à féliciter l'ensemble des candidats qui ont construit dans leur très large majorité des supports diaporamas de très grande qualité mettant clairement en évidence leurs qualités didactiques et pédagogiques. A ce propos, le choix de ne pas réaliser une présentation exhaustive de l'ensemble des informations contenues dans le dossier a toujours été très favorablement apprécié du moment que ce choix était vraiment pertinent et ne gênait pas la compréhension générale et l'intérêt de la démarche de projet. Afin de favoriser une écoute attentive et rendre le propos encore plus dynamique, le jury suggère vraiment aux candidats de construire des diapositives qui ne soient pas surchargées en texte. Ainsi, des supports iconographiques judicieusement choisis remplacent parfois très utilement de longues phrases rédigées que l'auditoire n'a pas toujours le temps de lire dans leur intégralité sans risquer de perdre le fil du récit. A ce propos, les supports iconographiques présentés doivent être correctement référencés et de qualité (i.e. définition ou nombre de pixels) suffisante. De même, le choix des couleurs (i.e. contraste entre le texte et le fond) ainsi que la qualité et la quantité des animations doivent être mûrement réfléchis en amont de la présentation devant le jury. Ce dernier encourage également les candidats à s'affranchir d'un support papier au cours de leur prestation orale, celui-ci ayant souvent pour conséquence de rendre le propos moins fluide dans la mesure où l'orateur devient alors lecteur et risque, en plus, de se perdre dans ses notes. A ce propos, le jury félicite les candidats qui ont, dans leur grande majorité, adopté une attitude communicante permettant une transmission de leur message avec force et conviction. En effet, dans un concours de recrutement d'enseignants, les compétences en communication sont évidemment essentielles, tout comme l'attitude générale devant un auditoire. Ainsi, le jury félicite également les candidats de s'être, en grande majorité, prêtés avec enthousiasme et dans un état d'esprit positif au « jeu » des questions-réponses. Cet exercice, rendu parfois difficile du fait de l'enjeu et du stress associés, se veut être un moment d'échange et de réflexion avec pour vocation, non seulement d'évaluer les connaissances scientifiques et technologiques du candidat, mais également d'avoir son opinion, en tant que fruit de son expérience, sur divers questionnements pédagogiques pour lesquels il peut alors argumenter ses choix.

La durée de l'exposé oral de 30 minutes a été, sauf quelques rares exceptions, scrupuleusement respectée par les candidats. Conformément aux recommandations et rappels des modalités de l'épreuve communiqués en début de soutenance, tout candidat qui était susceptible de dépasser le temps imparti était aimablement invité à conclure dans les plus brefs délais afin de respecter les règles d'équité élémentaires entre tous. Le jury invite donc de nouveau tous les candidats à effectuer en amont plusieurs répétitions de leur présentation

avec un chronomètre et à devenir véritablement acteurs de leur présentation afin de l'animer de leur personnalité et originalité. D'autre part, le jury rappelle que cette présentation orale doit, bien évidemment, être à l'image des attendus de l'épreuve écrite et qu'un équilibre entre les deux parties (i.e. « scientifique » et « transposition pédagogique ») doit être, autant que possible, maintenu ; tout déséquilibre important dans la construction de la présentation orale se faisant au détriment du candidat.

Remarques sur le fond des présentations orales

Le jury tient là encore à féliciter la grande majorité des candidats qui, à quelques très rares exceptions, a su globalement faire la démonstration de leur profond investissement dans la préparation de cette épreuve, de leur motivation et de leur probité intellectuelle.

A l'image des attendus du manuscrit, le jury a tout particulièrement apprécié lorsque les candidats présentaient de manière claire et explicite la démarche de projet qu'ils avaient suivie. Il était ainsi souvent très pertinent et bienvenu de commencer par rappeler la question pédagogique posée, centre et pivot de la démarche, avant de préciser le contexte scientifique de l'étude puis de présenter les solutions envisagées ou expérimentées afin d'apporter des éléments de réponse à cette question. Ainsi, étaient tout particulièrement appréciés les sujets ancrés sur une thématique intéressante, contextualisée et présentant des aspects technologiques novateurs en adéquation avec l'évolution des techniques tout en tenant compte, lors de la transposition pédagogique, des contraintes liées aux établissements d'enseignement. Le jury a particulièrement apprécié certaines présentations synthétiques et concises s'appuyant de façon pertinente sur un organigramme mettant en relief les objectifs, méthodologies, stratégies pédagogiques et démarches d'évaluation d'une séquence préalablement positionnée au sein d'une progression. En revanche, certaines études technologiques et techniques, impossibles à mettre en œuvre dans le contexte d'un établissement scolaire, ont donné lieu à des applications pédagogiques pour le moins peu opportunes. D'autre part, mettre en œuvre une application pédagogique en extérieur introduisant de nombreux points peu rigoureux pour expliquer le principe simple de diffusion de gaz selon le gradient de concentration pouvait risquer d'apporter de la confusion et des erreurs dans l'esprit des élèves. De nouveau, le jury rappelle qu'un important travail de synthèse doit être effectué en amont par les candidats de façon à hiérarchiser les informations qu'ils souhaitent transmettre et ne pas tout mettre au même niveau ce qui impose alors à son auditoire de faire des choix qui ne sont pas de son ressort.

Le jury rappelle qu'il est tout particulièrement attendu d'un professeur agrégé qu'il soit capable de faire évoluer les pratiques au sein de son établissement. Ceci implique la mise en œuvre de stratégies pédagogiques novatrices, pragmatiques mais également réalistes qui donnent véritablement sens aux apprentissages. Ces activités doivent être construites en appui sur une réalité, non seulement professionnelle, mais également économique pour l'établissement, et doivent être transposables à un groupe d'élèves en lien avec les objectifs de formation et la réglementation en vigueur. Le jury a également été sensible à la prise en compte des contributions d'autres disciplines, dans une approche pédagogique contemporaine et interdisciplinaire.

Le jury déplore néanmoins que certains candidats soient restés parfois quelque peu en retrait et n'aient pas su mettre suffisamment en valeur les fondements de leur démarche en apportant les arguments pour expliquer leurs choix. Comme lors des sessions précédentes, le jury s'étonne de nouveau que, la thématique scientifique du projet étant totalement laissée à l'entière discrétion des candidats, certains d'entre eux n'arrivent pas à faire la démonstration, sur des questions fondamentales, de leur expertise dans le domaine ou évoquent des souvenirs trop lointains pour excuser leur absence de réponse. En effet, en tant qu'acteur et porteur de son sujet, chaque candidat doit l'avoir étudié en profondeur et le maîtriser en tant qu'expert. Il est ainsi attendu que le candidat soit capable d'expliquer et de justifier les méthodologies présentées, d'expliquer les techniques et les principes scientifiques associés, de positionner ces nouvelles méthodologies par rapport à celles qui existent, mais également d'être en mesure de réaliser l'analyse approfondie des résultats présentés. Il doit également avoir actualisé ses connaissances faisant ainsi la démonstration d'une démarche active de veille scientifique et technologique. Ainsi, le jury rappelle qu'il est vraiment préférable de choisir un projet scientifique dans un domaine que le candidat maîtrise et/ou affectionne tout particulièrement plutôt que de se mettre inutilement en difficulté et en danger à vouloir développer une thématique qui ne lui est absolument pas familière. Ainsi, certains dossiers prenant appui sur des activités liées à un stage de formation en laboratoire ou sur la préparation d'une thèse ont été d'un niveau scientifique très satisfaisant. Il convient cependant de ne pas oublier le fondement de l'épreuve qui s'inscrit dans la mise en œuvre d'un

projet pédagogique. Il convient donc de rappeler de nouveau que le support scientifique doit être au service du projet et non l'inverse.

A l'issue de la présentation, la discussion ouverte qui s'ensuit avec le jury a pour vocation de l'éclairer sur certains points de la démarche de projet, notamment sur son objectif premier et les solutions techniques adoptées, mais aussi d'explicitier, voire de préciser, certaines données scientifiques abordées ou décrites dans le dossier. Cette discussion permet également d'évaluer l'appropriation des démarches pédagogiques choisies ou conçues. En effet, par ce questionnement large, le jury souhaite également apprécier la maîtrise didactique de la discipline ou la position du candidat sur des éléments non mentionnés dans le dossier mais directement associés à la problématique.

Il est rappelé que la notation de cette épreuve prend également en compte, les qualités d'expression et de communication, le sens de l'écoute active ainsi que l'adéquation des réponses aux questions. A ce propos, le jury apprécie tout particulièrement les candidats qui attendent la fin de l'énoncé de la question par les membres du jury avant de débiter leur réponse et qui prennent également un petit temps de réflexion pour s'assurer de la pertinence et de l'adéquation de leur démarche intellectuelle. Le jury apprécie que les candidats répondent de manière précise et surtout concise, favorisant ainsi la qualité et le dynamisme des échanges. Cette pratique d'écoute et de réflexivité est essentielle pour un enseignant qui doit la pratiquer au quotidien avec ses élèves ou étudiants.

AGRÉGATION DE BIOCHIMIE – GÉNIE BIOLOGIQUE

Concours interne

Session 2022

ÉPREUVES D'ADMISSION DEUXIÈME ÉPREUVE

Durée : 8 heures

Coefficient : 1

Cette épreuve consiste à exploiter des documents techniques et pédagogiques relatifs à une séquence de « travaux pratiques » ou à une séquence à caractère expérimental, élément d'un processus d'apprentissage.

Elle permet d'évaluer les capacités du candidat à :

- proposer et justifier les principes, méthodes et modes opératoires à mettre en œuvre et à dégager les concepts auxquels ils se rattachent ;*
 - réaliser, pour tout ou partie, selon la durée impartie, l'activité prévue.*
-

PARTIE 1 – Mise au point lors du suivi de croissance bactérienne et de la production d'EGFP après induction

- | | |
|--|------------|
| 1. Suivi de croissance en bioréacteur | p.3 |
| 2. Analyses du prélèvement réalisé au bioréacteur | p.3 |

PARTIE 2 – Mise au point d'une méthode d'extraction-purification de l'EGFP

- | | |
|--|------------|
| A. Mise au point du protocole d'extraction | p.4 |
| B. Purification de l'EGFP-(HIS)₆ | p.5 |

PARTIE 3 – Synthèse : adaptation de procédures opératoires

p.5

Les parties 1 et 2 du sujet sont indépendantes.

Une attention particulière sera accordée à la traçabilité et à la présentation de tous les résultats expérimentaux.

Adaptations et mises au point de protocoles

La réalisation d'activités technologiques en classe de Terminale STL ou en section de technicien supérieur (STS) nécessite de la part de l'enseignant de s'approprier des protocoles expérimentaux provenant de l'industrie ou de laboratoires de recherche ou d'analyse puis de les adapter au contexte du lycée : matériel différent ou indisponible, contraintes horaires liées aux emplois du temps, profils variés des élèves ou des étudiants, positionnement de la séance en cours d'année.

Les objectifs principaux de ce sujet sont, d'une part, de produire et purifier l'EGFP (*Enhanced Green Fluorescent Protein*) à partir de bactéries recombinées, puis, d'autre part, de proposer une adaptation de ces manipulations en classe de terminale STL.

La GFP a été découverte en 1962 par Osamu Shimomura et ses collègues (Prix Nobel 2008) chez la méduse *Aequorea victoria*. Cette protéine, dont la propriété est d'émettre une fluorescence de couleur verte ($\lambda_{\text{excitation}} = 488 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{émission}} = 507 \text{ nm}$), est largement utilisée comme marqueur en biologie cellulaire et moléculaire. De nombreuses variantes de la GFP ont été produites par ingénierie génétique afin d'obtenir des protéines présentant de nouvelles propriétés de fluorescence. L'EGFP est l'une de ces variantes. Au cours du procédé d'élaboration de chaque nouvelle variante, il faut purifier la protéine produite pour la caractériser. Dans le sujet, le gène *EGFP* a été fusionné à une étiquette codant 6 résidus d'histidine (HIS)₆, la protéine ainsi obtenue est nommée EGFP-(HIS)₆. L'étiquette HIS₆ facilite la purification de l'EGFP.

PARTIE 1 - Mise au point lors du suivi de croissance bactérienne et de la production d'EGFP après induction

La protéine EGFP-(HIS)₆ est produite par la souche génétiquement modifiée d'*Escherichia Coli* « *E.coli* EGFP » cultivée en bioréacteur. La séquence codant l'EGFP-(HIS)₆ est sous le contrôle d'un promoteur inductible dérivé de celui de l'opéron lactose.

Généralement, la production d'EGFP-(HIS)₆ en bioréacteur est induite par l'ajout d'IPTG (d'isopropyl β -D-1-thiogalactopyranoside) à une concentration finale de 0,5 mmol·L⁻¹ lorsque la culture bactérienne atteint une atténuation D_{600nm} de 0,5, soit 3 à 4 heures après l'ajout de l'inoculum représentant au maximum 10 % du volume total dans le bioréacteur.

Dans l'optique de gagner du temps de manipulation, la production de la protéine d'intérêt est étudiée pour un temps d'induction plus précoce, c'est-à-dire pour un ajout d'IPTG lorsque la culture bactérienne atteint une atténuation D_{600nm} de 0,2.

La production de l'EGFP-(HIS)₆ est comparée pour les deux conditions d'induction.

1 Suivi de croissance en bioréacteur

Les cultures sont réalisées en milieu LB + chloramphénicol + kanamycine à 37 °C, pH = 7, sous agitation (400 rpm) et en condition d'oxygénation.

Mise en œuvre

- Chaque candidat effectuera, selon le planning fourni, un prélèvement sur un bioréacteur selon les modalités indiquées dans le **document 1** et réalisera les analyses demandées sur ce prélèvement.

Questions d'exploitation

- Q.1 Calculer le volume d'inoculum V_1 à ajouter dans chacun des bioréacteurs et le volume V_2 d'IPTG à introduire afin d'obtenir les conditions expérimentales initiales (**document 1**).
- Q.2 Tracer les deux courbes de croissance à l'aide des résultats obtenus pour les deux conditions d'induction et fournis en fin de production.
- Q.3 Calculer les paramètres de croissance : vitesse spécifique de croissance et temps de génération.

2 Analyses du prélèvement réalisé au bioréacteur

La production de l'EGFP est suivie au cours du temps par une méthode immunologique de détection spécifique sur membrane (« *dot blot* ») et par une mesure directe de la fluorescence de la culture bactérienne.

Mise en œuvre

Sur les microtubes obtenus lors du prélèvement sur le bioréacteur :

- Réaliser la détection de l'EGFP-(HIS)₆ par la méthode du dot blot. Utiliser la « suspension dot blot » et suivre les modalités du **document 2**.
- Réaliser la mesure de l'intensité de fluorescence du culot bactérien selon les modalités du **document 3**.

Questions d'exploitation

Détection de l'EGFP par *dot-blot*

Q.4 Expliquer le rôle des témoins réalisés.

Q.5 Interpréter les résultats obtenus.

Q.6 À partir des résultats fournis pour l'ensemble des prélèvements, comparer la cinétique de production de l'EGFP pour chaque condition testée. Déterminer le temps de croissance nécessaire à la détection de l'EGFP par dot-blot pour chaque condition d'induction.

Fluorimétrie

Q.7 À partir des résultats fournis pour l'ensemble des prélèvements, tracer la courbe d'évolution de l'intensité de la fluorescence en fonction du temps dans chaque condition d'induction.

Q.8 Analyser les résultats obtenus.

Bilan

Q.9 Discuter, pour les deux inductions réalisées, des différences obtenues pour la détection de l'EGFP selon les techniques utilisées : observation sur table UV, fluorimétrie et dot blot.

Q.10 Discuter de la pertinence du choix d'induction à une atténuation initiale de 0,2 dans l'optique d'un gain de temps de manipulation.

Q.11 Construire un tableau de synthèse présentant les avantages et les inconvénients des techniques de détection de l'EGFP dans le cadre d'une utilisation en lycée.

PARTIE 2 - Mise au point d'une méthode d'extraction-purification de l'EGFP

1 Mise au point du protocole d'extraction

Il existe de nombreuses techniques d'extraction, chacune présentant des avantages et des inconvénients. Le **document 4** présente quatre techniques d'extraction de l'EGFP.

Mise en œuvre

- Réaliser l'extraction des protéines totales selon les quatre méthodes du **document 4**.
- Effectuer la mesure de l'absorbance de l'EGFP à 475 nm pour les lysats bactériens EB1 à EB4 obtenus (**document 5**).

Questions d'exploitation.

- Q.12 En fonction des conditions opératoires spécifiques à chaque procédure d'extraction testée, commenter les résultats obtenus.
- Q.13 Argumenter le choix du procédé d'extraction retenu en vue d'une purification de l'EGFP-(HIS)₆ selon la méthode du **document 6**.

2 Purification de l'EGFP-(HIS)₆

L'étiquette HIS₆ permet de purifier l'EGFP sur résine Ni-NTA. Les histidines peuvent établir des liaisons de coordination avec les ions Ni²⁺ de la résine.

Mise en œuvre

- Réaliser la purification de l'EGFP à partir du lysat bactérien EB sélectionné précédemment selon le mode opératoire du **document 6**.
- Effectuer la mesure de l'absorbance de l'EGFP à 475 nm pour l'extrait purifié (**document 5**).
- Déterminer la concentration en protéines du lysat bactérien et de l'extrait purifié selon la méthode du **document 7**.

Questions d'exploitation

- Q.14 Expliquer la présence d'imidazole dans le tampon de fixation et dans le tampon d'élution.
- Q.15 Présenter le mode opératoire du dosage des protéines du lysat bactérien et de l'extrait purifié. Préciser la composition et le rôle des témoins éventuellement réalisés.
- Q.16 Présenter, sous forme d'un tableau, les résultats de concentration en protéines et d'absorbance à 475 nm des échantillons testés.
- Q.17 Calculer le rendement et le taux d'enrichissement de la purification. Commenter les résultats obtenus.
- Q.18 Expliquer si la saturation de la colonne par la protéine d'intérêt est souhaitable dans une perspective d'optimisation de l'enrichissement. Argumenter votre réponse.

PARTIE 3 - Synthèse : adaptation de procédures opératoires

- Q.19 En prenant appui sur les résultats des parties 1 et 2, proposer des activités technologiques contextualisées, prévues sur une séance de 7 h, permettant d'aborder plusieurs savoir-faire et concepts du programme de BBB de terminale STL biotechnologies (**document 8**).

A cette fin :

- Indiquer le ou les objectifs de la séance ;
- Indiquer, en justifiant leur choix, les procédures opératoires retenues et éventuellement adaptées ;
- Préciser l'organisation spatio-temporelle et les tâches réalisées par les élèves ;
- Indiquer les modalités d'évaluation ;
- Élaborer la matière d'œuvre pour un groupe de 15 élèves.

Document 1 : réalisation d'opérations unitaires au laboratoire de production

Matériels et réactifs mis à disposition au laboratoire de production

NOM	COMPOSITION	CONDITIONNEMENT
Milieu de culture	Milieu LB	Flacon 10 mL
Tube témoin	Culot de 1,8 mL de culture de nuit de <i>E.coli</i> EGFP en milieu LB + chloramphénicol 30 mg·L ⁻¹ + Kanamycine 50 mg·L ⁻¹ sans induction par l'IPTG	Microtube
Tampon TSE	Tris-HCl à 20 mmol·L ⁻¹ pH 8 + saccharose à 0,5 mmol·L ⁻¹ + EDTA à 1 mmol·L ⁻¹	Microtube de 1 mL (glace)
Lysozyme-EDTA	Lysozyme à 2 mg·mL ⁻¹ en EDTA à 0,1 mmol·L ⁻¹	Microtube de 0,5 mL (glace)

- Tube Falcon de 15 mL
- Spectrophotomètre
- Pipette graduée de 2 mL stérile
- Microtubes de 2 mL
- Microcuves
- Table UV
- Centrifugeuse

Mode opératoire

La condition d'induction précoce pour une atténuation de 0,2 est testée sur deux bioréacteurs (n°1 et 2). La condition d'induction standard pour une atténuation de 0,5 est testée sur deux autres bioréacteurs (n°3 et 4).

a) Préparation des bioréacteurs (déjà réalisée)

- Introduire 1 L de milieu LB + chloramphénicol 30 mg·L⁻¹ + kanamycine 50 mg·L⁻¹ dans chacun des bioréacteurs.
- Régler les valeurs de consignes : température de 37 °C, pH de 7, agitation de 400 rpm et oxygénation.
- Introduire un volume V_1 de culture de nuit d'*Escherichia Coli* EGFP afin d'obtenir une atténuation D_{600nm} initiale de 0,1 pour tous les bioréacteurs.

La D_{600nm} de la culture de nuit utilisée est précisée en début d'épreuve.

- Induire la production d'EGFP en ajoutant un volume V_2 d'une solution d'IPTG à 100 mmol·L⁻¹ lorsque l'atténuation souhaitée de la culture bactérienne est atteinte (0,2 pour les bioréacteurs n°1 et 2 et 0,5 pour les bioréacteurs n°3 et 4). La concentration finale en IPTG dans le milieu de culture est de 0,5 mmol·L⁻¹.

Note : Les bioréacteurs n°3 et 4 ont étéensemencés avant les bioréacteurs n°1 et 2 pour leur permettre d'atteindre la valeur d'atténuation nécessaire à l'induction en même temps que celle des bioréacteurs n°1 et 2. Les inductions ont donc été réalisées à la même heure pour les 4 bioréacteurs.

b) Suivi de croissance et de la production de GFP

- Réaliser un prélèvement toutes les 20 minutes après l'induction.

👉 **Chaque candidat est chargé de réaliser un prélèvement au laboratoire de production à un temps donné selon un planning fourni en début d'épreuve.** 👉

A l'arrivée au bioréacteur, le candidat doit :

- Effectuer un prélèvement de 10 mL à l'aide de la pompe péristaltique après avoir éliminé un volume V_{mort} de 10 mL de culture. Placer le prélèvement dans la glace.

Sur une paillasse latérale :

- Introduire 1 mL de culture bactérienne éventuellement diluée¹ dans une microcuve et mesurer l'atténuation à 600 nm.

¹ **Noter la réalisation d'une dilution éventuelle sur le carnet à disposition.**

Donnée : la limite de linéarité de la mesure de l'atténuation à 600 nm d'une suspension d'*E.coli* est de 0,6 dans les conditions du laboratoire.

c) Obtention des culots bactériens

Sur une paillasse latérale :

- Préparer trois microtubes et transférer dans chacun 1,8 mL du prélèvement du bioréacteur.
- Centrifuger les trois microtubes à 13 000 rpm pendant 5 minutes.
- Éliminer par retournement les surnageants dans le conteneur adapté contenant du désinfectant. Retourner les tubes sur un papier absorbant disposé dans une boîte de Petri afin d'éliminer les restes de milieu situés sur la paroi.
- Placer les microtubes dans un bac à glace.

Les trois microtubes seront utilisés respectivement pour :

- La détection qualitative de la fluorescence sur table UV au laboratoire de production.
- La détection qualitative de la présence d'EGFP par *dot blot* au laboratoire d'analyse (**document 2**).
- La détection semi-quantitative de l'EGFP par fluorimétrie au laboratoire d'analyse (**document 3**).

d) Détection qualitative de la fluorescence

- Placer sur la table UV un des microtubes obtenus ainsi que le **tube témoin** et observer l'éventuelle fluorescence de chacun des culots bactériens.

👉 **Ce tube sera conservé au laboratoire de production. La photographie de l'ensemble des prélèvements sur la table UV sera fournie en fin de production.** 👉

e) Préparation du tube destiné à l'hybridation sur membrane ou *dot blot*

- Resuspendre l'un des culots avec 270 μ L de tampon TSE froid et 30 μ L de lysozyme-EDTA : incubé 10 minutes à température ambiante (l'incubation est réalisée pendant le temps de transfert entre le laboratoire de production et celui d'analyse). 📄 **On obtient la « suspension *dot blot* ».**
- Emmener la « suspension *dot blot* » et le troisième culot dans le laboratoire d'analyse.

Document 2 : détection de l'EGFP par *dot blot*

A. Lyse des bactéries

Matériels et réactifs

NOM	COMPOSITION	CONDITIONNEMENT
Suspension <i>dot blot</i>	Culot obtenu lors du mode opératoire du document 1 et remis en suspension dans 0,3 mL de tampon TSE + lysozyme-EDTA.	microtube

- Sonicateur avec sonde pour microtubes

Mode opératoire

- Réaliser la sonication de la **suspension *dot blot*** pendant 5 minutes en maintenant le tube dans la glace.
- Centrifuger 5 min à 13 000 rpm.
- Transférer **délicatement** le surnageant dans un nouveau microtube. On obtient le « **lysate *dot blot*** ».

B. Hybridation sur membrane ou *dot blot*

Matériels et réactifs

NOM	COMPOSITION	CONDITIONNEMENT
Lysate <i>dot blot</i>	Lysate obtenu à l'étape précédente	Microtube
Témoin LBNI	Lysate bactérien d'une culture de nuit d' <i>E.coli</i> EGFP en milieu LB + chloramphénicol 30 mg·L ⁻¹ + kanamycine 50 mg·L ⁻¹	Tube 50 µL
Témoin LBI	Lysate bactérien d'une culture de nuit d' <i>E.coli</i> EGFP en milieu LB + chloramphénicol 30 mg·L ⁻¹ + kanamycine 50 mg·L ⁻¹ + IPTG 0,5 mmol·L ⁻¹	Tube 50 µL
Témoin de révélation	Anticorps anti-(HIS) ₆ couplé à la peroxydase dilué au 1/200 ^{ème}	Tube 50 µL (glace)
TBS	Tris-HCl à 50 mmol·L ⁻¹ pH 7,5 + NaCl à 150 mmol·L ⁻¹	Flacon 20 mL
TBST	TBS + Tween 20 à 0,05 %	Flacon 20 mL
TBST-Lait	TBST + lait 4 %	Flacon 10 mL
TBST-Lait-conjugué	Anticorps anti-(HIS) ₆ couplé à la peroxydase dilué au 1/1000 ^{ème} en TBST-Lait	Flacon 10 mL (glace)
HRP-reveal	Tampon TBS + 4 chloro-1 naphthol à 0,5 mg·L ⁻¹ + H₂O₂ 0,015 %	Flacon 10 mL

- Membrane de nitrocellulose
- Pincettes
- Pipette graduée de 5 mL en verre
- Petites boîtes de Petri

Mode opératoire

a) Précautions

- La membrane de nitrocellulose est fragile, il faut utiliser une pince pour la prélever et elle doit être manipulée avec précaution.
- Il faut utiliser des gants ou éviter de mettre ses doigts sur la membrane.

b) Dépôts

- Placer la membrane de nitrocellulose au fond d'une boîte de Petri vide.
- Sur la membrane, réaliser de manière suffisamment espacée des dépôts de 2 µL de chacun des échantillons suivants : **lysate dot blot**, **témoin LBNI**, **témoin LBI** et **témoin de révélation**.
- Laisser sécher.

c) Saturation, détection, lavages et révélation

- Saturation :
 - Ajouter 4 mL de **TBST-lait** dans la boîte de Petri contenant la membrane.
 - Incuber 5 min.
- Immunomarquage :
 - Transférer la membrane dans une autre boîte de Petri. Ajouter 4 mL de **TBST-Lait-conjugué**.
 - Incuber 30 min sur plaque vibrante (agitation douce).
- Lavages :
 - Transférer la membrane dans une autre boîte de Petri et ajouter 4 mL de **TBS**.
 - Éliminer le TBS et ajouter 4 mL de **TBST**.
 - Incuber 5 à 10 min sur plaque vibrante (agitation douce).
 - Éliminer le TBS-T et ajouter environ 4 mL de **TBS**.
- Révélation :
 - Transférer la membrane dans une autre boîte de Petri.
 - Ajouter 4 mL de substrat **HRP-reveal**.
 - Incuber à l'obscurité pendant 10 minutes jusqu'à apparition d'une coloration violette au niveau du **témoin LBI**.
 - Sécher délicatement la membrane sur papier filtre.

👉 **Appeler l'examineur pour montrer les résultats obtenus. Un tableau des résultats de l'ensemble des prélèvements est alors fourni.** 👉

Document 3 : détection de l'EGFP par fluorimétrie

Matériels et réactifs

NOM	COMPOSITION	CONDITIONNEMENT
Tampon P	Phosphate de sodium à $20 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ pH 7,4 + NaCl à $500 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	Flacon 50 mL (glace)

- Microplaque à fond noir

Mode opératoire

- Remettre délicatement en suspension le culot dans 0,2 mL de **tampon P froid**.
 - Le dépôt sera réalisé à l'horaire indiqué au début du TP, la microplaque de fluorimétrie sera apportée à chaque candidat par un examinateur.
 - Déposer 100 μL de suspension selon le plan de plaque fourni.
- 👉 **La lecture des différents résultats de fluorescence est effectuée par un examinateur (longueur d'onde d'excitation = 488 nm, longueur d'onde de détection = 535 nm)** 👉
- 👉 **Les résultats de l'ensemble des prélèvements réalisés sur les bioréacteurs seront fournis.** 👉

Document 4 : extraction des protéines bactériennes totales

Matériels, souches et réactifs

NOM	COMPOSITION	CONDITIONNEMENT
E. Coli EGFP	Culture de nuit d' <i>E.coli</i> EGFP en milieu LB + chloramphénicol 30 mg·L ⁻¹ + kanamycine 50 mg·L ⁻¹ + IPTG 0,5 mmol·L ⁻¹	50 mL
TSE	Tris-HCl à 20 mmol·L ⁻¹ pH 8 + saccharose à 0,5 mol·L ⁻¹ + EDTA à 1 mmol·L ⁻¹	Tube 3 mL (glace)
Tampon P	Phosphate de sodium à 20 mmol·L ⁻¹ pH 7,4 + NaCl à 500 mmol·L ⁻¹	Flacon de 50 mL (glace)
Solution de choc osmotique	Eau distillée froide + lysozyme à 0,12 mg·mL ⁻¹ + MgCl ₂ à 0,5 mmol·L ⁻¹	Flacon de 5 mL (glace)
Lysozyme-EDTA	Lysozyme à 2 mg·mL ⁻¹ en EDTA à 0,1 mmol·L ⁻¹	Microtube de 0,5 mL (glace)

- Microtubes de 1,5 mL
- Pipettes graduées stériles de 5 mL
- Pot avec désinfectant noté **déchets liquides contaminés**
- Microtube contenant le sable de Fontainebleau
- Piston de lyse mécanique GDS
- Centrifugeuses
- Tubes Falcon de 15 mL
- Bain à sec à 100 °C
- Sonicateur avec sonde pour microtubes

Modes opératoires

1- Extraction par choc osmotique

- Centrifuger 5 mL de culture de nuit d'**E.coli EGFP** pendant 10 minutes à 4 000 rpm.
- Éliminer le surnageant.
- Resuspendre le culot dans 1 mL de **tampon TSE** et transférer la suspension dans un microtube de 1,5 mL.
- Incuber pendant 10 minutes dans la glace.
- Centrifuger 5 minutes à 13 000 rpm. Éliminer soigneusement le surnageant.
- Resuspendre rapidement le culot avec 1 mL de **solution de choc osmotique**.
- Incuber 15 minutes dans la glace.
- Centrifuger 5 min à 13 000 rpm.
- Transférer le surnageant (extrait brut "EB1") dans un nouveau microtube de 1,5 mL.

2- Extraction par lyse mécanique

- Centrifuger 5 mL de culture de nuit d'**E.coli EGFP** pendant 10 minutes à 4 000 rpm.
- Éliminer le surnageant.
- Resuspendre le culot dans 1 mL de **tampon P** et transférer la suspension dans un microtube de 1,5 mL.
- Centrifuger 5 minutes à 13 000 rpm puis éliminer le surnageant.
- Resuspendre le culot dans 100 µL de **tampon P**.
- Transférer la suspension dans le microtube contenant le sable de Fontainebleau fourni.
- Agiter au vortex.
- Procéder énergiquement à la lyse des bactéries à l'aide du piston de lyse mécanique GDS pendant au moins 2 minutes.
- Agiter pendant 10 secondes au vortex.
- Renouveler l'étape de lyse mécanique.
- Rincer le piston GDS avec 1 mL de **tampon P** en récupérant les effluents de lavage dans le microtube contenant le lysat.
- Centrifuger le lysat 5 min à 13 000 rpm.
- Transférer le surnageant (extrait brut "EB2") dans un nouveau microtube de 1,5 mL.

3- Extraction par thermolyse :

- Centrifuger 5 mL de culture de nuit d'**E.coli EGFP** pendant 10 minutes à 4 000 rpm.
- Éliminer le surnageant.
- Resuspendre le culot dans 1 mL de **tampon P** et transférer la suspension dans un microtube de 1,5 mL.
- Incuber 15 min à 100 °C dans un bain à sec.
- Centrifuger 5 min à 13 000 rpm.
- Transférer le surnageant (extrait brut "EB3") dans un nouveau microtube de 1,5 mL.

4- Extraction par sonication :

- Centrifuger 5 mL de culture de nuit d'**E.coli EGFP** pendant 10 minutes à 4 000 rpm.
- Éliminer le surnageant.
- Resuspendre le culot avec 900 µL de **tampon TSE froid** et 100 µL de **lysozyme-EDTA**.
- Incuber 10 minutes à température ambiante.
- Réaliser la sonication du contenu du tube pendant 1 minute en maintenant le tube dans la glace.
- Transférer 1 mL de la suspension soniquée dans un microtube de 1,5 mL.
- Centrifuger 5 min à 13 000 rpm.
- Transférer le surnageant (extrait brut "EB4") dans un nouveau microtube de 1,5 mL.

Document 5 : détection quantitative de la présence d'EGFP dans les extraits bruts obtenus

Principe

L'EGFP a un maximum d'absorbance à 475 nm. Un extrait brut bactérien ne contenant pas d'EGFP a une absorbance nulle à 475 nm (mesurée contre les différents tampons utilisés). L'absorbance à 475 nm est proportionnelle à la concentration en EGFP quand l'absorbance mesurée est comprise entre 0 et 0,7 dans les conditions opératoires utilisées.

Matériels et réactifs

- Microcuve (ultravette micro : volume minimum de 70 µL)
- Spectrophotomètre

Mode opératoire

- Réaliser la mesure d'absorbance à 475 nm à partir d'un volume de 100 µL de chaque extrait EB préparé en utilisant un blanc adéquat.

Document 6 : purification de l'EGFP-(HIS)₆ sur colonne de nickel

Principe

La résine Ni-NTA contient des atomes de nickel liés à la résine par des résidus acide nitrilotriacétique (NTA) liés covalamment à la résine.

Les résidus d'histidine (His) présents dans les protéines et dans les étiquettes -(His)₆ possèdent un noyau imidazole, donneur d'un doublet non liant, qui permet d'établir des liaisons de coordination avec le nickel et ainsi d'adsorber les protéines à la résine.

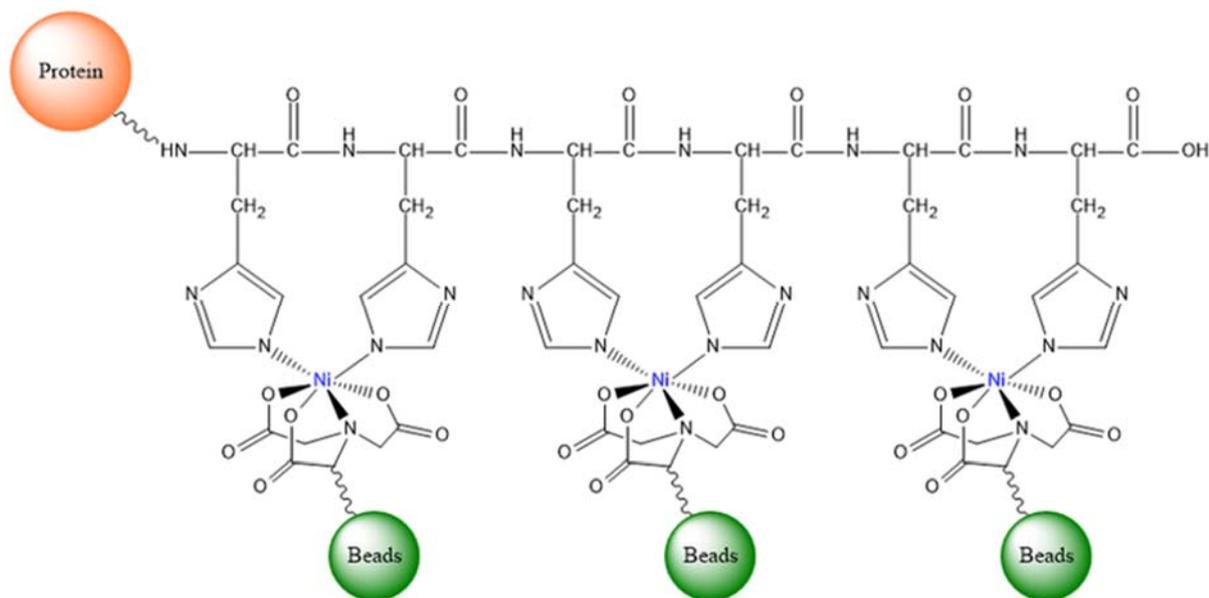


Figure 1 : Schéma des interactions entre la résine Ni-NTA et l'étiquette -(His)₆

Matériels et réactifs

Nom	Composition	Conditionnement
Tampon Ni-NTA	Phosphate de sodium à 20 mmol·L ⁻¹ pH 7,4 + NaCl à 500 mmol·L ⁻¹ + imidazole à 20 mmol·L ⁻¹	Flacon 5 mL
Tampon d'éluion	Phosphate de sodium 20 mmol·L ⁻¹ pH 7,4 + NaCl à 500 mmol·L ⁻¹ + imidazole à 500 mmol·L ⁻¹	Flacon 5 mL

- Microcolonnes de nickel « His SpinTrap » Ni-NTA (GE Healthcare)
- Microtubes de 2 mL
- Centrifugeuse

Mode opératoire

Précautions à prendre :

Vérifier que la colonne est vide après chaque centrifugation. Sinon, renouveler l'étape de centrifugation.

Laisser la colonne **débouchée** lors de chaque centrifugation pour faciliter l'écoulement du liquide.

1. Équilibrer la colonne avec le tampon de fixation :

- Ajouter 600 μ L de tampon Ni-NTA dans la colonne.
- Centrifuger 2 min à 2 500 rpm.
- Jeter le contenu du microtube.

2. Charger l'échantillon à purifier :

- Ajouter 600 μ L de lysat bactérien dans la colonne.
- Centrifuger 5 min à 1 000 rpm.
- Jeter le contenu du microtube.



3. Laver :

- Ajouter 600 μ L du tampon Ni-NTA.
- Centrifuger 2 min à 2 500 rpm.
- Vider le contenu du microtube.



4. Éluer :

- Installer la colonne dans un nouveau microtube de 2 mL.
- Ajouter 300 μ L du tampon d'éluion.
- Centrifuger 2 min à 2 500 rpm.
- Récupérer l'éluat (extrait purifié).



Document 7 : dosage des protéines par la méthode de BRADFORD

Principe

The Bradford protein assay is a simple colorimetric assay for measuring total protein concentration. Using standard procedure, the assay is used with samples having protein concentrations between 40 and 500 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$.

The Bradford protein assay is:

- based on the color change of Coomassie brilliant blue G-250 dye in response to various concentrations of protein — the dye binds to primarily basic (especially arginine) and aromatic amino acid residues
- useful for measuring proteins and polypeptides, depending on the charged groups, with molecular weights $>3,000$ – $5,000$

Unknown sample should be diluted if necessary.

Many molecules interfere with the assay. Control could be realised.

Matériels et réactifs

NOM	COMPOSITION	CONDITIONNEMENT
BSA	Solution étalon de sérumalbumine à $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	Flacon 5 mL
Bradford	Réactif de Bradford	Flacon 20 mL
Tampon P	Phosphate de sodium à $20\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ pH 7,4 + NaCl à $500\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	Flacon de 50 mL (glace)

- Microtubes
- Microcuvettes

Mode opératoire

- Pipette 80 μL of each standard or unknown sample into appropriately labeled test cuvettes.
- Add 1 mL of the Coomassie Reagent (Bradford) to each tube and mix well.
- Incubate at room temperature for at least 10 minutes. Absorbance will increase over time. Samples should incubate at room temperature for no more than 1 hour.
- Measure absorbance at 595 nm (Coloration stability: one hour at room temperature).
- Prepare a standard curve by plotting the average Blank-corrected 595 nm measurement for each BSA standard vs. its concentration in $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$.
- Use the standard curve to determine the protein concentration of each unknown sample.

Document 8 : Notions du programme de Biochimie Biologie Biotechnologie de Terminale STL option biotechnologie

Le programme de biochimie biologie biotechnologie de Terminale STL option biotechnologie est subdivisée en 3 parties (S, T et L) :

- Partie S : Développer les concepts Scientifiques de biochimie- biologie-biotechnologies
- Partie T : Développer les fondamentaux Technologiques expérimentaux des biotechnologies
- Partie L : Travailler ensemble au Laboratoire de biotechnologies

Extrait de la partie S

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour le professeur, au cours de la formation
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
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.	<ul style="list-style-type: none"> - Biomasse. - Bioproduction. - Métabolite d'intérêt. 	 Réalisation d'une fermentation, d'une production de métabolites ou d'une production de biomasse. Analyse de documents de procédés de production alimentaire, pharmaceutique, cosmétique... ⇔ Module T2.

Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
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.	<ul style="list-style-type: none"> - Caractère d'intérêt. - Enrichissement. - Milieu d'isolement*. 	 Recherche et identification d'une bactérie d'intérêt dans un produit polymicrobien (pathogène, témoin de contamination, à métabolisme dépolluant...). ↔ Module T3.
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'atténuation et la biomasse.	<ul style="list-style-type: none"> - Courbe de croissance. - Biomasse. - Atténuation. 	  Mise en œuvre et suivi d'une culture pour produire de la biomasse (levure), réaliser une fermentation (lactique, alcoolique) ou produire un métabolite (antibiotique). ↔ Mathématiques. ↔ Module L4.
Identifier les phases de la croissance. Déterminer les paramètres cinétiques de la croissance.	<ul style="list-style-type: none"> - Phases de croissance. - Temps de génération. - Vitesse spécifique en phase exponentielle de croissance. 	
Identifier des paramètres influençant la croissance.	<ul style="list-style-type: none"> - Conditions physico-chimiques de culture*. 	  Comparaison du suivi de croissances à différents pH ou températures.
Repérer les étapes de la mise en œuvre industrielle d'une croissance en bioréacteur.	<ul style="list-style-type: none"> - Bioréacteur. 	 Suivi de la mise en œuvre d'une bioproduction à l'échelle pilote ou industrielle.

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour le professeur, au cours de la formation
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
T7.1 Fractionnement d'un mélange hétérogène		
<p>Choisir le filtre adapté aux molécules ou particules à séparer.</p> <p>Préparer et mettre en œuvre une filtration.</p> <p>Identifier les éléments retrouvés dans le filtrat et dans le rétentat.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Filtration. - Porosité. - Filtrat. - Rétentat. - Sédimentation. 	<p> Extraction d'une enzyme (PAL : phosphatase alcaline) après broyage et filtration de foie de bœuf.</p> <p> Extraction de pigments chlorophylliens de microalgues après centrifugation, broyage et filtration.</p> <p> Préparation d'un culot bactérien en vue d'une extraction d'ADN.</p>
<p>Équilibrer une centrifugeuse.</p> <p>Mettre en œuvre une séparation par centrifugation.</p> <p>Identifier les éléments retrouvés dans le culot et le surnageant.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Centrifugation. - Culot. - Surnageant. 	
T7.2 Séparation des biomolécules par électrophorèse		
<p>Déterminer la charge globale d'une molécule selon le pH du tampon de travail.</p> <p>Prévoir le sens de migration à partir des données fournies.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Champ électrique. - Anode/cathode. - Molécule chargée*. - Sens de migration. 	<p> Électrophorèse sur papier de mélanges d'acides aminés dans des tampons de pH différents.</p> <p> Séparation des protéines du blanc d'œuf en gel d'agarose avec révélation au bleu de Coomassie.</p>
<p>Mettre en œuvre une procédure d'électrophorèse en tenant compte des points critiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tampon de migration. - Support de migration. - Vitesse de migration. 	<p>  Électrophorèse des protéines du sérum et exploitation par logiciel d'analyse d'image.</p> <p> Préparation d'un gel d'agarose et mise en œuvre d'une électrophorèse d'ADN.</p>
<p>Interpréter un électrophorégramme pour identifier les biomolécules séparées.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Distance de migration. - Marqueur de taille. - Marqueur de masse moléculaire. - Révélateur spécifique. 	<p> Détermination de la taille d'un fragment d'ADN.</p> <p>Identification d'une protéine d'un mélange simple par sa masse moléculaire.</p> <p>↔ Module T6.</p> <p>↔ Module T9.</p> <p>↔ Module L4.</p>

T7.3 Séparation des biomolécules par chromatographie d'exclusion moléculaire dans le but de les purifier

<p>Distinguer, selon les objectifs et le contexte, une chromatographie préparative et analytique. Schématiser le principe de séparation.</p> <p>Prévoir l'ordre d'élution de molécules en fonction des données fournies.</p> <p>Proposer une méthode de détection des biomolécules dans les fractions obtenues.</p> <p>Mettre en œuvre une procédure de chromatographie sur colonne en tenant compte des points critiques.</p> <p>Interpréter un chromatogramme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Chromatographie*. - Phase fixe*. - Phase mobile*. - Exclusion moléculaire. 	<p> Mise en œuvre d'une chromatographie d'exclusion pour séparer les composants d'un mélange (protéines, colorants...).</p> <p> Réalisation d'un dessalage suite à une précipitation de protéines.</p> <p> Analyse de protocoles et de résultats obtenus.</p> <p>↔ Module T6.</p>
--	---	---

T7.4 Démarche spécifique à l'extraction et la purification d'une enzyme

<p>Relier une méthode d'extraction à la localisation de l'enzyme.</p> <p>Établir le tableau de suivi d'une purification d'enzyme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Critère de séparation. - Activité spécifique. - Enrichissement. - Rendement de purification. 	<p> Mise en œuvre d'une purification d'enzyme (lysozyme du blanc d'œuf, invertase de levure, peroxydase du radis, PAL du foie de bœuf).</p> <p>  Mesure de l'activité enzymatique à chaque étape de la purification.</p> <p> Analyse de la qualité de la purification de l'enzyme par électrophorèse.</p> <p>↔ Module T8.</p>
---	---	--

Pour l'élève, objectifs en fin de formation		Pour le professeur, au cours de la formation
Savoir-faire	Concepts	Activités technologiques
L1.2 Conduite d'un projet de recherche au laboratoire de biotechnologies		
L1.2.1 Conception du projet		
<p>Identification des phases Identifier les phases d'une démarche de projet.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostic. - Conception. - Réalisation. - Suivi. - Évaluation. - Perspectives et valorisation. 	<ul style="list-style-type: none">  Étude de cas pour faire émerger les phases d'un projet déjà déroulé.  Présentation des rôles de chaque phase du projet et des outils méthodologiques associés.  Au cours de certaines activités technologiques, mise en exergue d'une étape particulière de la démarche de projet.
<p>Diagnostic Faire émerger des besoins en menant des études documentaires ou en effectuant une enquête sur le terrain.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hiérarchisation. - Besoins - Intérêts. - Ressources fiables. - Problématique / hypothèse de travail. 	<ul style="list-style-type: none">  Accompagnement à la recherche documentaire : identification de sources fiables, recoupement, recueil des données bibliographiques.  Travaux de synthèse, de tri et de classement pour faire émerger les questionnements. <p>Réalisation d'une bibliographie et d'une sitographie.</p>
<p>Objectifs Faire des choix argumentés pour passer de la problématique à la formulation d'objectifs opérationnels.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Objectif général / objectif opérationnel. - Priorisation des objectifs. - Contrainte. - Faisabilité. 	<ul style="list-style-type: none">  Choix d'un objectif général à partir d'une problématique.  Choix des objectifs opérationnels à partir de l'objectif général.

<p>Élaboration d'expériences</p> <p>Formuler une hypothèse de travail à partir d'un objectif opérationnel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cahier des charges. - Hypothèse de travail. - Modèle expérimental. 	<p>Réflexion accompagnée pour formuler une hypothèse de travail.</p> <p> Étude de faisabilité d'une expérience dans le contexte du lycée.</p> <p> Entraînement à la conception d'une</p>
<p>Concevoir une expérience permettant de tester l'hypothèse de travail.</p> <p>Choisir des techniques permettant de réaliser les expériences.</p> <p>Adapter une procédure opératoire au contexte.</p> <p>Proposer une méthode de validation de la procédure opératoire.</p> <p>Mobiliser les concepts associés à la méthode de recherche expérimentale.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Expérience / technique / procédure opératoire. - Témoin. - Étalon de contrôle. 	<p>expérience à partir d'un objectif opérationnel, puis au choix d'une technique et du matériel adaptés.</p> <p>↔ Module L3.</p>
<p>L1.2.2 Réalisation</p>		
<p>Rédiger un document de travail approprié.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Procédure / mode opératoire. - Matière d'œuvre. 	<p>Construction d'une matière d'œuvre à partir d'une procédure opératoire donnée et d'un modèle.</p>
<p>Proposer une analyse <i>a priori</i> des risques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Données de sécurité. 	<p> Utilisation de sites dédiés aux données de sécurité.</p> <p> Mise en œuvre d'une démarche d'analyse <i>a priori</i> des risques et confrontation des points de vue.</p> <p>↔ Module L2.</p>
<p>Repérer des points critiques liés au principe de mesure d'une technique, pour choisir les instruments adaptés.</p> <p>Identifier des points critiques liés à l'usage des instruments pour limiter les erreurs évitables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Points critiques. - Erreurs évitables. 	<p> Exploitation des erreurs évitables observées en activité technologique pour identifier les points critiques liés au choix et usage des instruments et proposer des remédiations.</p> <p> Constitution d'une bibliothèque des erreurs commises lors des activités technologiques.</p> <p>↔ Module L3.</p>
<p>Mettre en œuvre les procédures opératoires en envisageant les ajustements nécessaires.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustement. - Respect des consignes. 	<p> Réalisation de tests préliminaires.</p> <p> Prise en compte des contraintes et des erreurs pour réorienter, le cas échéant, le projet.</p>

L1.2.3 Suivi du projet		
Constituer une équipe. Interagir au sein du groupe pour favoriser l'atteinte d'objectifs communs.	<ul style="list-style-type: none"> - Répartition des tâches. - Coopération / collaboration. - Respect des contraintes du 	<ul style="list-style-type: none">  Expérimentation de responsabilités différentes au sein d'un groupe.  Choix de modalités de travail sous forme de collaboration ou de coopération pour les différentes tâches du projet.
	groupe.	
Organiser le travail de groupe et l'ajuster en utilisant un plan d'action ou un tableau de bord.	<ul style="list-style-type: none"> - Anticipations. - Réajustement. - Planification. - Traçabilité des travaux. - Stockage et sauvegarde de fichiers. - Organigramme. 	<ul style="list-style-type: none">  Élaboration d'un calendrier alternant les phases de travail individuel et les phases de mise en commun. Mise à jour régulière du plan d'action.  Présentation et utilisation en classe des outils permettant de retracer l'avancée du projet.  Élaboration d'un organigramme sur une technique isolée, sur une expérience ou sur un ensemble d'activités. ↔ Module L4.2.
Communiquer dans le groupe et avec les acteurs du projet.	<ul style="list-style-type: none"> - Communication interne. 	<ul style="list-style-type: none">  Présentation et utilisation en classe des outils numériques à disposition (ENT) pour collaborer, coopérer et communiquer.  Construction d'une liste de ressources utiles à la mise en œuvre du projet : activités technologiques, procédures opératoires, fiches techniques, outils de gestion du projet.
L1.2.4 Évaluation des résultats expérimentaux		
Valider la ou les méthodes et analyser les résultats expérimentaux.	<ul style="list-style-type: none"> - Étalon de contrôle. - Témoin. - Répétabilité / reproductibilité. - Acceptable / exploitable. - Acceptabilité / conformité. 	<ul style="list-style-type: none">  Confrontation des résultats attendus et des résultats obtenus pour les étalons de contrôle, afin de valider ou d'invalider la procédure opératoire, en amont de l'exploitation des résultats d'essai.  Exploitation des résultats obtenus pour les témoins afin d'analyser les résultats expérimentaux. ↔ Module L3.

<p>Exploiter et interpréter les résultats expérimentaux. Faire un retour sur l'objectif opérationnel puis sur la problématique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmation / infirmation d'une hypothèse de départ. - Objectivité / subjectivité. - Biais cognitif. 	<p>Analyse de résultats présentés sous différentes formes et démonstration de l'incidence de la présentation sur les conclusions établies.</p> <p>Illustration, par des exemples, de l'analyse d'un même résultat qui peut varier selon l'objectif fixé au départ et selon le contexte.</p> <p>Illustration, par des exemples, que l'absence de preuve n'est pas une preuve de l'absence.</p>
---	---	---

L1.2.5 Valorisation du projet

<p>Présenter le projet à un public étranger au projet.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Communications interne / communication externe. - Intégrité. - Rigueur scientifique. 	<p> Accompagnement aux techniques de communication et de présentation.</p> <p> Restitutions à la classe.</p> <p>Identification des destinataires de la communication, du message à valoriser, et des moyens à utiliser.</p>
--	--	---

L1.2.6 Évaluation du processus

<p>Analyser la démarche de projet en distinguant les facteurs de réussite et les causes des difficultés rencontrées.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse réflexive. - Erreur / opportunité. - Revue de projet. 	<p> Présentation orale d'un bilan sur le fonctionnement du groupe et sur la pertinence des activités engagées en intégrant une vision positive des erreurs.</p> <p> Auto-évaluation de chaque groupe permettant un positionnement sur un ensemble d'indicateurs à mi-parcours.</p>
--	---	--

Rapport du jury

Résultats de l'épreuve

24 candidats relevant de l'agrégation ont composé :

- 2 candidats ont obtenu une note supérieure à 15,
- 2 candidats ont obtenu une note supérieure ou égale à 14 et strictement inférieure à 15,
- 10 candidats ont obtenu une note supérieure ou égale à 12 et strictement inférieure à 14,
- 7 candidats ont obtenu une note supérieure ou égale à 10 et strictement inférieure à 12,
- 2 candidats ont obtenu une note supérieure ou égale à 06 et strictement inférieure à 08,
- 1 candidat a obtenu une note inférieure à 06.

La moyenne générale de l'épreuve est de 11,725/20.

La moyenne des candidats admis est de 12,86/20.

La meilleure note est de 15,9/20.

Observations générales

Le jury tient très sincèrement à féliciter l'ensemble des candidats pour leur calme, leur courage et l'endurance dont ils ont témoigné tout au long de cette épreuve qui s'avère être éprouvante. Les candidats ayant réussi l'épreuve ont fait preuve de rigueur professionnelle, d'esprit critique, de technicité et ont également su correctement s'organiser dans le temps.

Le sujet comportait trois parties, les deux premières étant indépendantes. Il nécessitait la mise en œuvre de plusieurs manipulations mobilisant différentes activités technologiques au programme des enseignements de biotechnologie. Ces manipulations nécessitaient de la rigueur, tant au niveau de leur préparation, leur réalisation et l'exploitation des résultats obtenus. Néanmoins, les manipulations demandées entraient dans le cadre des programmes de BTS et de pré-bac et ne faisaient donc pas appel à une technicité excessive par les candidats. Volontairement, le jury a poursuivi dans sa volonté de proposer un sujet relativement court afin que les candidats consacrent plus de temps à la partie rédactionnelle (60 % de la note finale), sans négliger toutefois la partie expérimentale. Cette décision semble avoir porté ses fruits car les candidats ont conservé leur calme sans faire preuve d'une attitude débordée en fin d'épreuve.

Une lecture rapide du sujet devait permettre aux candidats d'organiser dans le temps l'ensemble des manipulations à effectuer et d'exploiter au maximum les temps d'attente afin de pouvoir traiter le sujet dans son intégralité. Cette lecture permettait de se rendre compte que le sujet était composé de trois parties dont deux étaient indépendantes et pouvaient donc être réalisées dans l'ordre souhaité. Ce travail d'anticipation et d'organisation est tout particulièrement déterminant dans l'approche de l'épreuve et son absence pénalise souvent la bonne réussite des manipulations. Néanmoins, ce temps de préparation et de réflexion ne doit pas non plus être exagérément long ce qui aurait pour conséquence évidente l'impossibilité temporelle de réaliser l'ensemble des manipulations demandées et la rédaction d'un compte-rendu de qualité. Il est important de souligner que la partie purement expérimentale et celle de rédaction du compte-rendu tiennent une part relativement équivalente. En ce sens, un équilibre doit être trouvé par le candidat entre la rédaction du compte-rendu et la réalisation des manipulations. L'un ne pouvant et ne devant pas être sacrifié, si ce n'est au détriment de l'autre. A ce titre, le jury a été ravi de constater que ce sujet a permis à un nombre certain de candidats de s'essayer à la question de synthèse et même à quelques-uns de réaliser l'intégralité du sujet. Il rappelle néanmoins que les candidats doivent faire preuve d'une certaine technicité et de sens pratique afin de ne pas perdre de temps et générer des résultats expérimentaux aberrants. A ce titre, une préparation en amont rigoureuse et approfondie aux gestes de manipulation est très fortement conseillée aux candidats qui ne seraient pas, ou plus trop, familiers avec ceux-ci.

Cette année encore, le jury a intégré une heure de pause qui s'ajoute aux huit heures d'épreuves. Les candidats disposent à leur gré de cette heure qu'ils peuvent prendre en deux fois, dont une fois incluait le temps de restauration du déjeuner. A ce propos, le jury indique que le fait de définir le nombre de temps de

pause et d'imposer des créneaux horaires, permet aux candidats de ne pas trop fractionner ce temps de pause, ce qui irait à l'inverse de l'objectif fixé de coupures en cours d'épreuve pour se ressourcer correctement.

L'étude portait sur une adaptation d'un protocole de production, d'extraction puis de purification d'une protéine recombinante, l'EGFP (**Enhanced Green Fluorescent Protein**). Il s'agissait de mettre en œuvre des activités technologiques qui ne présentaient pas de difficultés particulières, réalisables dans une classe de terminale STL biotechnologies.

La première partie de production était réalisée de manière collective sur bioréacteur. Pour cela, chaque candidat effectuait puis analysait un prélèvement à un temps donné en cours de production et deux conditions différentes de production étaient réalisées.

La deuxième partie permettait de comparer quatre techniques d'extraction de l'EGFP afin d'en sélectionner une pour purifier la protéine par chromatographie d'affinité.

Enfin, la troisième partie proposait un travail de synthèse afin de mettre en place des activités technologiques contextualisées permettant d'aborder plusieurs savoir-faire et concepts du programme de Biochimie Biologie Biotechnologie de terminale STL option biotechnologie dont des extraits du programme figuraient dans le sujet.

Le jury félicite de nouveau tous les candidats qui ont réalisé l'ensemble des activités technologiques proposées tout en gardant leur calme tout au long de cette longue épreuve. Néanmoins, cette épreuve n'ayant pas pour objectif de piéger les candidats, le jury rappelle que ces derniers doivent apprendre à maîtriser au mieux leur appréhension face à un appareil qu'ils ne connaîtraient pas. En effet, la découverte d'appareils nouveaux ou peu représentés dans les établissements est un des objectifs de cette épreuve et, par conséquent, le jury ne s'attend pas à ce que les candidats en maîtrisent leur utilisation. Bien au contraire, en plus des consignes claires et didactiques fournies lors de l'épreuve en vue de leur utilisation, le jury est également présent pour guider les candidats, si besoin.

Au cours de cette épreuve, les candidats devaient tracer différentes courbes afin de réaliser une étude comparée des deux conditions de production proposées. A ce propos, le jury a été très surpris de constater que certains candidats n'ont pas tracé les deux courbes sur le même graphe ce qui rendait alors la comparaison beaucoup plus difficile et allait à l'encontre du bon sens et de la rigueur qu'un enseignant se doit de transmettre à ses élèves/étudiants. Parmi les courbes demandées, deux courbes de croissance devaient permettre d'effectuer les calculs des paramètres de la croissance. Le jury regrette que certains candidats aient commis des erreurs dans le choix des ordonnées logarithmiques ainsi que dans la délimitation de la phase de croissance exponentielle. Il rappelle que ces notions s'inscrivent comme des fondamentaux des connaissances et compétences en microbiologie et doivent donc être parfaitement maîtrisées.

Il était attendu que les résultats d'extraction soient analysés de façon à faire le lien entre le résultat obtenu et la technique d'extraction mise en œuvre. L'objectif visé était, bien évidemment, de tenter de déterminer laquelle des quatre techniques proposées s'avérait, dans ces conditions opératoires spécifiques, la plus efficace en termes de rendement de production de la protéine d'intérêt. Le jury a regretté que de nombreux candidats n'aient pas compris l'objectif visé pourtant clairement exposé et ne se sont contentés que de comparer les quatre résultats entre eux. Cette simple comparaison, bien qu'intéressante en elle-même, ne permettait pas de répondre à la question posée et laissait percevoir un manque de recul et de réflexion vis-à-vis de l'analyse des données obtenues.

De façon étonnante, le jury a constaté que de trop nombreux candidats confondent encore quantité de matière et concentration de molécules. Cette erreur grossière a, par conséquent, engendré non seulement des erreurs de conception de la gamme de protéines dosée par la méthode de Bradford mais également des erreurs de calculs du rendement et de l'enrichissement. Le jury rappelle que ces deux grandeurs ne sont souvent pas maîtrisées par les élèves/étudiants et qu'il est donc indispensable qu'elles le soient

parfaitement par les enseignants afin qu'ils puissent développer des approches pédagogiques pertinentes et rigoureuses pour les leurs transmettre.

La troisième partie, qui consistait en la réalisation d'une synthèse en vue d'adapter les procédures opératoires pour une classe de terminale STL biotechnologie, a été traitée par la moitié des candidats dont deux d'entre eux ont réalisé un travail de qualité très remarqué par le jury. Comme indiqué précédemment, les activités technologiques proposées lors de cette épreuve étaient conçues afin de permettre de dégager du temps pour rédiger cette partie. Il est donc fort dommage que certains candidats n'y aient pas consacré un temps suffisant pour répondre à la problématique qui devait s'inspirer des résultats des deux parties précédentes.

CONCLUSION GENERALE

Le jury félicite de nouveau très chaleureusement les 10 candidats admis à la session 2022 de l'agrégation interne et du CAERPA interne de biochimie génie biologique.

Le jury encourage les candidats non admis à persévérer dans leur projet. Comme indiqué tout au long de ce rapport, il est absolument nécessaire que les candidats se préparent à toutes les épreuves dans l'objectif de faire la démonstration des connaissances et compétences attendues d'un professeur agrégé de biochimie génie biologique.

Le jury tient très sincèrement à remercier Madame la Proviseure du lycée Pierre-Gilles de Gennes-ENCPB (Paris) et son équipe : proviseurs adjoints, enseignants, techniciens et personnels administratifs, pour l'accueil et l'aide efficace apportés tout au long de l'organisation et du déroulement de ce concours qui s'est effectué dans d'excellentes conditions.