

## CONCOURS A BCPST - SESSION 2019

ADMISSIBILITÉ

### RAPPORT DE L'ÉPREUVE ECRITE DE BIOLOGIE, ÉPREUVE DE SYNTHÈSE

#### Statistiques :

Moyenne	Médiane	Note minimale	Note maximale	Ecart-type
09.91	09.90	00.40	20.00	3.87

#### La diversité des protéomes : origines et conséquences.

L'épreuve A de biologie est une épreuve de synthèse. Les candidats doivent donc être capables de mobiliser et présenter de façon structurée leurs connaissances en lien avec le sujet. Cette année, le sujet était « *La diversité des protéomes : origines et conséquences* ». Trois phrases accompagnaient le sujet, en proposant aux candidats une définition du protéome, en les incitant à ne pas développer la diversité des protéines et de leurs structures pour elles-mêmes, et enfin en les encourageant à illustrer leurs propos par des exemples tirés de l'ensemble du vivant.

L'épreuve de synthèse est une épreuve exigeante au cours de laquelle le candidat doit mobiliser des connaissances acquises en première et deuxième années et faire preuve de recul par rapport à ce qu'il a appris afin de construire une synthèse organisée. Cette épreuve évalue donc des compétences liées à l'esprit de synthèse, au raisonnement scientifique et à la communication écrite. Cette épreuve implique la construction d'une introduction et d'une conclusion, l'organisation des notions selon une logique répondant à une problématique, la mobilisation pertinente des notions permettant de couvrir l'ensemble du sujet, une communication écrite et graphique de qualité. La bonne maîtrise de ces compétences permet de discriminer des candidats d'un même niveau de connaissances biologiques.

Dans ce rapport, seront distinguées :

- Écriture droite : attendus en termes de concepts scientifiques et notions associées.
- Écriture italique : erreurs fréquentes ou difficultés rencontrées par de nombreux candidats.

## **Notions attendues**

Le sujet choisi cette année était particulièrement approprié pour un exercice de synthèse, il rassemblait des notions de première et deuxième années et encourageait les candidats à faire preuve de diversité dans les exemples abordés. Il permettait d'aborder des notions appartenant à différents domaines de la biologie (biologie moléculaire, génétique, biologie cellulaire, physiologie intégrée, écologie, évolution...). Ce sujet nécessitait de la part des candidats un certain recul sur leurs connaissances afin de traiter l'intégralité des aspects liés au sujet et ce, aux différentes échelles du vivant. La principale difficulté pour les candidats a été de bien délimiter le sujet et de ne pas traiter un sujet de type « diversité de structures des protéines et conséquences fonctionnelles ».

Nous revenons ici sur les notions principales attendues dans les copies des candidats. Ce n'est en aucun cas un corrigé-type ou un exemple de plan.

- **Diversité des protéomes liée à la diversité des génomes**

La présentation du dogme de la biologie moléculaire permet de mettre en évidence la diversité des ARNm (transcriptome), obtenus par transcription, et celle des protéines (protéome), obtenues par traduction, à partir de génomes différents. Différents événements conduisant à une diversification des génomes peuvent être abordés par le candidat : mutations et leurs impacts sur les protéines, brassage des génomes liés à la reproduction sexuée ou à des transferts horizontaux de gènes, mécanismes de la reproduction sexuée favorisant la diversification...

*L'expression de l'information génétique est souvent abordée mais la plupart du temps sans lien avec la notion de diversité. Beaucoup de candidats traitent de façon très détaillée la traduction et perdent du temps au détriment des autres aspects à aborder. Le phénomène de flottement des ARNt est souvent présenté, à tort, comme un mécanisme à l'origine d'erreurs de traduction et donc provoquant l'obtention de protéines diverses. Si les mutations sont souvent citées comme une source de diversité, la définition d'une mutation est rarement correcte. Les impacts des mutations sur le protéome ne sont que rarement abordés. Les brassages lors de la reproduction sexuée sont encore plus rarement abordés et le niveau de maîtrise est assez hétérogène, avec quelques erreurs sur les processus de brassage lors de la méiose.*

- **Diversité des protéomes liée à l'expression différentielle d'un même génome**

Il s'agit de montrer comment, à partir d'un même génome, une diversité de protéome peut être créée. Une présentation des mécanismes à l'origine des variations spatiales et temporelles de la quantité et qualité des protéines est attendue. Il est nécessaire d'aborder les variations de protéomes dans une même cellule au cours du temps en lien avec les facteurs environnementaux et/ou internes (opéron lactose, différenciation des myoblastes, transition florale...) mais également entre cellules d'un même organisme pluricellulaire. Une telle variabilité protéomique peut être abordée sous un angle expérimental (western blot, électrophorèse bidimensionnelle) en lien avec la localisation tissulaire ou certains facteurs endogènes ou exogènes. Il convient ensuite d'aborder les multiples origines de cette diversification du protéome à partir d'un même génome, par exemple par contrôle de l'initiation de la transcription (contrôle au niveau du promoteur ou du degré de condensation de la chromatine) ou par contrôle de la maturation et de la dégradation des ARNm (épissage alternatif, contrôle de la durée de vie des ARN). Un ajustement du protéome post-traductionnel peut ensuite avoir lieu par maturation (acquisition de la fonctionnalité des protéines par modifications post-traductionnelles), exportation ou équilibre entre biosynthèse et dégradation des protéines.

*Les variations temporelles du protéome sont souvent correctement abordées. L'étude des variations de protéome entre cellules d'un même organisme pluricellulaire sont plus rares. Dans les deux cas, les différences sont étudiées sur le plan qualitatif mais très rarement quantitatif. De plus, seuls 15% des candidats ont présenté des expériences de mise en évidence d'une diversité protéomique, le jury rappelle qu'il est important d'appuyer son exposé sur des observations et expérimentations. Les origines pré-traductionnelles de cette diversité sont souvent abordées et le contrôle de l'initiation de la transcription au niveau du promoteur est souvent bien argumenté. La notion de diversification de protéome par maturation des transcrits est souvent illustrée par l'épissage alternatif, cependant cette notion semble peu maîtrisée par un grand nombre de candidats. En effet, soit il est présenté de façon caricaturale comme étant à l'origine de protéines radicalement différentes, soit les candidats confondent introns et exons ou encore pensent que l'épissage est une combinaison aléatoire d'introns et d'exons. Le contrôle de la durée de vie des ARNm est rarement abordé. La maturation des*

*protéines est souvent présentée pour elle-même, sans lien avec la diversité des protéomes. De nombreux candidats détaillent les niveaux d'organisation des protéines et le repliement en considérant cela comme une source de diversité. En revanche l'adressage est souvent bien présenté par les candidats. Finalement, l'équilibre entre synthèse et dégradation des protéines n'est que peu mentionné.*

- **Conséquences fonctionnelles, écologiques et évolutives de la diversité des protéomes**

Au-delà des processus à l'origine de la diversité des protéomes, le sujet incite les candidats à aborder les conséquences de cette diversité à différentes échelles. En termes fonctionnels, la diversité des protéomes entre compartiments est à relier au fonctionnement des cellules eucaryotes. Entre cellules d'un même organisme pluricellulaire, elle est à l'origine de la spécialisation cellulaire et donc de leur complémentarité, permettant un partage du travail et l'intégration des cellules au sein de l'organisme. La diversité du protéome est également à l'origine de conséquences phénotypiques : un polymorphisme intra et interspécifique est alors généré. Ce polymorphisme peut être mis en relation avec les conséquences écologiques et évolutives de la diversité des protéomes. Sur le plan écologique, la diversité des protéomes est corrélée à une diversité des modes de nutrition, l'expression de protéines spécifiques pouvant ainsi être reliée à l'hétérotrophie (enzymes digestives, protéines de transport...) ou à l'autotrophie (RuBisCO, GS/GOGAT...). Ces aspects sont en lien avec la construction de réseaux trophiques et les flux de matière et d'énergie aux différentes échelles. La diversité des protéomes peut également conduire à l'occupation d'une diversité de niches écologiques. C'est le cas par exemple des plantes réalisant la photosynthèse en C4 capables de vivre en milieux tropicaux grâce à la PEP carboxylase en comparaison des plantes en C3 des milieux tempérés. Les candidats pouvaient aborder la symbiose des fabacées avec la bactérie *Rhizobium* qui conduit à l'expression d'enzymes permettant la fixation de l'azote au niveau des nodules racinaires rendant ainsi possible la colonisation par ces plantes des milieux pauvres en azote.

En termes évolutifs, la diversité des protéomes engendre une diversité de potentiels adaptatifs en réponse à un milieu variable. L'expression de la bêta-galactosidase par les bactéries *Escherichia coli* est inhibée en présence de glucose mais activée en présence de lactose. Cette adaptabilité du protéome permet l'utilisation séquentielle de ces substrats et

confère à ces bactéries un potentiel adaptatif fort dans un milieu dont les conditions changent fréquemment. Cette partie se prête particulièrement à une étude depuis l'échelle moléculaire jusqu'à celle de la population. La diversité de protéomes générée par reproduction sexuée en comparaison de la reproduction asexuée permet également d'aborder cette notion de variation du potentiel adaptatif en citant par exemple l'attaque du mildiou qui a décimé les cultures de pommes de terre irlandaises au 19<sup>ème</sup> siècle. L'absence de diversité de protéome au sein de ces cultures générées par reproduction asexuée a conduit à une sensibilité similaire de l'ensemble des plants à l'attaque du parasite et donc à un potentiel adaptatif très faible face à ce changement de milieu. La diversité des génomes et donc des protéomes est sujette à un tri par sélection naturelle ou artificielle (notamment lors de la domestication) qui favorise les protéomes avantageux. Une telle diversité peut être à l'origine de spéciation par isolement reproducteur par exemple. La dérive génétique en tant que mécanisme limitant la diversité des protéomes pouvait également être abordée.

*Les conséquences fonctionnelles de la diversité des protéomes sont souvent abordées, notamment la spécialisation cellulaire, mais rarement au sein d'un même organisme pluricellulaire. Les exemples se situent bien souvent à l'échelle moléculaire mais le phénotype à l'échelle de l'organisme est plus rarement présent. Cependant, 42 % des candidats ont correctement abordé la diversité des protéomes au niveau des différentes échelles biologiques (moléculaire/cellulaire/individu/population...) traduisant une vision globale satisfaisante des problématiques abordées par la biologie. Si certains candidats abordent les conséquences écologiques et évolutives de façon trop théorique, ils ne représentent pas la majorité. Bien souvent des exemples pertinents et concrets sont utilisés, une démarche que l'on ne peut qu'encourager. Le jury met cependant encore une fois en garde contre une vision finaliste de l'évolution retrouvée dans certaines copies.*

### **Compétences évaluées**

Comme rappelé en introduction, la réussite de cette épreuve repose sur les compétences liées à l'esprit de synthèse, au raisonnement scientifique et à la communication. Ces compétences sont évaluées pour près d'un tiers des points de l'épreuve. Ces aspects sont dans l'ensemble bien traités par les candidats puisque la moyenne des points techniques correspond à une note de 12,3 sur 20, soit un résultat bien supérieur à la moyenne globale. Bien que ce résultat

reflète l'acquisition des méthodes de synthèse chez la plupart des candidats, un écart type important sur ces mêmes points techniques montre à quel point ces aspects peuvent être discriminants, au-delà du simple contenu scientifique des copies. Le jury rappelle donc l'importance du respect des consignes méthodologiques lors de l'épreuve de synthèse. Nous reprenons ici les points clés de la construction d'un raisonnement scientifique au sein d'une synthèse de biologie.

- **Introduction**

L'introduction permet au candidat de présenter une première approche du sujet. Sont attendus dans cette introduction les définitions complètes et précises de l'ensemble des termes du sujet, permettant d'amener une problématique claire et explicite et d'annoncer un plan en réponse à cette problématique.

*De nombreux candidats se sont limités en introduction à une définition du protéome, sans préciser les notions de diversité, d'origine et de conséquences, ce qui a souvent conduit à une mauvaise interprétation du sujet. Le jury rappelle que cette étape est indispensable à la construction de l'introduction et que des points y sont spécifiquement dédiés dans les aspects concernant la technique de synthèse. De plus, cette étape permet de correctement délimiter le sujet et d'établir une problématique adaptée, deux aspects nécessaires à l'élaboration d'un développement argumenté pertinent afin d'éviter le hors-sujet.*

- **Traitement problématique**

Les concepts et les notions scientifiques traités par le candidat dans le développement doivent être en accord avec le sujet et avec la problématique énoncée en introduction. L'épreuve étant une synthèse, il est attendu que tous les grands thèmes soient abordés.

*Malgré les précisions du sujet, de trop nombreux candidats ont orienté leur raisonnement vers la diversité des protéines et non la diversité des protéomes. De plus, la plupart des copies n'abordent que deux des trois grands thèmes attendus et très peu de candidats ont présenté à la fois la diversité génétique, les variations de l'expression génétique et leur contrôle et la diversité phénotypique.*

- **Plan**

L'épreuve de synthèse évalue également la capacité des candidats à présenter leurs connaissances de manière logique et organisée selon un plan détaillé. Une progression claire est attendue, qui doit être explicitée grâce à des titres pertinents et des transitions logiques entre les différentes notions abordées.

*De nombreux candidats ont commencé par traiter l'origine de la diversité des protéomes en suivant la chronologie des mécanismes de protéosynthèse avant d'aborder les conséquences à différentes échelles. Bien que cette approche soit pertinente, le jury note que, dans de très*

*nombreux cas, les titres utilisés pour construire le plan ne répondent pas au sujet posé ou n'abordent la notion de diversité des protéomes que de manière très artificielle. Certains candidats ont choisi de traiter le sujet grâce à un plan organisé selon les différentes échelles, ce qui n'était pas vraiment adapté ici et a conduit à de nombreuses redondances. Le jury rappelle qu'il est important de réaliser des transitions entre les différentes notions du plan afin de construire un argumentaire cohérent.*

- **Construction des paragraphes**

L'ensemble des sous-parties doivent être construites grâce à des paragraphes argumentés élaborés autour d'une idée clé. Un paragraphe correctement construit comporte une description rapide et précise de la notion abordée, une argumentation permettant de rattacher cette notion à la réponse à la problématique, sous forme de texte ou de schéma fonctionnel, et des données scientifiques ou une illustration pertinente (observation, expérience, exemple concret, ...). La construction pertinente d'un paragraphe permet d'avancer dans le raisonnement en s'appuyant sur ses connaissances, évitant au jury l'impression d'une récitation de cours sans lien direct avec le sujet traité.

*Le jury insiste particulièrement sur l'importance de construire un paragraphe autour d'une idée clé et non autour d'un exemple. Il est néanmoins indispensable de s'appuyer sur des exemples concrets pour ancrer son raisonnement dans le réel. Le jury rappelle également qu'un seul exemple est suffisant pour illustrer une notion, il n'était par exemple pas nécessaire de développer un exemple eucaryote et un exemple eubactérien pour illustrer le contrôle de l'expression génétique au niveau du promoteur. Il est cependant crucial d'utiliser des exemples variés (animaux, végétaux, bactéries, ...) tout au long de la copie afin d'illustrer l'universalité des concepts abordés, surtout lorsque l'énoncé le demande ! Ce point a été réussi par 58 % des candidats, ce qui témoigne de bonnes connaissances des mécanismes biologiques dans l'ensemble du vivant.*

- **Conclusion**

La conclusion a pour objectif de rappeler de manière concise, mais logique et pertinente, en quoi le développement argumenté a permis de répondre à la problématique. Il est attendu en conclusion un rappel des différents points clés, articulés de manière cohérente, et toujours en lien avec le sujet. Le bilan peut également être complété par une ouverture intéressante en lien avec le sujet.

*Même si de nombreux candidats ont rédigé une conclusion à la fin de leur copie, la plupart n'y a fait qu'un bilan très vague du développement, sans répondre au questionnement posé en introduction. Les ouvertures proposées par les candidats, quand elles sont présentes, sont très souvent artificielles. Les phrases du type "on pourrait maintenant s'intéresser aux glucides/lipides/acides nucléiques" n'apportent pas d'élément de réflexion nouveau et sont donc à proscrire.*

- **Communication écrite**

La capacité des candidats à communiquer des informations par écrit est évaluée lors de l'épreuve de synthèse. Cette compétence passe par l'utilisation de termes scientifiques précis, une expression claire et une maîtrise de l'orthographe et de la syntaxe.

*Le jury déplore une mauvaise utilisation récurrente des termes scientifiques, tout particulièrement lorsqu'il s'agit de réutiliser les termes du sujet ("protéosome" ou "protéasome" au lieu de "protéome"). La formulation des idées est souvent maladroite, conduisant à une construction très finaliste du raisonnement. De multiples fautes d'accord, de conjugaison, d'accentuation et de ponctuation rendent la lecture de nombreuses copies difficile.*

- **Communication graphique**

Lors d'une épreuve de synthèse, les illustrations graphiques ont pour but d'explicitier des aspects complexes de manière claire, rapide et précise afin de gagner du temps dans le traitement d'un sujet extrêmement vaste en un temps limité. À ce titre, un schéma correctement élaboré doit être inséré dans le texte, sans pour autant être accompagné d'explications redondantes. On attend d'un schéma qu'il réponde à la question posée. Un schéma directement tiré du cours est donc rarement totalement pertinent. De plus, les schémas doivent être réalisés avec soin, avoir une taille suffisante, une légende précise et fonctionnelle, un titre informatif voire une échelle.

*Même si la qualité graphique est très pauvre dans certaines copies, une grande majorité est illustrée avec soin. Le jury note cependant une grande hétérogénéité dans l'utilisation pertinente des illustrations. De très nombreux schémas sont restitués tels quels à partir du cours, sans être rattachés au traitement de la problématique. Il est conseillé de supprimer les éléments du schéma qui ne répondent pas au sujet et d'utiliser des codes couleurs adaptés afin de rendre les schémas fonctionnels et de les intégrer à l'argumentation. Les schémas faisant partie intégrante du développement, il est important de rappeler qu'ils se doivent d'être précis et présentés sans erreurs.*

Le tableau ci-dessous récapitule le nombre de points attribués pour chacun des grands thèmes de ce sujet de synthèse ainsi que le nombre de points attribués pour les éléments de technique de synthèse.



<b>Notions exposées (45 points)</b>	
<b>Diversité des protéomes liée à la diversité des génomes</b>	Le protéome, produit de l'expression du génome
	Diversification du protéome par mutation du génome
	Diversification du protéome par brassages des génomes
	<b>Total : 10 points</b>
<b>Diversité des protéomes liée à l'expression différentielle d'un même génome</b>	Variations spatio-temporelles en qualité et en quantité de protéines
	Diversification du protéome par contrôle de l'initiation de la transcription
	Diversification des protéomes par contrôle de la maturation et de la dégradation des ARNm
	Ajustement du protéome par contrôle de la maturation et de l'exportation des protéines
	<b>Total : 16 points</b>
<b>Conséquences fonctionnelles et évolutives de la diversité des protéomes</b>	Conséquences fonctionnelles et phénotypiques
	Conséquences écologiques
	Conséquences évolutives
	<b>Total : 14 points</b>
<b>Idées transversales (5 points)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversité des échelles biologiques</li> <li>• Diversité des échelles temporelles</li> <li>• Diversité du vivant</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expériences de mise en évidence d'une diversité protéomique</li> </ul>	
<b>Technique de synthèse (20 points)</b>	
Introduction	
Traitement problématique	
Plan	
Construction des paragraphes	
Conclusion	
Communication écrite	
Communication graphique	