



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : Agrégation interne et CAER-PA

Section : biochimie - génie biologique

Session 2024

Rapport du jury présenté par : Jean-Marc RICORT, Professeur des Universités, 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 16
Epreuves d'admission.....	Page 22
Première épreuve.....	Page 22
Deuxième épreuve	Page 27
Conclusion générale.....	Page 47

RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

Agrégation interne

Nombre de postes	8
Candidats inscrits	113
Candidats présents aux deux épreuves d'admissibilité	76
Candidats admissibles	20
Candidats présents aux épreuves d'admission	19
Candidats proposés pour l'admission	8
<u>Epreuves d'admissibilité</u>	
Moyenne des candidats présents	7,37
Moyenne des candidats admissibles	10,93
Moyenne du dernier candidat admissible	9,53
<u>1^{ère} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	8,68
Moyenne des candidats admissibles	12,67
Note maximale	15,33
<u>2^{ème} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	6,07
Moyenne des candidats admissibles	9,21
Note maximale	15,39
<u>Epreuves d'admission</u>	
Moyenne des candidats présents	11,56
Moyenne des candidats admis	13,76
Moyenne la plus élevée	15,20
Moyenne du dernier candidat admis	11,90
<u>1^{ère} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	12,42
Moyenne des candidats admis	14,25
Note maximale	17,00
<u>2^{ème} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	10,69
Moyenne des candidats admis	13,28
Note maximale	18,40
<u>Ensemble du concours</u>	
Moyenne des candidats présents	11,28
Moyenne la plus élevée	13,55
Moyenne des candidats admis	12,72
Moyenne du dernier candidat admis	11,69

RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

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

Nombre de postes	1
Candidats inscrits	22
Candidats présents aux deux épreuves d'admissibilité	11
Candidats admissibles	2
Candidats présents aux épreuves d'admission	2
Candidats proposés pour l'admission	1
<u>Epreuves d'admissibilité</u>	
Moyenne des candidats présents	6,39
Moyenne des candidats admissibles	10,59
Moyenne du dernier candidat admissible	9,85
<u>1^{ère} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	7,84
Moyenne des candidats admissibles	12,99
Note maximale	13,10
<u>2^{ème} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	4,94
Moyenne des candidats admissibles	8,19
Note maximale	9,78
<u>Epreuves d'admission</u>	
Moyenne des candidats présents	11,02
Moyenne des candidats admis	12,65
<u>1^{ère} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	9,5
Moyenne des candidats admis	13,00
Note maximale	13,00
<u>2^{ème} épreuve</u>	
Moyenne des candidats présents	12,55
Moyenne des candidats admis	12,30
Note maximale	12,30
<u>Ensemble du concours</u>	
Moyenne des candidats présents	10,81
Moyenne la plus élevée	11,25
Moyenne des candidats admis	11,25
Moyenne du dernier candidat admis	11,25

Avant-propos

En introduction de ce rapport, le jury souhaite adresser ses plus sincères félicitations aux neuf lauréats de la session 2024 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 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 2024, 135 candidats se sont inscrits et 87 d'entre eux se sont présentés aux deux épreuves d'admissibilité, soit un taux de présence de 64 %, stable par rapport aux deux sessions précédentes (65 % lors des sessions de 2022 et 2023). Le jury se félicite de ce constat et encourage très fortement les candidats des prochaines sessions à maintenir, voire améliorer, 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), quel que soit le secteur de spécialité de la discipline « biotechnologies option biochimie génie biologique » dans lequel il ou elle dispense son enseignement.

Les concours de l'agrégation interne et du CAERPA 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. Ces concours couvrent 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.

Le jury rappelle que les définitions des épreuves d'admissibilité et d'admission de l'agrégation interne et du CAERPA de biochimie génie biologique sont disponibles à l'adresse suivante : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/les-epreuves-de-l-agregation-interne-et-du-caerpa-section-biochimie-genie-biologique-958>, et que les programmes des épreuves de la session 2025 sont disponibles à celle-ci : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/13734/download>.

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 abordés dans leurs dimensions scientifiques, technologiques et 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 répondant à une problématique donnée.

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. De par sa nature, l'exercice est 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 2024 est précisée plus loin dans ce rapport.

Épreuves d'admission

La première épreuve d'admission s'inscrit dans une démarche de projet qui vise à construire une application 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 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. Dans cet objectif, le candidat s'emploie à approfondir ses savoirs scientifiques, technologiques et techniques en s'appuyant sur les activités réalisées au sein d'un laboratoire ou d'une entreprise de biotechnologie. 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 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.

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 application pour un niveau de classe donné, un référentiel pré-baccalauréat ou 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, 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 vraiment 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 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, requérant du 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 fortement conseillé aux futurs candidats de s'appropriier, 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, de 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.

Pour conclure, le jury espère sincèrement que ce rapport sera utile aux futurs candidats à l'agrégation interne et au CAERPA 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 :

Première épreuve : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/11937/download>

Deuxième épreuve : <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/media/11940/download>

Première épreuve

Durée : 6 heures

Coefficient : 1

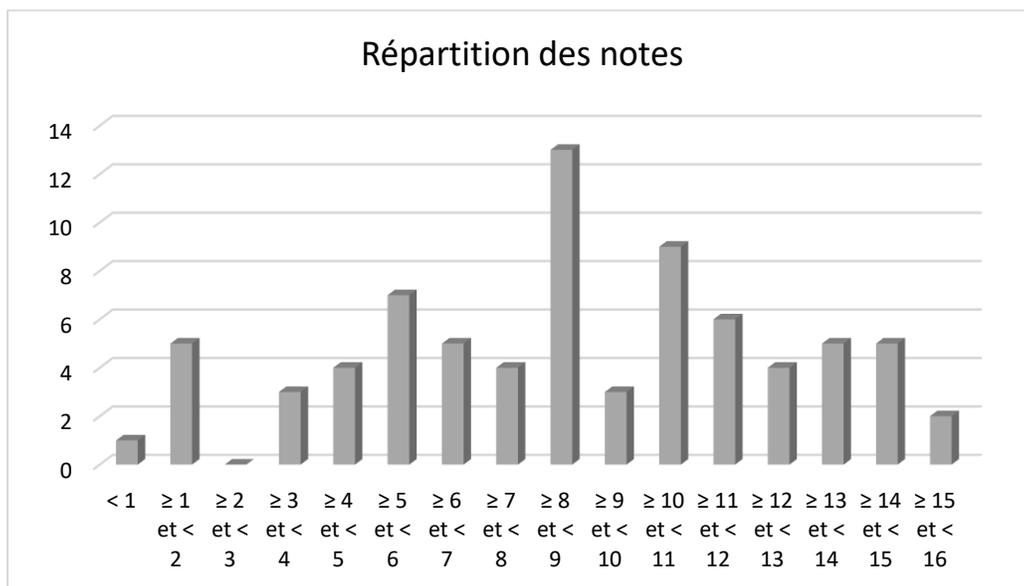
Résultats de l'épreuve

Agrégation
interne

76 candidats ont composé.

< 1	1	≥ 9 et < 10	3
≥ 1 et < 2	5	≥ 10 et < 11	9
≥ 3 et < 4	3	≥ 11 et < 12	6
≥ 4 et < 5	4	≥ 12 et < 13	4
≥ 5 et < 6	7	≥ 13 et < 14	5
≥ 6 et < 7	5	≥ 14 et < 15	5
≥ 7 et < 8	4	≥ 15 et < 16	2
≥ 8 et < 9	13		

La moyenne générale de l'épreuve est de 8,68. La meilleure note est de 15,33/20.

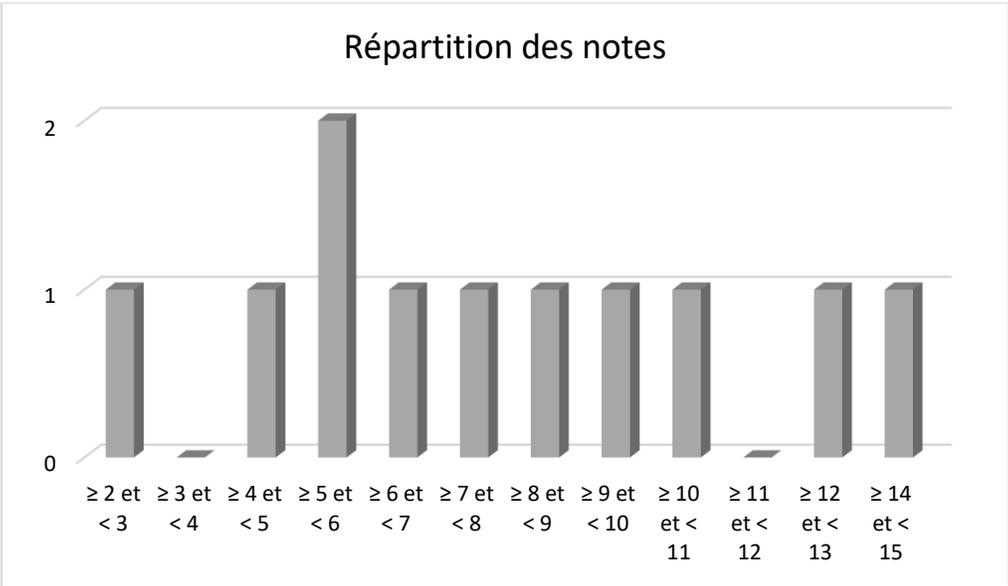


CAERPA

11 candidats ont composé.

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

La moyenne générale de l'épreuve est de 7,84. La meilleure note est de 13,10/20.



Rapport du jury

Structure et objectifs de l'épreuve

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

- d'une part, les capacités du candidat à utiliser ses connaissances scientifiques et technologiques pour, soit expliciter ou valider des solutions retenues, soit expliquer ou analyser des résultats expérimentaux obtenus (ces questions sont 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/étudiants, soit une séance ou une séquence d'enseignement (ces questions sont identifiées par la lettre **P**). Pour cela, le candidat doit veiller à situer correctement l'exercice dans un processus d'apprentissage et par rapport aux autres enseignements scientifiques ou technologiques associés si besoin.

Le sujet de la session 2024 était organisé en deux parties indépendantes et comportait 20 questions mobilisant des connaissances scientifiques et technologiques (questions **ST**) ainsi que 3 questions mobilisant des compétences pédagogiques (questions **P**).

Commentaire général

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, et uniquement lorsque celle-ci s'avère vraiment nécessaire, une présentation des résultats. Cette dernière doit être conduite de manière très rigoureuse en considérant, tout d'abord, de manière très attentive, les contrôles réalisés (témoin réactif, témoin échantillon, témoin de charge, ...). Puis, un exposé factuel des résultats obtenus, sans donner lieu à de quelconques éléments de discussion, doit permettre la construction d'un raisonnement clair, judicieusement illustré, qui aboutit à la formulation d'une hypothèse ou d'une conclusion pertinente. De nouveau, le jury constate avec regret que la logique de construction d'une analyse de résultats expérimentaux n'est toujours pas un exercice acquis par la plupart des candidats. En effet, beaucoup de candidats se dispersent dans des descriptions inutiles, ne hiérarchisent pas les informations mises à leur disposition ou bien s'engagent dans de longs développements inutiles, voire erronés, oubliant l'importance de faire la démonstration de leur esprit de synthèse et de concision. Or, les digressions inutiles et hors-sujet pénalisent à coup sûr 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. A ce propos, la rigueur du vocabulaire employé s'avère un élément indispensable sur lequel le jury se veut d'insister 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. Si les longs développements non hiérarchisés sont donc à proscrire, il n'est également pas acceptable de donner des formules de calculs, des illustrations ou des tableaux de résultats sans aucune explication, annotation ou commentaire.

Les questions pédagogiques (notées **P**) représentent environ 30 % de la note finale et ont donc souvent fait la différence quant aux notes obtenues par les candidats. Du fait de leur importance quantitative dans le barème de l'épreuve, les candidats doivent donc leur consacrer un temps non négligeable. Certains candidats n'ont répondu à aucune de ces questions ou y ont répondu de manière bien trop succincte sans justifier leurs choix et leur démarche. Ces questions nécessitent de savoir gérer le temps imparti pour pouvoir avoir une réelle réflexion pédagogique. 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. Le jury encourage les candidats, au cours de leur préparation au concours, à s'interroger sur leurs pratiques afin de mieux appréhender ces questions.

Quel que soit le type de question traité (ST ou P), l'esprit de synthèse demeure une compétence clé qui démontre la capacité d'un enseignant à aller à l'essentiel afin de transmettre 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 la rédaction des réponses aux questions sans nul besoin de paraphraser inutilement l'intégralité du contexte ou de se perdre en de trop longues introductions. La concision associée à la clarté des propos sont largement appréciées. A ce titre, le jury a valorisé les candidats qui ont pris le temps de bien structurer leur rédaction en parties, séparées par idée ou concept mobilisé, et ont proposé des tableaux synthétiques afin de regrouper des données les rendant ainsi plus lisibles et exploitables. L'utilisation de codes couleur est aussi un moyen pour faciliter le repérage des données clefs utilisées à la base des raisonnements. Le jury conseille aux futurs candidats de faire preuve, comme au quotidien avec leurs élèves/étudiants, d'initiative dans leurs outils de présentation afin de faciliter la compréhension de leurs réponses.

Le jury tient à souligner qu'il a apprécié la qualité et le soin avec lesquels la plupart des candidats ont rédigé leur copie tout en déplorant, toutefois, la présence, encore, de quelques copies quasiment illisibles et/ou très peu soignées. Le jury rappelle que la qualité de la rédaction, ainsi que celle des illustrations, est prise en compte dans l'évaluation de la copie. Il regrette une détérioration assez notable et générale de l'orthographe et invite tous les candidats à remédier, en amont des épreuves, à toute difficulté dans ce domaine, indispensable à la transmission correcte des savoirs et savoir-faire auprès des élèves/étudiants.

Partie 1 : Les maltodextrines, des constituants des boissons énergétiques

ST1

Cette question demandait une analyse pertinente des documents proposés afin d'en extraire les critères permettant de définir une « boisson énergétique ». La plupart des candidats ont traité cette question mais de manière relativement inégale. En effet, un simple recopiage du document proposé ne pouvait absolument pas répondre à la question posée qui nécessitait, non seulement de citer les critères permettant de définir une boisson énergétique, mais surtout de montrer en quoi les boissons isotoniques pouvaient être définies ainsi. Il était également pertinent de montrer, à l'aide de quelques exemples, que les autres boissons ne répondaient pas à cette définition. Le jury a apprécié les réponses concises qui allaient à l'essentiel et ne se perdaient pas dans un verbiage trop long et, le plus souvent, inutile. Les présentations sous forme de tableaux synthétiques, clairs, rigoureusement construits et permettant de répondre à la question posée ont été appréciées. Le jury s'étonne que certains candidats aient accordé à cette question introductive un temps démesurément long, les pénalisant très certainement pour la suite de l'épreuve.

ST2

Cette question mobilisait des concepts de base de biologie cellulaire et de physiologie tels que les échanges d'eau et de solutés. Le jury regrette que peu de candidats aient construit leur réponse de manière rigoureuse permettant l'explicitation séquentielle des événements mis en jeu. Des raccourcis, pour la plupart erronés, ont été trop souvent utilisés. De plus, une lecture plus rigoureuse de la question posée aurait été bien souvent nécessaire de façon à mieux cibler la réponse qui était d'expliquer l'apparition potentielle d'un œdème cellulaire au niveau du cerveau. Ce dernier point a trop souvent été occulté. Le jury s'inquiète d'un niveau de connaissances faible des candidats sur les mécanismes d'échange d'ions et de molécules d'eau au sein de l'organisme. Le jury a été surpris de constater que, associé à l'effort physique intense mentionné dans l'énoncé, peu de candidats ont initié leur explication logique par la présentation d'une situation de déshydratation intracellulaire et extracellulaire due à différents mécanismes tels que la transpiration, l'augmentation du métabolisme cellulaire, l'augmentation de la température corporelle, ... Cet oubli a, ensuite, souvent donné lieu à des raisonnements pour le moins fantaisistes. Le jury a apprécié les candidats qui ont illustré leurs propos par un schéma correctement légendé. Il rappelle, néanmoins, qu'un schéma ne peut pas totalement se substituer à la rédaction d'un texte clair et rigoureux.

P1

Cette question pédagogique demandait aux candidats de proposer une activité technologique réaliste et pertinente en phase avec le référentiel. Il était attendu que les candidats présentent, très clairement et en détail, les prérequis, l'organisation de l'activité ainsi que le travail demandé aux élèves et que, pour ce dernier, ils présentent le système de restitution et les éléments d'évaluation. Le jury a relevé des propositions originales et apprécié le fait que certains candidats aient ancré leur activité dans le contexte actuel des jeux olympiques. En revanche, il déplore que la notion d'osmose ne soit pas maîtrisée par certains candidats, les conduisant à proposer des démarches fort peu convaincantes.

ST3

Il était attendu des candidats qu'ils mènent dans cette question une analyse simple, mais néanmoins rigoureuse, des différents résultats expérimentaux présentés dans le document 2. Il fallait ainsi observer que la présence de fructose augmentait l'activité métabolique par augmentation de l'enrichissement en CO₂ dans l'air expiré, que les mécanismes de diffusion facilitée du glucose et du fructose au sein des cellules intestinales n'avaient pas le même coût énergétique et que le métabolisme du fructose en pyruvate nécessitait une étape de moins que celui du glucose. Ceci devait logiquement conduire les candidats à proposer que le métabolisme du fructose en pyruvate avait un coût métabolique moindre et un meilleur rendement énergétique. Des candidats ont réussi à construire un raisonnement argumenté et concis, issu d'une analyse rigoureuse des résultats expérimentaux proposés. Toutefois, le jury regrette que certains candidats n'aient pas compris en quoi les documents proposés permettaient de répondre à la question posée et se perdaient ainsi dans des explications erronées. Cette question a permis de mettre en évidence que le vocabulaire et les concepts associés de diffusion facilitée, transport actif et transport actif secondaire ne sont clairement pas maîtrisés par un très grand nombre de candidats.

Partie 2 : Éléments de maîtrise du processus de fabrication des maltodextrines

2.1. Étape de gélatinisation

ST4

Il était demandé aux candidats, d'une part, de décrire les phénomènes physico-chimiques conduisant au gonflement de l'amidon durant l'étape de gélatinisation et, d'autre part, d'argumenter l'intérêt de cette étape afin de faciliter la digestion enzymatique. Il était donc attendu que les candidats mentionnent l'agitation moléculaire liée à l'augmentation de température, la rupture des interactions faibles intramoléculaires, l'ouverture de la molécule conduisant à l'exposition des fonctions alcools hydrophiles aux molécules d'eau ainsi que la création de liaisons hydrogènes entre les chaînes d'amidon et l'eau permettant l'hydratation de la structure et conduisant à la séparation physique des chaînes glucidiques facilitant ainsi l'accès des hydrolases.

Si ces différentes étapes ont très bien été décrites par certains candidats, d'autres se sont contentés de présenter, parfois sur plusieurs pages, la structure de l'amidon aboutissant à une réponse hors-sujet. Il est regrettable que certains candidats n'aient pas traité cette question qui ne requérait pourtant que des connaissances basiques en biochimie.

2.2. Dimensionnement de certaines opérations unitaires

La partie dimensionnement de certaines opérations unitaires abordait des notions de génie industriel peu familières à la plupart des candidats. Cependant, l'exploitation des documents permettait de s'appropriier les différents éléments nécessaires pour répondre aux questions posées (ST5 à ST7). Si des candidats ont su exploiter toutes les informations contenues dans le sujet et répondre à l'ensemble des questions, il est dommage que d'autres, en revanche, n'ont pas su, ou osé, travailler cette partie et n'ont répondu à aucune question.

ST5

Cette question a été globalement bien traitée par les candidats ayant abordé cette partie du sujet. Grâce à un bilan de matière, il était demandé de calculer la capacité évaporatoire théorique (CET) de l'opération unitaire d'évaporation, exprimée en tonnes d'eau éliminée par heure (t·h⁻¹), et d'en déduire la consommation énergétique spécifique (CES).

ST6

Dans cette question, il était nécessaire d'être attentif aux données afin de comprendre comment calculer la CES puis, ensuite, de s'appropriier l'utilisation du diagramme enthalpique de Mollier. Certains candidats ont su parfaitement utiliser les données fournies dans les documents et ainsi aboutir au résultat attendu.

ST7

Dans cette question, il était demandé d'argumenter, à l'aide des calculs réalisés et des documents fournis, l'intérêt de l'étape d'évaporation dans le processus de fabrication des maltodextrines. Il était attendu des candidats qu'ils expliquent que l'évaporation et l'atomisation constituent deux étapes d'élimination de l'eau avec une CES pour l'évaporation inférieure à la CES de l'atomisation. Ainsi, il était donc pertinent de positionner l'évaporation en amont de l'atomisation afin d'avoir un processus global moins énergivore. De plus, il fallait également relever que le système de recyclage de chaleur permettait d'optimiser la consommation d'énergie.

2.3. Critères microbiologiques du produit fini

Les questions ST8 et ST9 traitaient des critères microbiologiques applicables au produit fini. De nombreux candidats ont répondu à ces questions mais le jury regrette que beaucoup d'entre eux aient fourni des réponses partielles ou approximatives démontrant une lecture beaucoup trop superficielle des documents fournis.

ST8

Il était demandé, dans cette question, d'extraire les critères microbiologiques obligatoires auxquels doivent répondre les maltodextrines et de préciser si ce sont des critères de sécurité ou d'hygiène. Il fallait donc parfaitement localiser les critères correspondant à une denrée alimentaire pour nourrisson et à une préparation en poudre « de suite ». Le jury a tout particulièrement apprécié quand les candidats ont fait apparaître les informations utiles de façon synthétique sous forme de tableau.

ST9

Cette question visait à identifier le type de plan de contrôle utilisé, puis à analyser les résultats et conclure. Si de nombreux candidats ont bien répondu à cette question en identifiant un plan de contrôle à deux classes, peu ont conclu sur la qualité du lot qui était insatisfaisante. En revanche, d'autres ne maîtrisaient pas, ou ont confondu, les notions d'unité de prélèvement, d'échantillon et de lot.

2.4. Amélioration de l'étape de digestion enzymatique lors de la production des maltodextrines

ST10

Il était demandé aux candidats de présenter le principe des méthodes d'immobilisation. Beaucoup d'entre eux ont perdu du temps et n'ont pas répondu à la question en reprenant point par point les protocoles d'immobilisation. Une étude attentive des consignes et un temps de réflexion sur le **document 6** devaient permettre la mise en évidence d'un système d'immobilisation par liaison covalente (EB1 et ES1) et d'un système par liaison faible de type ionique (EB et ES). Une discussion était à mener pour distinguer les systèmes -EB1, ES1- des systèmes -EB, ES- présentant un pontage par le glutaraldéhyde.

Le jury a apprécié les candidats qui se sont focalisés sur les principes en s'appuyant sur des supports synthétiques afin de caractériser les particularités de chacun des systèmes proposés.

ST11

Cette question permettait d'explicitier, en une phrase simple, les trois rendements utilisés dans la suite de l'étude. Ce travail de formulation est important avec les élèves et étudiants qui ont parfois du mal à formaliser clairement des concepts à l'aide de termes précis, adaptés et rigoureusement maîtrisés. Les « explicitations » produites par les candidats ont été assez hétérogènes. Les meilleures formulations montrent toutefois que certains candidats maîtrisent bien les paramètres liés au processus de suivi de purification d'une enzyme.

ST12

Cette question a été globalement bien traitée. Seul l'établissement de la relation de calcul pour le dernier rendement a posé problème à certains candidats.

Les applications numériques ont été correctement réalisées. Le jury rappelle que, lorsque des calculs sont à réitérer, les candidats peuvent faire une première série de calculs argumentée pour une condition d'immobilisation et les trois rendements demandés puis signaler qu'ils procèdent de manière identique pour les autres séries. Le jury a apprécié les candidats qui rassemblent tous les résultats dans un tableau synthétique et commenté. Il a néanmoins été étonné de voir des calculs très approximatifs, suggérant que des candidats ne devaient pas disposer de calculatrice. Le jury rappelle que se munir des matériels nécessaires signalés sur la convocation aux épreuves d'admissibilité est un minimum pour se présenter sereinement à ces dernières.

ST13

L'analyse argumentée des différents paramètres calculés pour chaque condition d'immobilisation a plus ou moins été menée de manière synthétique et rigoureuse : le système d'immobilisation « ES1 » ressortait comme étant le plus pertinent.

Le jury a apprécié les candidats qui sont allés un peu plus loin dans leur argumentation en posant et discutant les hypothèses pouvant expliquer cette conclusion : avantage de l'immobilisation par liaison covalente plutôt que par liaison faible, avantage probable du pontage par le glutaraldéhyde, ...

ST14

La question a été globalement traitée et comprise. Le jury a valorisé les candidats qui ont mené une analyse des résultats obtenus pour chaque mutant de façon rigoureuse et systématique. Il est néanmoins regrettable que certains candidats n'aillent pas jusqu'au bout de leurs analyses ou conclusion. Ainsi, les paramètres cinétiques et/ou la demi-vie n'étaient pas toujours discutés ou la conclusion bilan était absente.

ST15

Cette question a été traitée de façon variable. Elle permettait aux candidats de mobiliser leurs connaissances sur les propriétés physico-chimiques des acides aminés en relation avec la structure et la fonction d'une enzyme. Une analyse systématique :

- de la nature des acides aminés substitués et de la modification de l'environnement structural alors généré dans la structure de l'enzyme ;
- de la localisation des acides aminés mutés, soit au niveau du site catalytique, soit en périphérie du site catalytique ;
- d'un lien pour améliorer la stabilité et l'activité de l'enzyme ;

permettait de discuter et d'argumenter de façon exhaustive les améliorations apportées par les différentes mutations présentées par rapport à la forme sauvage.

Certains candidats ont formulé de bonnes argumentations avec, en appui, des illustrations ou supports facilitant l'extraction des données clefs.

P2

Environ 30 % des candidats ont fait un hors-sujet en présentant le déroulement d'un protocole pratique. En revanche, peu de candidats n'ont pas traité cette question et toutes les propositions (bonnes ou hors de propos) ont respecté la longueur maximale imposée de deux pages.

Le jury encourage les candidats à bien lire les consignes et contexte de réalisation de la question pédagogique et de prendre un vrai temps de réflexion afin d'y répondre, tout en faisant régulièrement des allers-retours avec les consignes de rédaction afin de s'assurer de la pertinence de la réponse proposée. Le jury a valorisé les propositions (tableau, carte mentale, listing structuré avec des codes couleur, logigramme, ...) répondant à la demande et faisant preuve d'originalité pédagogique que ce soit sur la forme ou sur le fond.

Partie 3 : Maladies intestinales inflammatoires et maltodextrines

La suite du sujet présentait le rôle potentiel de maltodextrines dans le développement de maladies inflammatoires de l'intestin. Il s'agissait dans cette partie d'évaluer, entre autres, les compétences des candidats à analyser des résultats expérimentaux obtenus à l'aide de techniques telles que la RT-qPCR ou l'immunohistochimie.

ST16

La question imposait une analyse rigoureuse et successive des deux figures proposées. Il était attendu des candidats qu'ils effectuent une analyse comparative des résultats expérimentaux obtenus en considérant la condition de référence (i.e. l'eau pour la figure de gauche et DSS pour celle de droite) qui devait être clairement énoncée. La significativité obtenue entre les résultats expérimentaux devait être prise en compte lors de l'analyse du document. Il est regrettable que nombre de candidats s'affranchissent totalement de cette donnée, tirant alors des conclusions totalement erronées. Le jury rappelle qu'il est essentiel que les candidats aient une lecture rigoureuse des valeurs présentées et qu'ils ne peuvent en forcer l'interprétation pour quelle que raison que ce soit. D'autre part, une attention particulière devait également être apportée au changement d'échelle entre les deux figures, indispensable à leur analyse comparative.

Ainsi, dans ce document, les candidats devaient observer, qu'en absence de traitement au DSS, une alimentation enrichie en maltodextrines ne provoque pas d'inflammation tandis que ce régime alimentaire (mais pas les autres) accentue l'état inflammatoire généré par un traitement au DSS.

ST17

Cette question a été traitée par une majorité de candidats mais avec un succès très variable. En effet, si le jury attendait une représentation rigoureuse des édifices moléculaires mis en jeu, il a été stupéfait de voir des schémas peu soignés, peut-être bâclés par manque de temps, et s'alarme de voir, dans le contexte de ce concours, des candidats représenter encore des anticorps sous la forme d'un Y. Une annotation rigoureuse des deux édifices moléculaires était attendue tout en respectant la nomenclature proposée dans le document 10. Des schémas utilisant des codes couleur ont été largement appréciés, d'autant plus lorsque ceux-ci permettaient la mise en évidence des zones paratopes et de distinguer les modes de détection des deux anticorps secondaires.

ST18

Cette question attendait une réponse courte à laquelle la plupart des candidats ayant traité la troisième partie ont répondu. Certains candidats n'ont toutefois pas compris la notion de « témoin de spécificité » qui permettait de valider que le signal observé avec l'anticorps anti-Muc-2 était bien dû à la présence de cette protéine et pas une autre, qui aurait pu être reconnue non spécifiquement par cet anticorps, dans l'échantillon analysé. Des anticorps de lapin du même isotype, du sérum de lapin ou toute proposition plausible étaient possibles.

ST19

Cette question mobilisait des connaissances de base sur le rôle de trois réactifs très communément utilisés dans les laboratoires. Sans difficulté particulière, cette question n'a néanmoins pas été traitée par l'ensemble des candidats. Le jury a constaté que les notions de saturation (BSA), de lavage avec un détergent (Tween-20) ou de marquage de l'ADN (DAPI) ne sont pas maîtrisées par tous les candidats. De plus, le jury s'inquiète d'avoir très souvent lu que les candidats pensent qu'une solution de lavage contenant un détergent permet d'enlever « les molécules non fixées ». Ce manque de rigueur dans les formulations est source de confusions conceptuelles manifestes.

ST20

Cette question demandait une analyse claire et rigoureuse de résultats expérimentaux obtenus à l'issue d'une expérience d'immunohistochimie. La majeure partie des candidats ayant traité cette question a bien noté qu'une alimentation aux maltodextrines diminuait la quantité de protéines Muc-2 et la quantité de protéines glycosylées. Toutefois, dans la mesure où deux anticorps différents étaient utilisés, toute comparaison entre la quantité de protéines Muc-2 et de sa forme glycosylée était hasardeuse. Il est dommage qu'aucun candidat n'ait souligné ce point particulier. Le jury s'est également étonné que nombre de candidats aient voulu voir sur les figures proposées des modifications structurelles importantes, voire de la mort cellulaire par apoptose, alors qu'aucun élément scientifique tangible en ce sens ne le permettait.

P3

Cette question pédagogique demandait aux candidats de proposer un plan de manipulation permettant de mimer l'effet de différentes boissons sur le microbiote intestinal. Les candidats qui ont le mieux réussi cette question ont proposé un plan de manipulation qui répondait vraiment à la question posée en fixant, tout d'abord, clairement et simplement, les objectifs à atteindre puis en proposant des modèles et des approches biotechnologiques permettant d'y répondre. Ainsi, les manipulations envisagées devaient être réalisables au lycée. Le jury a été surpris que certains candidats proposent d'isoler puis de cultiver un microbiote humain ou animal. Les manipulations proposées devaient prendre en compte le niveau attendu, celui du BTS Biotechnologies. Parmi les propositions possibles, la mise en contact d'un biofilm avec les différentes boissons à tester pouvait s'avérer tout à fait pertinente. Un plan de manipulation, simple mais rigoureusement construit dont toutes les étapes et les choix (matériel, souche bactérienne, technique, ...) étaient clairement explicités était attendu. Il a été regretté que très peu de candidats aient proposé des modalités pédagogiques innovantes comme la mise en place de groupes de travail, afin de tester, par exemple, différentes conditions expérimentales simultanément.

Lors de l'analyse critique, les candidats devaient identifier les limites du modèle proposé. Il est apparu que certains candidats n'ont absolument pas conscience des difficultés de mise en culture d'un microbiote alors que d'autres ne prennent pas du tout en compte les notions de temps de contact, de dilution ou des interactions possibles qui pourraient avoir lieu au sein de l'organisme.

Deuxième épreuve

Durée : 6 heures

Coefficient : 1

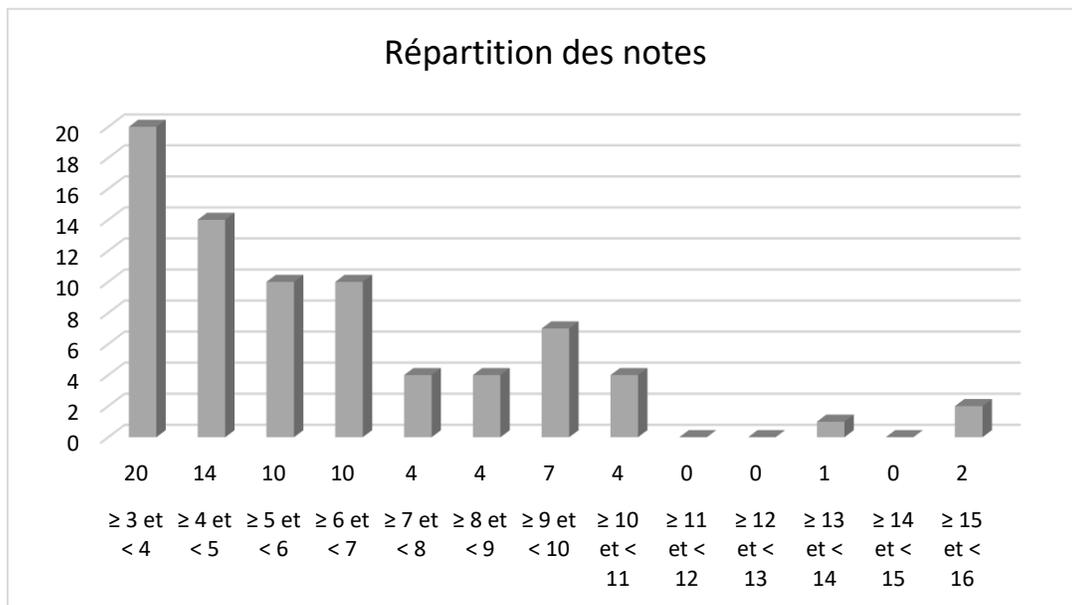
Résultats de l'épreuve

Agrégation
interne

76 candidats ont composé.

≥ 3 et < 4	20	≥ 8 et < 9	4
≥ 4 et < 5	14	≥ 9 et < 10	7
≥ 5 et < 6	10	≥ 10 et < 11	4
≥ 6 et < 7	10	≥ 13 et < 14	1
≥ 7 et < 8	4	≥ 15 et < 16	2

La moyenne générale de l'épreuve est de 6,07. La meilleure note est de 15,39/20.

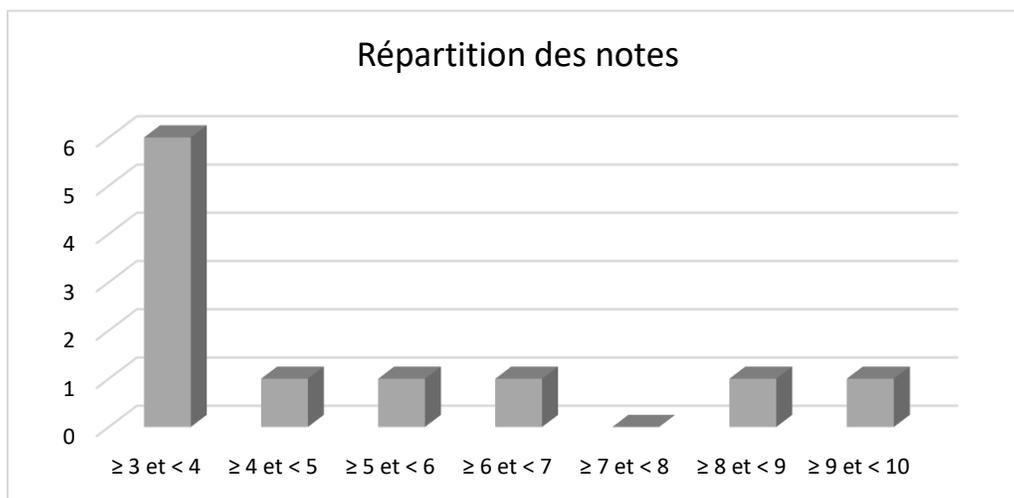


CAERPA

11 candidats ont composé.

≥ 3 et < 4	6	≥ 6 et < 7	1
≥ 4 et < 5	1	≥ 8 et < 9	1
≥ 5 et < 6	1	≥ 9 et < 10	1

La moyenne générale de l'épreuve est de 4,94. La meilleure note est de 9,78/20.



Rapport du jury

L'épreuve était, conformément à sa 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 sollicitait de la part des candidats des connaissances dans les domaines de l'immunologie, de la physiologie, de la microbiologie et de la biologie cellulaire en lien 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 éthiques et sociétaux soulevait l'importance primordiale des questionnements actuels associés au développement des biotechnologies. Ces aspects ne doivent pas se réduire à une question ouverte à laquelle le jury devrait répondre à la place du candidat mais doivent faire référence au cadre réglementaire en vigueur tels que la loi de bioéthique, la charte d'éthique de l'expérimentation animale, la convention sur les Droits de l'Homme et la biomédecine, etc. tout en mettant en lumière les objectifs et les apports de ces cadres pour alimenter la réflexion.

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 afin d'identifier les concepts clés relatifs au sujet, leur permettant une prise de recul absolument nécessaire à la construction d'un plan logique, équilibré et en adéquation avec la question posée. Cette démarche limite, d'une part, les digressions hors-sujet chronophages et non valorisées et, d'autre part, un développement exagéré d'une partie au détriment des autres.

Compte-tenu de la durée de l'épreuve, la longueur des écrits rendus est conséquente. Il est donc indispensable d'organiser sa synthèse en faisant apparaître un plan clair et explicite. En ce sens, il est demandé aux candidats de soigner les titres de leurs parties ainsi que de vérifier l'adéquation entre l'intitulé des titres et le contenu informatif des paragraphes sous-jacents. Il est également 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. Si l'exercice exige des connaissances actualisées de la part des candidats, il requiert avant tout que ceux-ci fassent la démonstration de leur vision intégrée des principes et concepts associés et fassent preuve d'esprit de synthèse. Le jury conseille aux candidats de se préparer à l'épreuve en se mettant dans des situations de mobilisation et de sélection de connaissances ainsi que de construction de plans en temps limité.

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. A ce titre, la présence d'une iconographie soignée et légendée permet de compléter le propos mais aussi de démontrer les qualités pédagogiques des candidats. Elle aère la composition et en facilite la lecture. Le jury attire l'attention sur le fait que, bien que pouvant être simplifiée, elle doit néanmoins être scientifiquement rigoureuse.

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, l'orthographe et la grammaire défaillantes de certains écrits, notamment les accords de pluriels et de participes passés, ont parfois rendu l'évaluation difficile. L'absence de ponctuation, particulièrement au sein de phrases excessivement longues, rend les propos confus. 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. Il 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.

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 être clôturé par 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 soient insuffisamment construits correctement, n'apportant alors aucune plus-value à la réflexion.

Le sujet de cette session « Bases moléculaires de la reconnaissance du soi et du non-soi chez les êtres vivants et applications biotechnologiques » demandait une compréhension des principes moléculaires et cellulaires de l'immunité chez les eucaryotes et procaryotes. Cela nécessitait de maîtriser les concepts d'immunité acquise et innée souvent présentés sous la forme obsolète d'immunité spécifique et non-spécifique. Ainsi, le jury a été surpris qu'un nombre important de candidats ne connaisse pas les récepteurs PRR (*Pattern recognition receptor*), dont les TLR (*Toll like receptor*), impliqués dans la réponse immunitaire innée chez les eucaryotes. Par ailleurs, il convenait de réintégrer les systèmes restriction-modification et les systèmes CRISPR-Cas dans leur contexte immunitaire respectif, inné et acquis.

Le vaste étendu des champs disciplinaires à mobiliser a sans doute déstabilisé certains candidats qui n'ont pas su sélectionner les connaissances permettant de mettre en avant la spécificité des mécanismes de reconnaissance du soi et du non-soi. Le jury a tout particulièrement valorisé les candidats qui ont su, au-delà

de la mobilisation de connaissances actualisées, présenter les concepts et argumenter leurs choix en lien avec le sujet.

L'intitulé général de la question suggérait, bien que sans obligation aucune, la construction d'un plan en deux parties dans lesquelles seraient respectivement abordés les mécanismes moléculaires et cellulaires permettant de distinguer le soi du non-soi chez les eucaryotes et les procaryotes puis des exemples de stratégies d'obtention de molécules d'intérêt biotechnologique intervenant dans les mécanismes de distinction du soi et du non-soi. Au vu de l'importance quantitative des notions à aborder dans la première partie, celle-ci pouvait être utilement subdivisée en deux en abordant successivement les mécanismes moléculaires puis cellulaires, permettant ainsi un meilleur équilibre de la copie. Cette proposition d'organisation n'a que vocation d'illustration et tout plan pertinent était valorisé.

Le sujet a été traité de manière très hétérogène selon les candidats et le jury regrette que beaucoup de candidats n'ont pas fait la démonstration de leurs connaissances et se sont limités, notamment pour ce qui concerne la réponse immunitaire, à un niveau de connaissances relevant du collège, niveau insuffisant dans le cadre de cette épreuve.

Dans l'introduction, le jury a été tout particulièrement vigilant à l'annonce de la problématique et à la façon dont la réponse allait être posée. Il était ainsi attendu que les candidats cernent parfaitement le sujet en définissant les concepts-clés du soi et du non-soi et introduisent les notions d'immunité innée et spécifique. Le jury a été surpris de constater que trop de candidats restreignent la définition du soi à « tout ce qui est produit par l'organisme », ne considérant aucunement les bases biochimiques de la reconnaissance entre molécules.

1^{ère} partie : Bases moléculaires de la reconnaissance et génération de la diversité

Que ce soit chez les eucaryotes ou les procaryotes, la distinction du soi et du non-soi au niveau moléculaire repose sur des mécanismes d'interactions faibles entre les récepteurs du soi et les molécules du non-soi. Ces interactions se caractérisent par leur affinité et leur spécificité, deux concepts qui devaient être clairement définis et qui pouvaient être habilement illustrés, par exemple, par la présentation des conséquences de l'établissement de multiples interactions moléculaires au sein d'une synapse immunologique. La présentation de la diversité des types de molécules en interaction, à la fois du soi et du non-soi, leurs particularités structurales ainsi que les notions de complémentarité structurale et d'ajustement induit à l'origine de la spécificité de reconnaissance étaient attendues. Les candidats ne devaient donc pas se restreindre à décrire des mécanismes de reconnaissance protéine-protéine mais évoquer aussi d'autres molécules telles que les acides nucléiques ou les lipides (ex : PRR, *Pattern recognition receptor*, et reconnaissance des LPS, *lipopolysaccharides*). Dans la description des mécanismes moléculaires, les notions de paratope et d'épitope séquentiel ou conformationnel devaient absolument apparaître. Le jury a été très étonné de constater que ce vocabulaire semble méconnu par de nombreux candidats. L'exemple des interactions mises en jeu au niveau du CMH ou entre les BCR (*B-cell receptor*) ou TCR (*T-cell receptor*) et leurs ligands pouvait aisément être utilisé pour illustrer et expliciter ce vocabulaire.

L'anticorps, comme molécule intervenant dans la distinction du soi et du non-soi, devait être clairement présenté. Certains candidats ont développé en détails leurs connaissances sur les anticorps en décrivant les classes d'anticorps, les types de chaînes lourdes et légères, mais ont totalement omis de s'attarder sur la zone de spécificité de la molécule, sur sa structure et ses interactions avec l'épitope, points essentiels directement en lien avec le sujet. Le jury rappelle que le candidat doit vraiment se questionner sur l'utilité de ce qu'il écrit dans la compréhension du sujet. Dans ce contexte, il ne s'agissait absolument pas de construire un cours sur la réaction immunitaire mais de faire ressortir les mécanismes utilisés par les procaryotes et les eucaryotes pour reconnaître le soi du non-soi.

Le jury a regretté qu'une confusion importante ait été faite entre immunité innée et reconnaissance non spécifique dans la mesure où il rappelle que l'immunité innée s'appuie sur des reconnaissances spécifiques, à large spectre. Parmi les mécanismes moléculaires de reconnaissance, celui par attachement ou scanning était attendu, tout en se limitant à la phase de reconnaissance. Des exemples, tels que le complexe RISC (*RNA-induced silencing complex*) ou la protéine Cas9 pouvaient être présentés. Le jury a également été surpris de constater que la méthylation du génome procaryote, comme marqueur du soi, ne soit globalement pas connue de la majorité des candidats. Ainsi, même si de nombreux candidats ont su décrire le principe des enzymes de restriction de type II, la reconnaissance de sites palindromiques et la coupure au niveau du site de restriction, le rôle de la méthylation de l'ADN bactérien au cours de la réplication permettant de protéger ce dernier, a été très souvent éludé.

Au vu de l'intitulé de la question posée, il était hors-sujet de traiter la réaction inflammatoire ou l'élimination des pathogènes ainsi que d'évoquer des éléments de défense tels que la barrière cutanée ou les antibiotiques.

2^{ème} partie : Bases cellulaires, sélection et évolution clonale

Cette deuxième partie se devait de présenter les mécanismes cellulaires impliqués dans la distinction du soi et du non-soi. Il s'agissait, pour les candidats, de présenter successivement comment, à l'échelle cellulaire, est généré un répertoire permettant de reconnaître le non-soi dans sa diversité, pouvant évoluer au cours du temps et ne devant pas cibler le soi. Le jury indique que certains de ces mécanismes pouvaient très bien être abordés à une échelle moléculaire par les candidats, échelle qui était alors positivement accueillie du moment qu'une cohérence dans les propos la justifiait.

La génération du répertoire par recombinaison somatique, à l'origine de la diversité des récepteurs du soi, devait amener les candidats à présenter rigoureusement les mécanismes de recombinaison V(D)J pour les TCR et BCR, survenant chez chaque individu. Le jury regrette que les étapes attendues de la sélection des récepteurs du soi n'aient été développées que dans de rares copies. De même, étaient attendus les mécanismes d'apprêtement de l'antigène chez les eucaryotes, d'insertion de séquences extra-chromosomiques dans des loci CRISPR ou par héritage d'infections passées.

La présentation des étapes de génération et de sélection du répertoire B et T permettait de montrer que le répertoire de récepteurs doit pouvoir reconnaître un large spectre d'éléments du non-soi et ne pas reconnaître les molécules marqueurs du soi, afin d'éviter toute réaction auto-immune. Il était alors attendu que les candidats présentent les mécanismes de sélection positive et négative aboutissant à l'élimination des clones qui reconnaissent de manière trop affine les antigènes du soi. Ainsi, les candidats devaient expliquer les mécanismes de présentation des antigènes survenant dans le thymus et dans la moelle. Le concept de non reconnaissance du soi chez les procaryotes a été très peu, ou trop superficiellement, abordé par les candidats. Sans exiger des mécanismes cellulaires complexes, le jury attendait que soit néanmoins évoquée, par exemple, la protection des loci CRISPR du fait de l'absence de PAM (*Protospacer adjacent motif*). A ce propos, le jury a constaté que le système CRISPR-Cas9 est assez mal connu par la majorité des candidats en dehors de la phase effectrice. Ainsi, la phase d'intégration des « *spacers* » a été peu décrite et la différenciation soi/non-soi s'arrête souvent à la complémentarité entre l'ARN guide et l'ADN viral. Le rôle du PAM et du « PAM-interacting domain » de Cas9 dans la protection du chromosome bactérien a été éludé.

Une fois ces données exposées, le candidat pouvait alors présenter les mécanismes qui permettent au répertoire d'évoluer au cours des rencontres avec des molécules du non-soi, en insistant tout particulièrement sur l'intérêt de cette évolution. Ainsi, les notions de mémoire immunologique et d'amélioration de la spécificité de la reconnaissance entraînant une réponse immunitaire plus efficace devaient être présentées. Il était donc attendu que soient évoqués les caractéristiques de la réponse secondaire vis-à-vis de la réponse primaire, les mécanismes d'hypermutation somatique dans lesquels intervient, notamment, l'enzyme AID (*Activation-induced cytidine deaminase*) permettant une mutation des CDR (*Complementarity determining regions*) puis la sélection des meilleurs clones, ainsi que le turnover des séquences présentes dans les loci CRISPR.

3^{ème} partie : Stratégies d'obtention de molécules d'intérêt biotechnologique et diversité de leur utilisation

Dans cette troisième partie, il était attendu que les candidats présentent des stratégies d'obtention de molécules d'intérêt biotechnologique intervenant dans les mécanismes de distinction du soi et du non-soi, ainsi que des exemples illustrant la diversité de leurs utilisations biotechnologiques.

Le jury a apprécié que les candidats aient, dans l'ensemble, su correctement présenter les utilisations des molécules de reconnaissance du non-soi comme outils biotechnologiques. En revanche, les stratégies d'obtention de ces molécules ont été très rarement évoquées.

Parmi les stratégies de production chez les eucaryotes, le jury attendait que les candidats évoquent, par exemple, des approches *ex vivo* d'amélioration de la spécificité de reconnaissance des anticorps, soit par la production, à partir d'hybridomes, d'anticorps monoclonaux à la place d'anticorps polyclonaux, soit par des stratégies d'optimisation de la séquence, ou bien encore présentent des stratégies d'amélioration de la valence des anticorps. En ce qui concerne les stratégies d'obtention de ces molécules, il était intéressant d'évoquer en quoi la problématique de leur durée de vie limitée *in vivo* a conduit à développer des approches *ex vivo* de chimérisation, puis d'humanisation, et comment la nécessité de pouvoir les détecter a conduit à la mise au point de stratégies de couplage (ex : biotine, fluorochromes, enzymes). Enfin, il était pertinent d'évoquer comment des approches telles que la vaccination ou l'utilisation de cellules CAR-T (*Chimeric antigenic receptor-T*) représentent des stratégies de stimulation *in vivo* de la production d'anticorps spécifiques par le système immunitaire.

Dans un second temps, les candidats pouvaient présenter les stratégies de production mises en œuvre dans des systèmes procaryotes. Parmi celles-ci, étaient attendues les stratégies d'utilisation de CRISPR, celles de

la production d'enzymes de restriction à partir d'un clonage ou encore celles de la production d'ARN interférents.

Une troisième partie pouvait alors exposer des applications biotechnologiques de ces molécules. Comme précédemment indiqué, la plupart des candidats a présenté les techniques de révélation utilisant des anticorps, sans perte de fonction. Ainsi, l'immunofluorescence, l'immunocolorimétrie, l'immuno western blot, la cytométrie en flux, la chromatographie d'affinité (en colonne ou en batch) et la technique ELISA ont été largement évoquées. Au-delà de la simple description de ces applications, il était intéressant que les candidats mentionnent les contraintes liées à l'utilisation de ces outils comme la nécessité d'amplifier le signal spécifique, celle de diminuer le signal de bruit de fond et les moyens mis en œuvre pour tenter d'y répondre. La thérapie génique, la thérapie cellulaire grâce à des cellules génétiquement modifiées *ex vivo* pouvaient également être évoquées.

Le jury a valorisé les candidats qui faisaient preuve de connaissances technologiques, non seulement en faisant la démonstration de leur maîtrise des principes des techniques couramment utilisées, mais également en étant capables d'en dégager les propriétés et intérêts d'utilisation. Le jury a ainsi regretté que beaucoup de copies aient cité des applications technologies sous forme de catalogue, sans expliciter les propriétés particulières des acteurs de la reconnaissance soi-non soi. Par exemple, la capacité de sélectivité de l'anticorps pour détecter des molécules spécifiques dans un mélange complexe devait être soulignée. De même, les points critiques et les conditions d'utilisation des anticorps, en lien avec leur structure et leur fonction, auraient pu être précisés.

Conclusion

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, notamment sur les enjeux sociétaux associés à la problématique du sujet. Le jury constate que, malheureusement, la majorité des conclusions ne présente pas un réel aboutissement de la réflexion menée tout au long de la composition mais se résume, le plus souvent, sans doute par manque de temps, à une brève reprise de quelques points abordés. Le jury invite les candidats à se renseigner, en amont de l'épreuve, sur les lois de bioéthique afin que les développements proposés gagnent en profondeur.

De façon générale, le jury a été relativement déçu du niveau de connaissances très faible des candidats et de l'absence quasi générale de réflexion face à une question posée. Beaucoup de copies ont abordé les principes de l'immunologie selon un niveau collègue. Or, les niveaux moléculaire et cellulaire devaient être particulièrement développés, en insistant sur la nature des molécules, leur structure, les interactions mises en jeu, ... Le jury a néanmoins apprécié les copies qui faisaient preuve d'intégrité scientifique. Ainsi, même si une confusion scientifique telle que celle parfois trouvée entre anticorps monoclonaux et anticorps polyclonaux est sanctionnée, elle reste acceptable. En revanche, les candidats qui écrivent de nombreuses pages, tout en réinventant les fondements de la biologie, ont été lourdement sanctionnés.

EPREUVES D'ADMISSION

Première épreuve

Résultats de l'épreuve

- 21 candidats, agrégation interne et CAERPA confondus, ont composé :
- 3 ont obtenu une note supérieure ou égale à 16 ;
 - 4 ont obtenu une note supérieure ou égale à 14 et strictement inférieure à 16 ;
 - 4 ont obtenu une note supérieure ou égale à 12 et strictement inférieure à 14 ;
 - 8 ont obtenu une note supérieure ou égale à 10 et strictement inférieure à 12 ;
 - 1 a obtenu une note strictement inférieure à 10 ;
 - 1 a obtenu une note strictement inférieure à 8.

La moyenne générale de l'épreuve est de 12,14/20.

La moyenne des candidats admis est de 14,44/20.

La meilleure note est de 17/20

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.

Conformément à la définition de l'épreuve, le jury rappelle que le manuscrit ainsi que la présentation orale peuvent 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 replacée dans son contexte et qui doit être très clairement reliée 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. Des prolongements économiques et sociétaux peuvent être abordés, si cela s'avère pertinent.

- une application pédagogique intégrée dans une programmation, à un niveau de classe donné, devant répondre à une problématique pédagogique argumentée et explicitée. Les modalités pédagogiques choisies doivent être argumentées en dégageant notamment leur plus-value. L'application pédagogique doit s'inscrire dans une démarche réaliste. Elle peut donc avantageusement avoir été expérimentée avec des élèves ou des étudiants, en s'appuyant sur différents outils d'actualité. Elle doit prendre en compte de façon concrète les contraintes inhérentes à l'environnement de l'enseignant de biochimie génie biologique (matériels disponibles, horaires, groupe classe, coût, prévention et sécurité...). Cette mise en application peut également faire appel à des aspects interdisciplinaires du moment que ceux-ci apportent une réelle plus-value à la démarche proposée et sont justifiés.

Le jury estime qu'il est indispensable que le « candidat enseignant » fasse preuve d'une véritable analyse réflexive sur sa propre pratique. C'est pourquoi il lui conseille de se former aux sciences cognitives et de les appliquer à ses pratiques pédagogiques. L'utilisation de mots clés, parfois de manière quantitativement exagérée, sans maîtrise des concepts et sans illustration dans l'application pédagogique, n'illusionne pas le jury.

La réflexion sociétale et citoyenne est désormais un incontournable des enseignements liés aux biotechnologies et à la biologie compte-tenu de leur impact sur le vivant, la santé, l'alimentation et l'environnement. La démarche réflexive doit donc interroger les dimensions éthiques et citoyennes, orientées, non seulement dans le domaine de la recherche en biotechnologie, mais également dans les domaines de la santé, de l'environnement et de l'alimentation, en lien, notamment, avec les BTS d'« Analyses de biologie médicale », de « biotechnologies en recherche et en production », de « bio-analyses en laboratoire de contrôle » et de « BioQualité ». Elle doit obligatoirement s'appuyer sur des ressources bibliographiques sérieuses.

Dans le dossier, comme dans la présentation orale, le jury s'applique à vérifier que les schématisations présentées ne risquent pas d'induire de confusion chez les apprenants comme, par exemple, un anticorps apparaissant plus gros que la cellule sur laquelle il est fixé. De même, les méthodes et outils pédagogiques innovants proposés doivent être mûrement réfléchis de façon à ne pas s'avérer totalement artificiels ou déconnectés de l'objectif ciblé.

Remarques sur le dossier

Cet exercice de réflexion exige des candidats de faire preuve de concision, d'esprit de synthèse et de faire des choix tant dans la structuration que dans les contenus présentés. Pour autant, la concision et la réalisation de choix ne doivent pas se faire au détriment d'éléments indispensables à la bonne compréhension de l'étude et à l'argumentation étayées des objectifs pédagogiques. A ce propos, il convient notamment de limiter le nombre d'annexes au strict nécessaire.

De manière assez générale, le jury a apprécié la qualité de la forme d'une grande majorité de dossiers. Il a agréablement noté le soin apporté à l'iconographie, l'orthographe, la syntaxe, la construction et clarté du plan. Toutefois, il regrette que, sauf quelques exceptions, le niveau des connaissances scientifiques et la réflexion sur les concepts scientifiques, technologiques, pédagogiques et didactiques ne sont pas suffisamment développés.

Comme conseillé ci-dessus, ces dossiers comportaient généralement deux parties, développées de manière relativement équilibrée : une partie scientifique et technologique suivie d'une partie pédagogique en lien direct avec la première. Le jury a déploré des liens artificiels, voire inexistant, entre les deux parties. Il rappelle qu'un approfondissement réflexif est attendu, à la fois dans le domaine scientifique et technologique, ainsi que dans le domaine métier de l'enseignant, tant sur les aspects didactiques et pédagogiques. Il est, en effet, essentiel de valoriser ces deux dimensions dans la mesure où elles sont appliquées à l'enseignement dans nos diplômes scientifiques et technologiques.

Le texte peut très avantageusement s'appuyer sur des illustrations de qualité uniquement si celles-ci ajoutent une réelle plus-value didactique et pédagogique au manuscrit. Elles doivent être rigoureusement référencées et comporter un titre pertinent ainsi qu'une légende soignée, correctement formulée. Leur source doit être précisée. La lisibilité des figures et du texte doit être scrupuleusement vérifiée.

Une bibliographie rigoureuse doit être présentée de manière formelle. Il est conseillé d'utiliser des logiciels de formatage des documents pour une édition rigoureuse et homogène des références bibliographiques. L'utilisation d'une webographie doit être limitée à des sites robustes, régulièrement actualisés et fiables, car les informations présentées ne sont pas toujours rigoureuses et l'actualisation de certains sites internet pas toujours réalisée.

Remarques sur la partie scientifique et technologique du dossier

Le jury insiste sur le fait que, bien que la partie scientifique et technologique soit placée en première partie du rapport, l'exercice de démarche de projet doit positionner la problématique pédagogique comme véritable finalité. C'est celle-ci, ainsi que les moyens mis en œuvre pour tenter d'y répondre, qui orientent le choix de la thématique de la partie scientifique et technologique. Ainsi, la présentation d'un stage en laboratoire ou d'une étude scientifique doit s'inscrire dans une finalité pédagogique issue d'une réflexion personnelle et à un niveau

d'enseignant confirmé. C'est ainsi que sont valorisées l'expertise et la réflexion des candidats construites par l'expérience de l'enseignement dans cette discipline.

Il est impératif que la partie scientifique et technologique soit rédigée à l'appui de données actualisées de la littérature et/ou d'une expérience en laboratoire. Ceci nécessite un travail important de remise à jour des connaissances de la part des candidats qui sera formalisé par la présentation d'une bibliographie appropriée. A l'issue de ce travail de mise, ou remise à jour, de ses connaissances, il est donc attendu que le candidat fasse la démonstration d'un niveau scientifique de grande expertise dans le domaine qu'il a lui-même librement choisi de présenter. La précision et la maîtrise des informations présentées étant un point très apprécié par le jury, celles-ci ne peuvent demeurer superficielles. De même, le « saupoudrage » de données déconnectées les unes des autres et présentées de manière « catalogue » est très fortement déconseillé.

Afin d'atteindre ces objectifs, la réalisation d'un stage en laboratoire ou dans une entreprise de biotechnologie permet, non seulement une remise à niveau, mais également un ancrage indispensable dans le concret et l'actualité. Le jury est conscient de l'investissement et de l'engagement que cela demande au candidat et apprécie ceux qui sont devenus, par la préparation de cette épreuve, de véritables experts dans le domaine scientifique qu'ils ont choisi.

Remarques sur la partie pédagogique du dossier

Tous les niveaux d'enseignement, pré- ou post-baccalauréat, choisis pour cette partie sont appréciés de manière totalement identique par le jury. Le caractère totalement novateur de la technologie présentée dans l'application pédagogique n'est pas 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 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.

Le professeur de biochimie génie biologique a la particularité d'offrir à l'élève une confrontation au réel. Cela impose une maîtrise des savoirs scientifiques académiques, des savoirs technologiques, mais également d'avoir la capacité de les transposer à un niveau donné afin de permettre le développement des compétences des apprenants. Les constructions pédagogiques qui présentaient une véritable démarche de recherche s'interrogeant sur la faisabilité du projet, sa cohérence, son adaptation au public concerné et la plus-value de celle-ci ont été tout particulièrement appréciées. Ainsi, les candidats ayant obtenu les meilleures notes sont souvent ceux qui ont mis en œuvre, au moins en partie, la transposition pédagogique proposée, ou ceux qui ont pu en discuter avec des collègues expérimentés, en sollicitant éventuellement l'aide de leur IA-IPR de BGB. Le jury encourage vivement ces échanges qui permettent aux candidats de murir leur réflexion, de poser des mots sur leurs pratiques et d'argumenter de façon conscientisée, auprès du jury, les choix effectués.

Une grande majorité de candidats parvient à présenter clairement ses choix didactiques c'est-à-dire à positionner la séance proposée dans une progression ou partie de progression annuelle, à identifier les savoir-faire et les savoirs associés visés à l'intérieur d'un référentiel de pré- ou post-bac et à présenter le déroulé de la séance proposée. L'argumentation de la part de l'enseignant est essentielle car elle témoigne de son recul didactique sur la séance proposée. Le jury a valorisé les candidats faisant preuve de capacités réflexives et de remise en question constructive, qualités essentielles pour un professeur en recherche de l'amélioration continue de son enseignement. Le jury rappelle que la construction d'une partie pédagogique doit présenter une mise en application ordonnée et hiérarchisée afin de mettre clairement en évidence le déroulement des activités pédagogiques, les concepts fondamentaux scientifiques et technologiques apportés, ainsi que les notions de prévention des risques et de coût de réalisation.

La réflexion pédagogique a souvent été insuffisamment développée ou bien malmenée par l'utilisation de concepts mal maîtrisés. Celle-ci doit prendre en compte l'hétérogénéité des niveaux des élèves, faire apparaître les points de vigilance pour installer les essentiels, éviter les confusions et faciliter les apprentissages dès la

classe tout en prenant en compte les difficultés des apprenants. Il est essentiel que la plus-value des modalités de travail retenues et des outils choisis soit développée. L'enrichissement par des apports théoriques issus des sciences cognitives, neurosciences et sciences de l'éducation, doit être illustré par des applications concrètes afin de ne pas être hors-sol et trop théorique. Le rôle de l'enseignant dans la classe, en tant qu' « accélérateur d'apprentissage », doit être décrit et explicité. Par exemple, beaucoup de candidats évoquent les différents modes d'évaluation mais sans en démontrer, ni l'intérêt pour l'apprenant, ni la façon dont ils sont mis en œuvre, ni la mesure de leurs effets sur l'apprentissage en classe.

La complétude de la démarche n'apparaît que lorsque toutes les dimensions sont correctement développées, à savoir les dimensions scientifique, technologique, didactique et pédagogique.

Remarques sur la forme des présentations orales

La durée de l'exposé oral de 30 minutes a été, sauf quelques rares exceptions, scrupuleusement respectée par les candidats.

La présentation orale doit, bien évidemment, être à l'image des attendus du rapport écrit et un équilibre entre les deux dimensions (i.e. « scientifique et technologique » et « didactique et pédagogique ») doit être maintenu.

Le jury tient à féliciter l'ensemble des candidats qui ont construit, dans leur très large majorité, des supports diaporamas de grande qualité, mettant clairement en évidence leurs compétences 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 dans la mesure où cela ne gênait pas la compréhension et préservait l'intérêt de la démarche de projet.

Afin de favoriser une écoute attentive et de rendre le propos encore plus dynamique, le jury suggère aux candidats de construire des diapositives qui ne soient pas surchargées en texte, ni en animations de toute sorte qui peuvent s'avérer être parfois contreproductives pour le suivi de la présentation. Ainsi, des supports iconographiques judicieusement choisis remplacent parfois très utilement de longues phrases rédigées que l'auditoire n'a pas le temps de lire dans leur intégralité sans risquer de perdre le fil du récit. De même, le choix des couleurs (i.e. contraste entre le texte et le fond) ainsi que la taille des figures (graphiques, tableaux, ...) présentées doit être mûrement réfléchi en amont de la présentation devant le jury.

Dans un concours de recrutement d'enseignants, les compétences en communication sont évidemment essentielles, tout comme l'attitude générale devant un auditoire. Par conséquent, il est conseillé aux candidats de s'affranchir d'un support papier au cours de leur prestation orale afin de faciliter la fluidité de leur discours et son incarnation par l'orateur. Le jury félicite les candidats qui ont, dans leur grande majorité, adopté une attitude communicante, en proposant une présentation personnelle et originale, avec force et conviction.

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'échanges et de réflexion. Il a vocation à évaluer les connaissances scientifiques et technologiques du candidat, mais également ses capacités à analyser une situation, à présenter son opinion, en tant que fruit de son expérience, sur divers questionnements pédagogiques. Le jury, adoptant une attitude de questionnement bienveillante envers les candidats attend, en retour, les mêmes dispositions de leur part afin de mener au mieux un échange constructif.

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 les candidats qui ont présenté de manière claire et explicite leur démarche de projet. 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.

Ont été 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 l'application pédagogique, des contraintes liées aux établissements d'enseignement. Le jury a tout 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. Les sujets ancrés sur une réelle recherche didactique et pédagogique ont également été appréciés, surtout lorsque celle-ci conduisait à un projet permettant réellement une plus-value à l'enseignement en vue d'un apprentissage plus efficace.

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 imposerait alors à son auditoire de faire des choix qui ne sont pas de son ressort, comme peut y être confronté un élève ou étudiant.

Il est 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 sur des objectifs d'apprentissage bien définis, en appui sur une réalité, non seulement du métier d'enseignant, mais également économique pour l'établissement. Le jury a également été sensible à la prise en compte des contributions d'autres disciplines, dans une approche pédagogique contemporaine et interdisciplinaire.

La thématique scientifique du projet étant laissée à l'entière discrétion des candidats, le jury s'étonne donc que certains candidats n'arrivent pas à faire la démonstration, sur des questions pourtant très fondamentales, de leur maîtrise dans le domaine. 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 toutes les méthodologies présentées, d'expliquer les techniques et les principes scientifiques associés mais également d'être en mesure de réaliser l'analyse explicite 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 que le candidat choisisse un projet scientifique dans un domaine qu'il 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. Cependant, dans la mesure où le fondement de l'épreuve s'inscrit dans la mise en œuvre d'un projet pédagogique, il convient de ne pas oublier que le support scientifique et technologique doit être au service du projet pédagogique et non l'inverse. Ainsi, certains dossiers prenant appui sur des activités liées à un stage de formation en laboratoire ou sur la réalisation d'une thèse de sciences, pouvaient être d'un niveau scientifique très satisfaisant sans pour autant répondre aux objectifs de l'épreuve.

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 du candidat, 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 de la démarche pédagogique choisie ou conçue. En effet, par ce questionnement large, le jury souhaite également apprécier la maîtrise didactique de la discipline 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. Le jury apprécie tout particulièrement les candidats qui attendent la fin de l'énoncé de la question avant de répondre et qui formulent leur réponse 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 2024

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.
-

**CARACTÉRISATIONS BIOTECHNOLOGIQUES D'UNE NOUVELLE MOLÉCULE
BACTÉRICIDE**

PARTIE 1 : ÉTUDE DE L'EFFET DE LA MOLÉCULE JV24 SUR *E. coli*

1.1. ÉVALUATION DU POTENTIEL BACTERICIDE DE LA MOLÉCULE JV24

1.2. ÉTUDE DE L'ACTIVATION D'UNE VOIE DE RÉPONSE BACTÉRIENNE AU STRESS APRÈS TRAITEMENT À LA MOLÉCULE JV24

PARTIE 2 : DÉTERMINATION DE LA CONCENTRATION INHIBITRICE 50 % (CI50) DE LA MOLÉCULE JV24 PAR LA MÉTHODE MTT

PARTIE 3 : MISE AU POINT D'UN TEST ELISA COMPÉTITIF EN LYCÉE

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

CARACTÉRISATIONS BIOTECHNOLOGIQUES D'UNE NOUVELLE MOLÉCULE BACTÉRICIDE

Un laboratoire de recherche a identifié une nouvelle molécule bactéricide, JV24, à partir d'une banque de molécules issues de la chimie combinatoire.

Le laboratoire cherche à confirmer le caractère bactéricide de cette molécule JV24 sur *E. coli* et à évaluer sa capacité d'activation d'une voie de réponse bactérienne au stress. Il souhaite également déterminer sa cytotoxicité sur des cellules eucaryotes.

La dernière partie du sujet est consacrée à la mise au point d'un test ELISA compétitif de détection de la molécule JV24 dans le cadre d'une activité technologique proposée en lycée.

PARTIE 1 : ÉTUDE DE L'EFFET DE LA MOLÉCULE JV24 SUR *E. coli*

1.1. ÉVALUATION DU POTENTIEL BACTÉRICIDE DE LA MOLÉCULE JV24

La cinétique de bactéricidie de la molécule JV24 est réalisée sur une souche d'*E. coli*. Elle permet d'obtenir ainsi une valeur approchée du temps de réduction décimale de la population bactérienne.

Le **document 1** présente la démarche pour évaluer le potentiel bactéricide de JV24.

Mise en œuvre

- Étalonner la méthode semi-quantitative de dénombrement des bactéries.
- Réaliser la cinétique de bactéricidie de JV24.



⇒ Appeler un examinateur lors de la réalisation de la cinétique de bactéricidie.

Des boîtes de gélose TS obtenues après 24 h de culture sont fournies aux candidats ayant mis en œuvre l'étalonnage de la méthode de dénombrement et la cinétique de bactéricidie.

Exploitation des résultats

- Q.1** Déterminer la concentration de la suspension d'*E. coli*.
- Q.2** Argumenter le choix des dilutions retenues pour étalonner la méthode de dénombrement.
- Q.3** Présenter les résultats expérimentaux obtenus à partir des boîtes de gélose fournies. Estimer le temps de réduction décimale d'*E. coli* en présence de la molécule JV24.
- Q.4** Conclure quant à l'effet bactéricide de la molécule JV24.
- Q.5** Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier l'efficacité de la dilution au 1/10 en diluant-neutralisant pour neutraliser l'action de JV24.

1.2. ÉTUDE DE L'ACTIVATION D'UNE VOIE DE RÉPONSE BACTÉRIENNE AU STRESS APRÈS TRAITEMENT À LA MOLÉCULE JV24

Les chercheurs souhaitent évaluer l'effet activateur de la molécule JV24 sur une voie de réponse bactérienne au stress. Le suivi de l'activation de cette voie est réalisé en mesurant l'expression du gène *rpoS* par PCR quantitative en temps réel après rétrotranscription, RT-qPCR. Les ARNm de bactéries traitées ou non par JV24 ont été extraits, puis ont été rétrotranscrits afin de produire les ADNc fournis aux candidats.

Le **document 2** présente le protocole de réalisation de la qPCR.

Étude préparatoire

- Q.6** Établir la composition de chaque « mix amorces ».
- Q.7** Déterminer les valeurs manquantes sur le tableau de programmation du thermocycleur donné en **annexe**, en présentant les calculs effectués.
- Q.8** Préciser, en argumentant, l'étape à l'issue de laquelle la mesure de fluorescence est effectuée.

Mise en œuvre

- Réaliser l'amplification des séquences d'ADNc selon le protocole du **document 2**.

Les résultats expérimentaux seront communiqués à chaque candidat par le jury après le passage au poste de pré-qPCR.

Exploitation des résultats

La variation du niveau d'expression du gène *rpoS* avant et après traitement par la molécule JV24 est calculée à partir des courbes d'amplification par la méthode des $\Delta\Delta C_t$.

- Q.9** Analyser les courbes de fusion. Conclure quant à la qualité des amplifications.
- Q.10** Exploiter quantitativement les résultats de la RT-qPCR. Conclure.

PARTIE 2 : DÉTERMINATION DE LA CONCENTRATION INHIBITRICE 50 % (CI_{50}) DE LA MOLÉCULE JV24 PAR LA MÉTHODE MTT

L'effet cytotoxique de JV24 chez les eucaryotes est quantifié sur des cellules CHO, issues d'ovaire de hamster, et cultivées en milieu HAM's F12 complet.

Les cellules CHO sont présentées dans deux conditionnements :

- un flacon de culture de 25 cm², dont les cellules doivent être repiquées afin d'entretenir la lignée,
- une suspension cellulaire ajustée permettant de réaliser le test de cytotoxicité.

Les instructions de mise en œuvre du test de cytotoxicité et de repiquage de la lignée cellulaire sont présentées dans le **document 3**.

Étude préparatoire

- Q.11** Présenter les calculs nécessaires pour réaliser l'ensemencement de la plaque.
- Q.12** Donner la composition du témoin réalisé en triplicat dans les puits A11, B11 et C11. Préciser son rôle.

Mise en œuvre

- Entretenir la lignée CHO sous hotte à flux laminaire.
- Réaliser l'ensemencement des puits de la plaque 96 puits sous hotte à flux laminaire.
- Réaliser le test de cytotoxicité de la molécule JV24 à la paillasse.

Exploitation des résultats

- Q.13** Calculer le pourcentage de cellules survivantes dans chaque puits.
- Q.14** Construire le graphique représentant la fonction suivante :

$$\text{« \% de survivants »} = f(\log(C_{JV24} ; \text{milieu de culture}))$$

- Q.15** Déterminer la CI_{50} de la molécule JV24 testée.

Les substances actives antibactériennes sont utilisables si l'indice de biocompatibilité (BI) est supérieur à 1 : celui-ci prend en compte les résultats de la cytotoxicité *in vitro* et l'effet bactéricide. Le **document 4** présente une étude comparée des indices de biocompatibilité de substances antibactériennes.

- Q.16** Argumenter la pertinence de sélectionner des substances dont le BI est arbitrairement supérieur à 1.
- Q.17** Analyser les résultats obtenus pour JV24 et conclure.

PARTIE 3 : MISE AU POINT D'UN TEST ELISA COMPÉTITIF EN LYCÉE

Un enseignant de biotechnologie souhaite utiliser l'étude de la molécule JV24 comme contexte d'une activité technologique en STS de laboratoire de biologie appliquée en lycée, mettant en œuvre un test ELISA. Pour cela, il adapte un protocole de test ELISA compétitif quantitatif fourni par un autre établissement. La liste des réactifs disponibles et ce protocole générique sont présentés dans le **document 5**.

Dans un premier temps, il doit déterminer les dilutions de la solution I8140 et de la solution « A3687 pré-diluée au 1/2000 » à utiliser pour être dans des conditions d'étude quantitative tout en réduisant les coûts.

Dans un deuxième temps, il doit renommer les réactifs afin de contextualiser le test qui sera réalisé en classe.

1. Analyse du protocole générique

Q.18 Représenter l'édifice moléculaire en mettant en évidence la notion d'ELISA compétitif.

Q.19 Donner la composition des témoins à réaliser et préciser leur rôle.

Q.20 Présenter en argumentant les points techniques critiques.

2. Recherche des dilutions de la solution I8140 et de la solution « A3687 pré-diluée au 1/2000 »

Étude préparatoire

Q.21 Proposer un plan d'expériences à mettre en œuvre à partir de la plaque sensibilisée et des solutions disponibles afin de déterminer les dilutions possibles pour les solutions « I8140 » et « A3687 pré-diluée au 1/2000 » permettant de réaliser un test ELISA quantitatif.

Q.22 Présenter le plan des dépôts réalisés.

Mise en œuvre

- Mettre en œuvre le plan d'expériences proposées.

Exploitation des résultats

Q.23 Exploiter les résultats obtenus.

Q.24 Déterminer les dilutions de la solution I8140 et de la solution « A3687 pré-diluée au 1/2000 » à utiliser pour être dans des conditions d'étude quantitative tout en réduisant les coûts. Argumenter les choix retenus.

Q.25 Renommer les réactifs du test ELISA pour proposer une activité technologique ayant comme contexte la molécule JV24.

Document 1 : évaluation du potentiel bactéricide de la molécule JV24

Matériels et réactifs

Désignation	Composition	Conditionnement
<i>E. coli</i>	Suspension d' <i>E. coli</i> de 18 h en bouillon TS	1 tube
TS	Bouillon TS	1 tube de 5 mL
TS	Gélose TS	3 boîtes
Eau physiologique	Eau physiologique stérile	1 flacon de 20 mL
JV24	Solution de JV24 à 1 % (m/v)	1 tube de 10 mL
Diluant neutralisant	Diluant neutralisant	6 tubes de 9 mL

- anses calibrées de 10 μ L stériles
- 1 flacon stérile de 30 mL
- tubes à hémolyse stériles
- chronomètre
- agitateur
- cuves de 2 mL et porte cuves
- parafilm®

Instructions de travail

1. Étalonnage de la méthode semi-quantitative de dénombrement des bactéries

- Mesurer la $D_{600\text{ nm}}$ de la suspension d'*E. coli* et évaluer la concentration microbienne sachant que $D_{600\text{ nm}} = 0,1$ correspond à $c_{(\text{nb cellules ; milieu de culture})} = 10^8 \text{ cellules} \cdot \text{mL}^{-1}$ et que la limite de linéarité est $D_{600\text{ nm}} = 0,6$.
- Effectuer les dilutions décimales de la suspension d'*E. coli* en eau physiologique stérile jusqu'à la dilution 10^{-7} .
- Pour chacune des dilutions 10^{-2} à 10^{-7} :
 - prélever 10 μL à l'aide d'une anse calibrée ;
 - ensemercer une gélose TS sous la forme d'une strie de 4,5 cm de long : répartir le volume contenu dans l'anse en faisant plusieurs allers-retours sur la même strie puis vérifier que l'anse est bien déchargée ;
 - laisser sécher la boîte ;
 - incuber 24 h à 37 °C.

Remarque : Cinq prélèvements peuvent être ensemençés au maximum sur une gélose TS.

2. Cinétique de bactéricidie de JV24

- Introduire 9 mL de solution de JV24 dans un tube stérile.
- Ajouter 1 mL de suspension d'*E. coli* non diluée au temps $t = 0$.
- Prélever 1 mL de ce mélange aux temps 1, 3, 5, 10 et 20 minutes.
- Transférer immédiatement le prélèvement dans un tube de 9 mL de diluant-neutralisant.
- Homogénéiser.
- Prélever 10 μL à l'aide d'une anse calibrée.
- Ensemercer une gélose TS sous la forme d'une strie de 4,5 cm de long : répartir le volume contenu dans l'anse en faisant plusieurs allers-retours sur la même strie puis vérifier que l'anse est bien déchargée.
- Laisser sécher la boîte.
- Incuber 24 h à 37 °C.

Données :

- La norme NF EN 1276 – août 2019 définit un produit à activité bactéricide si, soumis aux conditions fixées par la norme – 5 min de contact – il entraîne une diminution de 99,999 % du nombre de cellules viables.
- Il a été démontré que la dilution au 1/10 de la molécule JV24 en diluant-neutralisant est suffisante pour neutraliser son action.

Document 2 : Étude de l'activation d'une voie de réponse au stress

Matériel et réactifs pour l'amplification de la RT-qPCR

NOM	COMPOSITION	CONDITIONNEMENT
Supermix 2X	dNTPs 0,4 mmol·L ⁻¹ Tampon KCl à 100 mmol·L ⁻¹ et MgCl ₂ à 6 mmol·L ⁻¹ final Enzyme iTaq thermo-activable par chauffage à 95 °C pendant 3 minutes SybrGreen : intercalant fluorescent après liaison à de l'ADN double brin	Microtube de 75 µL
Amorce F réf.	Amorce sens « gène de référence » à 4 mmol·L ⁻¹ T _m = 58,3 °C	Microtube 20 µL
Amorce R réf.	Amorce antisens « gène de référence » à 4 mmol·L ⁻¹ T _m = 60,6 °C	Microtube 20 µL
Amorce F stress	Amorce sens « gène de réponse au stress <i>rpoS</i> » à 4 mmol·L ⁻¹ T _m = 61,1 °C	Microtube 20 µL
Amorce R stress	Amorce antisens « gène de réponse au stress <i>rpoS</i> » à 4 mmol·L ⁻¹ T _m = 65,5 °C	Microtube 20 µL
ADNc souche non traitée	ADNc issu de la souche non traitée par le composé JV24	Microtube 20 µL
ADNc souche traitée	ADNc issu de la souche traitée par le composé JV24	Microtube 20 µL
Eau qualité BM	Eau distillée DNase-free	Microtube 50 µL

- Barrette de PCR à 4 puits
- Film adhésif pour qPCR
- Huile de paraffine
- Portoir à barrette PCR

Composition générique du milieu réactionnel à introduire par puits :

- 12,5 µL de Supermix 2X
- 7,5 µL de « Mix amorces »
- 5 µL d'ADN matrice

Instructions de travail

- Préparer en microtubes stériles deux « Mix amorces », l'un ciblant le gène de référence et l'autre ciblant le gène *rpoS* de réponse au stress.
La concentration finale souhaitée dans le milieu réactionnel est de 0,4 µmol·L⁻¹ pour chaque amorce. Le volume de chaque « Mix amorces » doit être suffisant pour la réalisation d'au moins 3 milieux réactionnels.
- Répartir les 4 milieux réactionnels dans la barrette fournie selon le plan ci-dessous.

	Puits 1	Puits 2	Puits 3	Puits 4
Mix amorces	Gène de référence		Gène <i>rpoS</i> de réponse au stress	
Matrice ADNc	Souche non traitée	Souche traitée	Souche non traitée	Souche traitée

Afin de ne pas endommager le thermocycleur, il est interdit d'écrire sur la barrette.

- Au poste pré-qPCR :
 - ajouter une goutte d'huile de paraffine dans chaque puits de la barrette contenant du milieu réactionnel ;
 - sceller la barrette avec le film adhésif. Veiller à ne pas faire de trace sur le film afin de ne pas gêner la lecture de la fluorescence ;
 - déposer la barrette sur un portoir selon le plan prédéfini par le centre.



⇒ Donner l'annexe de la programmation du thermocycleur complétée au poste pré-qPCR.

La barrette est placée par un examinateur dans le thermocycleur.

Propriétés des amplicons

Amplicons	Taille (pb)	Tm (° C)
Gène de référence	270	82
Gène <i>rpoS</i> de réponse au stress	137	78

Document 3 : Étude de la cytotoxicité de la molécule JV24 sur des cellules de la lignée CHO

Matériel et réactifs

Désignation	Composition	Conditionnement
Flacon CHO	Culture de cellules CHO en milieu HAM's F12 complet	1 flacon de culture de 25 cm ²
Suspension CHO	Suspension de cellules CHO à 1.10 ⁶ cellules vivantes par mL en milieu HAM's F12 complet	1 tube en verre de 3 mL
HAM's F12c	25 mL de milieu HAM's F12 complet	Flacon à bouchon rouge
PBS de culture stérile	PBS sans Ca ²⁺ , ni Mg ²⁺	1 tube de 5 mL
Trypsine	Trypsine-EDTA	1 tube de 1 mL
MTT	1 mL de MTT à 5 mg·mL ⁻¹ en HAM's F12 complet  H319, H373, H335	1 microtube de 1 mL
DMSO	4 mL de Diméthyl Sulfoxyde	Tube à hémolyse à bouchon rouge 4,5 mL
JV24	1 mL de la molécule JV24 en HAM's F12 complet à 1 % (m/v)	1 microtube de 1 mL

- Plaque 96 puits stérile à fond plat
- Flacon de culture de 25 cm²
- Pipettes graduées stériles : 1, 5 et 10 mL
- Microtubes et tube de 15 mL
- Désinfectant de surface « Surfanios »
- Gel hydroalcoolique
- **Tube à bouchon rouge vide pour les déchets MTT**
- Hotte à flux laminaire
- Centrifugeuse – rotor à microplaque
- Incubateur 37 °C - 5 % CO₂
- Microscope inversé
- Agitateur de plaque
- Lecteur de microplaque avec imprimante

Données :

- H319 - Provoque une sévère irritation des yeux
- H335 - Peut irriter les voies respiratoires
- H373 - Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée

Principe de la mesure de la viabilité cellulaire par le test au MTT :

La succinodéshydrogénase est une enzyme de la membrane interne des mitochondries qui catalyse la réduction du MTT (bromure de diméthyl thiazol diphényl tétrazolium) en formazan : la quantité de formazan formée est proportionnelle au nombre de cellules vivantes. Les cristaux de formazan sont dissous dans le DMSO et l'absorbance est mesurée à 570 nm.

Instructions de travail :

L'homogénéisation des suspensions cellulaires avant prélèvement est indispensable.

1. Maintien en culture de la lignée adhérente de cellules CHO sous hotte à flux laminaire

La manipulation est à réaliser à partir d'une culture de cellules CHO en flacon de 25 cm².

- Vérifier au microscope inversé l'état de confluence de la culture des cellules CHO.
- Eliminer le milieu de culture du flacon de culture à l'aide d'une pipette.
- Rincer le tapis cellulaire avec 4 mL de PBS stérile sans Ca²⁺ ni Mg²⁺.
- Ajouter 1 mL de trypsine-EDTA.
- Incuber le flacon de culture quelques minutes dans l'incubateur à 37 °C.
- Vérifier le bon décollement des cellules au microscope inversé, tapoter le flacon si besoin.
- Ajouter 4 mL de milieu de culture HAM's F12 complet.
- Remettre les cellules en suspension.
- Prélever 0,5 mL de la suspension cellulaire obtenue et la transférer dans un nouveau flacon de 25 cm².
- Ajouter 4,5 mL de milieu complet HAM's F12 complet.
- Homogénéiser les cellules grâce à des mouvements horizontaux du flacon.
- Placer le flacon de culture correctement annoté dans l'incubateur 37 °C - 5 % CO₂.

Les déchets sont à placer dans les conteneurs DASRI.

2. Réalisation du test de cytotoxicité :

Les essais sont réalisés en triplicat.

a. Ensemencement des puits de microplaque sous hotte à flux laminaire :

- Distribuer dans chaque puits A1 à A10, B1 à B10, et C1 à C10 de la plaque de culture, un volume de suspension cellulaire CHO contenant **60 000 cellules**. Le volume final de milieu de culture dans chaque puits est de 200 µL.
- Centrifuger la plaque pendant 10 min à 1000 rpm pour accélérer la sédimentation des cellules.
- Placer les cellules environ 1,5 heures à 37 °C dans l'incubateur à 5 % de CO₂.

b. Traitement des cellules avec la molécule JV24

Cette étape est réalisée à la paillasse individuelle.

- Préparer une solution diluée au 1/10 du composé JV24, notée JV24d, en milieu de culture HAM's F12c.
- Réaliser une série de neuf dilutions en cascade de raison $\frac{1}{2}$ de la solution JV24d sous un volume de 200 μ L en milieu de culture HAM's F12c.
- Transférer 50 μ L de chacune des neuf dilutions dans les puits A1 à A9, B1 à B9 et C1 à C9.
- Transférer 50 μ L de milieu de culture HAM's F12c dans les puits A10, B10 et C10.
- Incuber la plaque pendant au moins une heure à 37 °C.

c. Révélation par le MTT

Cette étape est réalisée à la paillasse individuelle.

- Ajouter 25 μ L de MTT dans chaque puits.
- Réaliser un témoin réactif dans les puits A11, B11 et C11.
- Incuber la plaque 45 min à 1 heure à 37 °C.
- Vérifier la présence de cristaux violets de formazan au fond des puits.
- Éliminer délicatement le surnageant en inclinant la plaque pour s'assurer de ne pas aspirer les cristaux de formazan. Les déchets toxiques de MTT sont à collecter dans un tube à hémolyse à bouchon rouge.
- Ajouter 100 μ L de DMSO dans chaque puits.
- Homogénéiser pendant 5 minutes sur un agitateur de plaque.
- Vérifier l'homogénéité de la coloration dans chaque puits avant la lecture.
- Lire l'absorbance des puits au lecteur de plaque à 570 nm.

Document 4 : Évaluation de l'indice de biocompatibilité

Adapté de : Indice de biocompatibilité des agents antiseptiques par évaluation parallèle de l'activité antimicrobienne et de la cytotoxicité cellulaire, *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, volume 61, numéro 6, juin 2008.

Agent	MTT IC_{50} ($mg \cdot L^{-1}$)	rf ($mg \cdot L^{-1}$) ($5 \log_{10}$)	BI <i>E. coli</i> (IC_{50}/rf)
Chlorure de benzalkonium	63	100	0,63
Chlorure de cétylpyridinium	73	125	0,58
Digluconate de chlorhexidine	83	100	0,83
Protéine d'argent doux	538	2500	0,22
Dichlorhydrate d'octénidine	38	22,5	1,73
Polyhexaméthylène bisguanide	136	90	1,51
Povidone iodée	4750	7000	0,68
Nitrate d'argent ($AgNO_3$)	18	> 10 000	NC
Argent (I) sulfadiazine (SSD)	60	> 10 000	NC
Triclosan	114	500	0,23

NC, non calculable.

MTT IC_{50} : Concentration de l'agent antibactérien permettant une survie de 50 % (IC_{50}) des cellules de tests réalisés en triplicat selon la méthode MTT

Rf : Concentration d'agent antiseptique dans le milieu de culture cellulaire produisant une réduction de $5 \log_{10}$ (Rf) après 5 min d'exposition sur *E. coli*

BI : indice de biocompatibilité : rapport $MTT IC_{50}/Rf$

Donnée : le rf ($5 \log_{10}$ - *E. coli*) de JV24 est de $1250 mg \cdot L^{-1}$

Document 5 : Ressources utiles pour la mise au point d'un test ELISA compétitif

Matériel et réactifs à disposition :

NOM	COMPOSITION	CONDITIONNEMENT
Plaque de 96 puits	Les lignes A à D ont été sensibilisées avec le réactif I8140 et saturées avec une solution de SAB (Sérum Albumine Bovine) 1 % Les autres lignes ne sont pas sensibilisées.	1 plaque 96 puits
Solution de lavage	PBS Tween 20 à 0,1 % (v/v)	80 mL
PBS	PBS pH = 7,2	10 mL
I8140	Solution de I8140	0,5 mL
A3687	Solution de A3687 prédilué au 1/2000	2 mL
pNPP	pNPP à 1 mmol·L ⁻¹	5 mL
NaOH	NaOH à 5 mol·L ⁻¹	4 mL

- Récipient (bol bleu) pour déchets liquides
- Pipette compte-goutte
- Agitateur de microplaque
- Lecteur de microplaque avec imprimante
- Étuve 37 °C
- Film adhésif pour plaque 96 puits
- Papier absorbant disponible en rouleau
- Microtubes
- Papier canson noir

<p>IgG from rabbit serum technical grade</p> <p>Product Number I 8140</p> <p>Product Description Purified rabbit IgG is isolated from pooled normal rabbit serum by fractionation.</p> <p>Technical grade IgG may be used as an economical alternative to the reagent grade immunoglobulins, in applications where high purity is not required.</p> <p>Reagents Supplied as a liquid in 0.01 M phosphate buffered saline, pH 7.2, containing 15 mM sodium azide as a preservative.</p> <p>Precautions and Disclaimer This product is for R&D use only, not for drug, household, or other uses. Please consult the Material Safety Data Sheet for information regarding hazards and safe handling practices.</p>	<p>Anti-Rabbit IgG (whole molecule)-Alkaline Phosphatase produced in goat, affinity isolated antibody</p> <p>Catalog Number A3687</p> <p>Product Description Antiserum is produced in goat using purified rabbit IgG as the immunogen. Affinity isolated antibody is obtained from goat antiserum by immunospecific purification which removes essentially all goat serum proteins, including immunoglobulin, which do not specifically bind to rabbit IgG. Anti-Rabbit IgG is conjugated to alkaline phosphatase by protein cross-linking with 0.2% glutaraldehyde.¹</p> <p>Specificity of the antiserum is determined by immunoelectrophoresis prior to conjugation, versus normal rabbit serum and rabbit IgG.</p> <p>Identity and purity of the antibody is established by immunoelectrophoresis prior to conjugation. Electrophoresis of the product, followed by diffusion versus anti-goat IgG and anti-goat whole serum, results in single arcs of precipitation.</p>
--	---

Protocole générique :

Des témoins sont réalisés.

Sensibilisation et saturation : (*déjà réalisé*)

- Introduire 100 μL de solution I8140 dans les cupules à sensibiliser.
- Recouvrir la plaque avec un film autocollant.
- Incuber 2 heures à 37 °C sans agitation.
- Vider les puits par retournement dans un récipient adapté aux déchets liquides.
- Laver 3 fois les puits avec la solution de lavage.
- Introduire 100 μL de solution de saturation de SAB 1 %.
- Recouvrir la plaque avec un film autocollant.
- Incuber 1 heure à 37 °C sans agitation.
- Vider les puits par retournement dans un récipient adapté aux déchets liquides.
- Laver 3 fois les puits avec la solution de lavage.

Détection et révélation :

- Vider les puits par retournement dans le récipient à déchets liquides.
- Réaliser une gamme de dilutions de la solution I8140.
- Introduire 50 μL des dilutions de la solution I8140 dans les puits sensibilisés.
- Introduire 50 μL de solution A3687 pré-diluée au 1/2000 dans toutes les cupules tests.
- Recouvrir les puits de la plaque avec un film autocollant.
- Homogénéiser sur agitateur rotatif horizontal pendant 10 minutes à température ambiante à environ 200 tours·min⁻¹.
- Incuber 20 min à 37 °C.
- Laver 3 fois les puits avec la solution de lavage.
- Ajouter 100 μL de substrat pNPP à 1 mmol·L⁻¹ dans chaque cupule.
- Incuber exactement 10 à 12 minutes à 37 °C.
- Ajouter 50 μL de NaOH à 5 mmol·L⁻¹ dans chaque cupule.
- Mesurer les absorbances à 405 nm contre l'air, à l'aide d'un lecteur de microplaque.

ANNEXE : À compléter et à rendre avec la copie

Étapes	Température en ° C	Durée	Itération
Dénaturation initiale + activation Taq			1 fois
Dénaturation	95	15 sec	35 fois
Hybridation		20 sec	
Élongation			
Courbe de fusion	Borne inférieure :	-	1 fois
	Borne supérieure :	-	

Donnée : vitesse de polymérisation de la Taq à 72 °C : 1 kpb·min⁻¹.

Rapport du jury

Résultats de l'épreuve

21 candidats, agrégation interne et CAERPA confondus, ont composé :

- 1 candidat a obtenu une note supérieure ou égale à 18,
- 1 candidat ont obtenu une note supérieure à 14,
- 6 candidats ont obtenu une note supérieure ou égale à 12 et strictement inférieure à 14,
- 6 candidats ont obtenu une note supérieure ou égale à 10 et strictement inférieure à 12,
- 3 candidats ont obtenu une note supérieure ou égale à 08 et strictement inférieure à 10,
- 3 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 10,87/20.

La moyenne des candidats admis est de 12,06/20.

La meilleure note est de 18,40/20.

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 indépendantes et nécessitait la mise en œuvre de plusieurs manipulations mobilisant différentes activités technologiques au programme des enseignements de biotechnologie. Ces manipulations impliquaient de la rigueur, tant au niveau de leur préparation, de leur réalisation et de l'exploitation des résultats obtenus. 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 de la part des candidats. Toutefois, sans être excessive, le jury rappelle 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.

Volontairement, le jury a poursuivi dans sa volonté de proposer un sujet qui permette aux candidats de consacrer suffisamment de temps à la partie rédactionnelle (56 % de la note finale), sans toutefois négliger la partie expérimentale, base de cette épreuve. Le jury a noté avec plaisir que les candidats ont conservé leur calme sans faire preuve d'une attitude débordée en fin d'épreuve.

Une lecture rapide du sujet, ainsi que la prise en compte de certaines contraintes de planning pour l'utilisation de matériels particuliers ou la réalisation d'expériences, 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. Le jury rappelle que ce travail d'anticipation et d'organisation est tout particulièrement déterminant dans l'approche de l'épreuve et que son absence pénaliserait 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 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 impliquant qu'un équilibre soit trouvé par le candidat entre la rédaction du compte-rendu et la réalisation des manipulations. A ce titre, le jury a été ravi de constater que ce sujet a permis à quelques candidats de réaliser l'intégralité du sujet.

En termes d'organisation pratique, aux huit heures d'épreuve, le jury impose une heure de pause dont les candidats disposent à leur gré et peuvent prendre en deux fois, dont une fois incluant le temps de restauration du déjeuner. Le jury insiste sur le fait que définir le nombre de temps de pause et imposer des créneaux horaires pendant lesquels les prendre, ne s'inscrit pas dans une attitude allant à l'encontre des candidats. Bien au contraire, cette organisation leur permet de ne pas fractionner ce temps de pause de façon trop importante,

ce qui irait à l'inverse de l'objectif fixé de repos en cours d'épreuve et ne leur permettrait pas de se ressourcer correctement.

L'étude portait sur l'analyse des effets d'une molécule bactéricide, nommée JV24, isolée à partir d'une banque de molécules issues de la chimie combinatoire. Les différentes approches proposées permettaient de confirmer le caractère bactéricide de cette molécule sur *E. coli*, d'évaluer sa capacité d'activation d'une voie de réponse bactérienne au stress et de déterminer également sa cytotoxicité sur des cellules eucaryotes. La dernière partie du sujet était consacrée à la mise au point d'un test ELISA compétitif de détection de la molécule bactéricide dans le cadre d'une activité technologique proposée en lycée.

Partie 1.

La partie 1.1 du sujet portait sur l'évaluation du potentiel bactéricide de JV24 sur *E. coli*.

Le jury a apprécié que la plupart des candidats ont rapidement débuté les manipulations sans éprouver de gêne particulière dans l'exécution des gestes techniques de microbiologie. Cependant, le jury rappelle qu'il est nécessaire de prendre le temps de lire attentivement le sujet pour s'approprier la problématique et le contexte d'étude. En effet, si globalement les techniques ont presque toujours été convenablement mises en œuvre, l'exploitation des résultats et des données n'a pas été satisfaisante. Ainsi, de nombreux candidats n'ont pas tenu compte du contexte pour répondre aux questions posées.

Dans la partie technique, il était attendu que les candidats réalisent :

- une mesure d'atténuation (en tenant compte de la limite de linéarité de la mesure), puis calculent la concentration bactérienne de la suspension fournie ;
- une gamme d'étalonnage par dilutions en cascade et ensemencement plusieurs des suspensions obtenues par stries sur gélose ;
- une cinétique de bactéricidie et ensemencement par stries la suspension à différents temps de contact avec l'antibactérien.

Le jury se réjouit de constater que la grande majorité des candidats maîtrise la lecture d'atténuation et les calculs associés ainsi que les points critiques de la réalisation d'une gamme de dilution. En revanche, il regrette que, lors de la réalisation de cette dernière, de nombreux candidats aient délivré leur suspension dans l'air, au risque de se contaminer par production d'aérosols.

Le jury a regretté que plusieurs candidats n'aient pas organisé correctement leurs postes de travail et s'étonne grandement de voir certains d'entre eux porter leurs doigts et/ou des objets à la bouche, manipuler les manches retroussées, mettre leurs doigts dans la boîte de cônes stériles, croiser les bras devant le bec électrique et ne pas travailler en zone stérile. Le jury rappelle qu'il est indispensable de se réapproprier les bonnes pratiques de laboratoire.

Concernant le compte-rendu, le jury recommande une attention toute particulière au soin apporté à la copie, à la présentation des résultats dans des tableaux de synthèse ainsi qu'à la clarté et rigueur de la démarche d'analyse. En effet, plusieurs candidats ont rédigé leur compte-rendu de façon trop implicite ne permettant pas d'apprécier le raisonnement sous-tendant la réponse apportée et la bonne compréhension de la problématique. Le jury rappelle que les équations aux grandeurs amenant à un résultat numérique sont attendues.

L'argumentation du choix des dilutions a très souvent été faite sans tenir compte du contexte, du protocole mis en œuvre ainsi que des informations données dans la norme fournie, amenant les candidats à une réponse hors-sujet. Si les résultats remis après les manipulations ont été dans l'ensemble correctement lus, le jury regrette que peu de candidats ont su faire le lien entre la gamme d'étalonnage et la cinétique de bactéricidie, en comparant l'aspect des stries de la dilution 10^{-7} avec celles de la cinétique pour déterminer le temps de contact nécessaire pour une diminution de 99,999 % de la population. Au lieu de traiter les résultats fournis, un certain nombre de candidats ont utilisé leurs propres résultats de dénombrement pour leur exploitation, alors que ceux-ci ne devaient pas intervenir dans ce calcul. Seuls quelques candidats ont alors effectué le calcul du temps de réduction décimal qui en découlait. Le jury est surpris de constater que les candidats n'ont pas proposé de conclusion explicite sur l'effet bactéricide de JV24 à partir des résultats remis en lien avec la norme fournie. Enfin, il était demandé aux candidats de proposer une méthode permettant de vérifier que la dilution au 1/10 dans le diluant neutralisant était efficace. Toute proposition cohérente et explicitée, montrant que la viabilité bactérienne était conservée, a été acceptée.

La partie 1.2. du sujet portait sur l'étude de l'activation d'une voie de réponse bactérienne au stress après traitement à la molécule JV24. Pour répondre à la question posée, il s'agissait de mettre en œuvre une PCR en temps réel. Cette partie a été effectuée par l'ensemble des candidats. Le jury regrette que, pour la préparation de la pCR, seule la moitié d'entre eux a proposé une composition correcte du mix amorces même si cela a rarement été préjudiciable dans la réalisation des milieux réactionnels. La programmation du thermocycleur a donné lieu à des erreurs car, bien que la détermination de la durée de la phase d'élongation soit globalement bien maîtrisée, il n'en est clairement pas de même du choix de la température d'hybridation avec plusieurs couples d'amorces présentant des températures assez éloignées. De plus, peu de candidats

ont proposé des températures minimales et maximales de la courbe de fusion et encore moins les ont argumentées. Concernant l'exploitation des résultats obtenus, le jury a été très surpris de constater que la méthode des $\Delta\Delta C_t$ n'est globalement pas maîtrisée par les candidats.

Partie 2.

La deuxième partie cherchait à déterminer la concentration inhibitrice 50 % (IC50) de la molécule JV24 par la méthode MTT. Cette partie nécessitait un passage à tour de rôle sous les hottes à flux laminaire et le jury a grandement apprécié la ponctualité des candidats qui ont respecté les horaires de passage aux différents postes de manipulation.

En ce qui concerne l'étude préparatoire, les calculs nécessaires pour ensemercer la plaque ont été dans l'ensemble bien réalisés. Ainsi, la grande majorité des candidats a su identifier le rôle de témoin réactif des puits A11, B11 et C11 qui devaient contenir du milieu de culture ainsi que du MTT.

En ce qui concerne les manipulations sous la hotte, le jury a noté un manque d'anticipation des candidats nécessitant des allers-retours bien trop nombreux entre leur paillasse et la hotte. En outre, le maintien de la stérilité sous la hotte a été trop souvent mis à mal par certains candidats peu habitués à la culture cellulaire (oubli de décontamination du matériel avant insertion sous la hotte, rupture du flux, dépôt des pipettes sur la paillasse avant réutilisation, contact des cônes avec les doigts). Le jury relève que certains candidats montrent des difficultés à mettre en œuvre, de façon rigoureuse, les différentes étapes d'un protocole, liées à une découverte de la culture cellulaire ou à une non maîtrise des verbes d'action. De plus, le jury s'étonne de difficultés fréquentes lors du pipetage (utilisation du macro-aspirateur et des micropipettes), ce qui nuit à l'obtention de résultats exploitables. Pour poursuivre, le jury a également noté un défaut fréquent chez les candidats dans la maîtrise de la traçabilité des flacons de culture cellulaire. En aucun cas, l'unique mention du numéro de poste ne peut constituer un élément de traçabilité suffisant.

D'une manière globale, de nombreux candidats ont rencontré des difficultés de gestion de temps. En effet, la manipulation de survie cellulaire nécessitant une mise en œuvre sur l'ensemble de la journée, il était indispensable de faire preuve d'organisation afin d'obtenir les résultats nécessaires à son interprétation.

L'exploitation des résultats et, en particulier, le calcul du pourcentage de cellules vivantes dans chaque puits a posé des problèmes à une partie des candidats. Le pourcentage pouvait être calculé comme suit : $\text{Pourcentage de cellules vivantes} = \frac{[(\text{Absorbance moyenne des puits traités}) - (\text{Absorbance moyenne des puits A11;B11;C11})]}{[(\text{Absorbance moyenne des puits A10;B10;C10}) - (\text{Absorbance moyenne des puits A11;B11;C11})]} \times 100$. Le graphique représentant la fonction « % de survivants » = $f(\log(C_{JV24}; \text{milieu de culture}))$ a été rendu par une minorité de candidats, apparemment en raison d'un manque de temps. Lorsqu'il a été réalisé, les candidats ont aisément déterminé l'IC50 qui correspondait à la concentration de l'agent antibactérien permettant une survie de 50 % des cellules. Le sujet se poursuivait par un document contenant les données de l'indice de biocompatibilité de divers agents antiseptiques. Un grand nombre de candidats semble avoir mal interprété ces données. En effet, il était pertinent de sélectionner des substances dont le BI est supérieur à 1 afin de mettre en évidence celles qui ont une faible toxicité pour les cellules eucaryotes (IC50 élevée) et une forte activité antimicrobienne (Rf élevé).

Partie 3.

La troisième partie du sujet consistait à la mise au point d'un test ELISA compétitif en lycée. Il s'agissait de concevoir et effectuer des essais afin de déterminer, à partir d'un protocole générique, les dilutions optimales de deux réactifs à utiliser pour être dans des conditions d'étude quantitative tout en réduisant les coûts.

L'objectif de cette partie était, notamment, d'évaluer les capacités du candidat à prendre des initiatives et à adapter un protocole comme il pourrait le faire en lycée. Il s'agissait de choisir les dilutions possibles pour chacun des réactifs. Des dilutions en cascade pouvaient être réalisées sur chacune des lignes pour le réactif I8140 avec une raison choisie par le candidat (1/2, 1/4, 1/5, 1/8, ...). Le réactif A3687 pouvait être ensuite ajouté dilué, par exemple, au 1/2000 dans les cupules de la ligne A, dilué au 1/4000 dans les cupules de la ligne B, 1/8000 dans celles de la ligne C, 1/16000 dans celles de la ligne D. En fonction des résultats obtenus, il s'agissait, ensuite, soit de déterminer les dilutions optimales pour chacun des réactifs afin d'être dans des conditions d'étude quantitative tout en ayant le coût le plus faible, soit de proposer de nouvelles manipulations pour affiner les résultats. Toute proposition d'expérimentation cohérente avec les objectifs a été acceptée par le jury.

Concernant l'étude préparatoire, le jury s'étonne qu'un nombre non négligeable de candidats n'ait pas abordé les questions portant sur le protocole générique de l'ELISA : représentation de l'édifice moléculaire, composition et rôle des témoins, présentation et argumentation de deux points critiques. Les candidats ayant le mieux réussi cette partie sont ceux qui connaissaient les fondamentaux de la technique ELISA et qui ont pris des initiatives expérimentales en cohérence avec les attendus du sujet.

Bien que le titre de la partie 3 précisait le caractère « compétitif » de la méthode, des candidats n'ont pas réussi à repérer l'étape du protocole qui mettait en jeu la compétition.

Le jury a valorisé les propositions de témoins qui mettaient en cohérence leur composition avec leur rôle. Certains témoins proposés n'étaient pas du tout judicieux. Par exemple, un puits sans pNPP n'apportait pas beaucoup d'information technique et ne pouvait pas être utilisé comme référence pour la lecture de l'absorbance.

Le jury regrette que peu de candidats ont présenté des gestes techniques relevant de points critiques. Il s'agissait de cibler des gestes particuliers à respecter scrupuleusement pour assurer la fiabilité des résultats comme, par exemple, le soin apporté pour réaliser l'homogénéisation par aspiration-refoulement dans la gamme de dilution, afin d'éviter la formation de bulles, faussant la valeur du volume à nouveau prélevé.

Le jury a très agréablement apprécié que la majorité des candidats a su mettre en œuvre directement le protocole de préparation de la gamme de dilution de l'anticorps à doser. Environ la moitié des candidats a proposé une adaptation et l'a mise en œuvre.

En ce qui concerne l'exploitation des résultats, quelques candidats ont su expliquer le choix des dilutions à retenir pour mettre en œuvre le protocole en lycée, en choisissant la dilution la plus élevée apportant des résultats exploitables pour chacune des solutions testées.

La transposition du protocole générique en un protocole adapté au contexte JV24 nécessitait d'identifier, dans ce protocole, le nom de l'anticorps qui jouait le rôle de « molécule à doser » pour le renommer JV24. Quelques candidats ont réussi cet exercice en argumentant solidement.

CONCLUSION GENERALE

Le jury félicite de nouveau très chaleureusement les 9 candidats admis à la session 2024 de l'agrégation interne et du CAERPA de biochimie génie biologique.

Le jury encourage les candidats non admis à persévérer dans leur projet. Comme indiqué tout au long de ce rapport, chaque épreuve nécessite, de la part des candidats, un travail de préparation particulier et spécifique afin que ceux-ci puissent faire la démonstration des connaissances et compétences attendues d'un professeur agrégé de biochimie génie biologique. Il attend des candidats une prise de recul sur leur pratique et la capacité d'analyse réflexive indispensable à l'amélioration continue de sa pratique, avec très souvent une expérience déjà conséquente. Le jury reconnaît le courage des candidats qui s'engagent dans ce concours interne de très haut niveau, nécessitant un aménagement du temps de vie pendant l'année de préparation, et des sacrifices que ce travail engendre.

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, comme lors de chaque session, dans d'excellentes conditions.