

L'épreuve A de biologie est une épreuve de synthèse. Il est attendu des candidats qu'ils soient capables de rassembler leurs connaissances relatives au sujet et de les présenter de façon construite. Le libellé du sujet 2016 était « *La diversité allélique* », accompagnée d'un court texte qui proposait une définition du terme *allèle* et une délimitation du sujet.

L'épreuve de synthèse est une épreuve exigeante car elle nécessite que les candidats soient capables de mobiliser toutes les connaissances en lien avec le sujet, qu'elles aient été vues en première ou deuxième année. En plus des connaissances, sont évaluées les capacités de base liées à l'exercice de synthèse : construction d'une introduction et d'une conclusion, adéquation au sujet, organisation des idées au sein d'un plan, cohérence et pertinence des paragraphes, qualité de la communication écrite et graphique. Pour un même niveau de connaissances, la maîtrise de ces différents points joue un rôle discriminant entre les candidats.

NOTIONS ATTENDUES

En écriture droite : les attendus.

En écriture italique : les erreurs ou défauts régulièrement constatés par les correcteurs.

❖ Un sujet aux contours bien délimités.

Le sujet de cette année « la diversité allélique » était accompagné par un texte court qui devait permettre aux candidats de délimiter les contours d'un sujet très vaste. En effet, la notion d'allèle était définie de façon à ce que l'on puisse se focaliser sur un locus particulier et non sur un ensemble des gènes positionnés à différents endroits sur les chromosomes.

Pour un nombre important de candidats, cette limitation n'a pas été identifiée. De plus, une confusion est souvent revenue entre diversité génotypique et allélique. Ainsi les brassages de la méiose et les mutations chromosomiques, hors sujet, ont été très souvent exposés en détail aux dépens d'autres notions plus centrales pour le sujet.

❖ Mise en évidence et devenir de la diversité allélique entre individus.

On attendait des candidats qu'ils présentent les manifestations de la diversité allélique à un locus donné. Cette mise en évidence pouvait prendre des formes variées à différentes échelles d'observations du phénotype.

A l'échelle moléculaire, on pouvait décrire une électrophorèse pour une protéine particulière (ex : hémoglobine) chez différents individus. Cela devait permettre de montrer le polymorphisme allélique à l'origine de cette diversité et notamment au sein d'une population.

Les conséquences des mutations pouvaient ensuite être discutées aux échelles cellulaire et macroscopique (forme des hématies et anémie falciforme). Des résultats de croisement devaient permettre de faire émerger les notions de cellules haploïdes ou diploïdes et de dégager ainsi les notions de dominance/récessivité/codominance entre allèles.

Beaucoup de candidats n'ont pas présenté ces indicateurs de la diversité allélique. Le fait de ne pas prendre d'exemples concrets aboutissait alors à des exposés très théoriques et peu ancrés dans la réalité.

Les processus de la reproduction sexuée (méiose et fécondation) devaient prendre leur place dans ce sujet pour montrer la transmission aléatoire d'une seule paire d'allèles (sujet limité à un locus) d'une génération à la suivante.

La méiose a été bien souvent exposée de façon extensive et excessive par rapport au cadre fixé par le sujet. Dans certains cas, les représentations des événements chromosomiques ne faisaient pas référence aux allèles portés par ces derniers. Il est à noter que certains candidats ne maîtrisent pas les fondamentaux de la méiose étudiés pourtant dès l'enseignement secondaire.

❖ Aspects expérimentaux et appliqués

On attendait dans ce sujet que soient exposés les aspects expérimentaux des découvertes des phénomènes clés, leurs applications scientifiques et technologiques. Cela devait permettre aux candidats de montrer leur capacité à ancrer les connaissances théoriques dans le réel. Un certain nombre limité d'expériences historiques sont explicitement inscrites dans la colonne « capacités exigibles » du programme de BCPST. L'objectif n'est pas de présenter en détail les protocoles expérimentaux mais les grandes lignes de la démarche (hypothèses, prédictions, résultats) et de montrer leur intérêt par rapport à la problématique soulevée.

Ainsi, l'expérience de Luria et Delbruck était utile pour montrer le caractère aléatoire des mutations et leur indépendance par rapport aux paramètres de l'environnement. Elle pouvait être aussi utilisée pour introduire le phénomène de sélection naturelle.

On attendait du candidat qu'il présente le modèle d'Hardy-Weinberg, ses conditions d'utilisation et ses prédictions. On attendait également qu'il présente les écarts possiblement observés entre les données issues du modèle et celles observées dans les populations naturelles et qu'il présente des hypothèses explicatives à ces écarts (forces évolutives, écart à la panmixie...).

Les expériences de Buri permettaient de faire le constat d'une évolution de ces fréquences qui menaient à un appauvrissement de la diversité allélique par dérive génétique (disparition et fixation d'allèle).

Le mélanisme industriel pouvait permettre de mettre en évidence un tri des allèles sous l'influence de la sélection naturelle. D'autres exemples pouvaient tout à fait être proposés. On attendait aussi la présentation d'un exemple de sélection balancée et diversifiante afin de montrer les conséquences possibles de la sélection naturelle (réduction ou maintien de la diversité allélique).

Une partie importante des candidats n'a pas présenté ces expériences ou modèles. Lorsqu'ils l'ont été, les déductions importantes en lien avec le sujet n'ont pas toujours été faites. Rappelons que l'épreuve de synthèse a pour objectif de mettre en valeur les capacités de connexion des connaissances entre elles. Ainsi, parler en détail de l'expérience de Buri sans faire le lien avec le facteur taille des populations et l'appauvrissement de l'hétérozygotie était insuffisant pour traiter correctement de la dérive génétique.

Les aspects appliqués à la recherche scientifique et aux technologies devaient aussi être abordés sans excès toutefois. Ainsi, on attendait que soient envisagées l'utilisation des mutants naturels ou artificiels (ex des mutant KO) ou l'amélioration des plantes ou animaux par sélection artificielle. Les techniques de l'ADN recombinant pouvaient prendre leur place dans ce contexte. Enfin il s'agissait de montrer que l'on peut utiliser la comparaison des allèles dans le domaine de la phylogénèse.

Peu de candidats ont abordé ces aspects du sujet. Cela pouvait donc constituer un avantage pour les copies les ayant traités à bon escient.

❖ La formation des allèles, les mutations génétiques à l'échelle de l'ADN.

Il s'agissait de présenter à l'échelle de l'ADN d'une cellule, les différentes modalités de formation des mutations : spontanées et aléatoires (en lien avec l'expérience de Luria et Delbruck) mais rendues plus probables par des agents mutagènes (UV et dimères de thymine). L'implication du mécanisme de réplication était indispensable. De la même façon, les processus de réparation devaient être présentés (correction sur épreuve) afin d'expliquer le

caractère rare des mutations. La distinction entre une erreur d'appariement et la formation définitive d'une mutation était attendue. On n'attendait pas une description complète de tous les mécanismes expliquant les défauts d'appariement. Deux exemples bien illustrés suffisaient amplement (tautomérisation, désamination, dépurination). Enfin, les candidats devaient signaler la nécessité d'une mutation sur la lignée germinale comme condition de sa propagation dans la population au cours des générations suivantes.

Beaucoup de copies présentaient une description détaillée de la structure de l'ADN et de sa réplication sans faire de lien explicite et direct avec la mutagenèse. On pouvait même lire des descriptions détaillées des mécanismes de transcription et de traduction dans certaines copies. Les candidats doivent garder à l'esprit que les hors sujet ne retirent pas de points mais que le temps imparti pour l'épreuve (3 heures) n'est pas extensible pour pouvoir traiter de tous les aspects d'un sujet déjà très large.

❖ Conséquences biologiques à différentes échelles du vivant.

Le candidat devait aborder les conséquences possibles de la formation des nouveaux variants alléliques sur les protéines codées. Il s'agissait d'un aspect assez classique de la génétique à mettre en lien, sans les développer, avec les processus de transcription, de traduction et avec le code génétique (mutations à effets silencieux, faux sens, non-sens).

Pour certains candidats, le code génétique est malheureusement, encore trop souvent, synonyme d'information génétique et de séquence nucléotidique de l'ADN.

La présentation de la sélection naturelle des individus en fonction de la fitness conférée par leurs allèles devait permettre d'aboutir à la notion d'adaptation des populations au changement du milieu. Ici encore, un exemple bien décrit devait suffire à illustrer le phénomène.

A nouveau cette année, on pouvait trouver dans certaines copies une conception finaliste de l'adaptation qui souligne bien les difficultés d'associations des échelles (individu/population/espèce) pour les différents phénomènes mis en jeu (sélection naturelle/adaptation voire co-adaptation).

La spéciation allopatrique devait être traitée en lien avec les changements de la structure génétique de deux populations séparées dans l'espace. Ce devait être l'occasion d'associer ce phénomène avec l'arrêt des échanges lié à la reproduction sexuée évoqués en amont ainsi qu'avec les définitions de l'espèce.

Beaucoup de candidats ont voulu traiter de toutes les modalités de la spéciation (sympatrique, parapatrique, en anneau...) sans faire de lien réel avec le sujet « la diversité allélique ».

COMPETENCES EVALUEES

❖ L'introduction

Sans qu'un formalisme soit rigoureusement défini, on attend du candidat qu'il utilise l'introduction pour bien situer le contexte, qu'il définisse les termes importants du sujet, et enfin qu'il formule de façon explicite la ou les questions qui guideront son exposé. Cette année, la définition du terme central « allèle » avait été donnée pour éviter les ambiguïtés. Certains candidats ont augmenté la difficulté en proposant une autre définition ou n'ont pas su se baser sur celle proposée pour organiser leur exposé.

D'autre part, peu de candidats ont fait l'effort de replacer le sujet dans un contexte biologique plus large. Les amorces étaient souvent absentes ou artificielles et ne permettaient pas d'introduire logiquement les questions soulevées.

Malgré tout, de nombreuses copies présentent de façon convenable les questions qui seront par la suite traitées et annoncent le plan de leur synthèse.

❖ Le développement

Le sujet de synthèse proposé étant large, il permettait d'aborder de très nombreux aspects, à toutes les échelles. Un écueil souvent rencontré a été le développement de fragments de cours sans relation avec la problématique (notamment la structure de l'ADN ou des détails sur la réplication...). De plus, les limites du sujet ayant parfois été mal définies, des parties sont développées alors qu'elles ne permettent pas de répondre à la problématique (confusion notamment entre diversité génotypique et allélique, ou entre les mécanismes de création d'allèles et de gènes...). Enfin, certaines parties ont été développées de façon excessive (notamment l'origine de la diversité allélique) aux dépens du reste. Par exemple, la multiplication des exemples n'est pas bénéfique à la qualité du développement. Tous ces éléments ont pu participer au déséquilibre du développement de certaines copies.

L'épreuve de synthèse exige du candidat qu'il sélectionne et évalue l'intérêt des connaissances qu'il aborde pour traiter la problématique. Il doit donc d'une part présenter des connaissances orientées vers la réponse de la problématique. Il doit d'autre part doser le développement qu'il accorde à chacune des connaissances présentées en fonction de sa pertinence par rapport au sujet, et ce de manière à pouvoir traiter l'ensemble des aspects du sujet. Le hors-sujet est particulièrement contre-productif dans cette épreuve car il empêche le candidat d'aborder de façon satisfaisante d'autres notions attendues.

❖ Le plan

Le choix du plan est également évalué dans l'épreuve de synthèse. Même si l'énoncé du sujet orientait l'organisation de la réponse cette année, quelques candidats ont fait le choix de suivre un plan différent. Dans tous les cas, le jury a valorisé les exposés qui présentaient une organisation logique et soutenue par des transitions pertinentes. En revanche, certaines structures de plan ont rendu les exposés moins cohérents, que ce soit en obligeant le candidat à présenter plusieurs fois le même aspect ou en induisant des confusions (notamment en termes d'échelles d'organisation).

❖ Les paragraphes

L'organisation des parties et sous-parties du développement se fait par paragraphes. À chaque paragraphe correspond une idée ou un concept clé dans la réponse à la problématique. Une synthèse efficace repose sur l'articulation de paragraphes concis, dont le contenu est clairement délimité, argumenté (par une expérience, une observation...) et explicitement relié à la problématique. Le titre du paragraphe doit traduire une double adéquation au sujet et au contenu du paragraphe.

Dans certaines copies, les contenus se limitent à des listes de mots clés ou s'appuient vaguement sur des éléments qu'il aurait été pertinent de détailler (Ainsi peut-on lire : « comme le montre l'expérience de Luria » ou

« comme on le voit dans l'exemple de la phalène » ...). Il est au contraire demandé de s'appuyer sur une méthodologie rigoureuse pour donner du sens au contenu. A l'inverse, la description précise d'expériences et des résultats sans y adjoindre une interprétation rend l'argumentation incomplète (un nombre non négligeable de candidats a ainsi décrit l'expérience de Buri sans expliciter la portée des résultats obtenus). L'épreuve de synthèse implique certes d'être concis mais une argumentation rigoureuse est indispensable et elle s'appuie sur l'exposé de faits assez précis pour être pertinents.

❖ La communication rédigée

Le jury souligne les qualités rédactionnelles des candidats. Cependant, certains candidats ont multiplié l'emploi de tournures finalistes préjudiciables, notamment dans un sujet comme celui proposé. Il est par ailleurs souligné dans de nombreuses copies une orthographe approximative, d'autant moins acceptable lorsqu'elle se rapporte aux objets d'étude (« pinsons de Darwin » et autre « phalène du bouleau »...).

❖ La communication graphique

L'épreuve de synthèse évaluant la capacité des candidats à traiter de façon synthétique un sujet large, une communication graphique efficace se révèle un outil précieux pour la réalisation d'un exposé de qualité. Cette année, le jury souligne une schématisation insuffisante. Dans beaucoup de cas, les illustrations sont présentées telles que présentes dans le cours et ne sont pas adaptées à la problématique. L'adéquation des éléments présentés au sujet est indispensable dans cette épreuve et les candidats doivent s'astreindre à adapter les schémas de façon à ce qu'ils soutiennent au mieux leur propos. Ceci se fera en mettant l'accent sur les parties de la figure en lien avec le sujet ou en supprimant les détails non pertinents.

De plus, de nombreux schémas ne sont pas suffisamment rigoureux. Trop souvent, les graphiques sont présentés sans annotation des axes ou des schémas ne sont pas associés à une légende explicite. Parfois, ils présentent même des erreurs importantes (comme dans la représentation des allèles sur une paire de chromosomes homologues). Dans certains cas, les schémas sont trop petits ou pas assez propres pour être satisfaisants.

Enfin, certains schémas sont complètement hors-sujet (structure de l'ADN...) et font perdre un temps précieux au candidat.

❖ La conclusion

Cette année, le jury souligne que la conclusion se résume souvent à quelques phrases qui reprennent les titres de la synthèse ou les grandes lignes de l'introduction. On rappelle que la principale fonction de la conclusion est de présenter de façon synthétique une réponse à la problématique soulevée en introduction. Elle doit donc faire ressortir de façon articulée les idées fortes de l'exposé.

Par ailleurs, la conclusion est le moment de proposer une ouverture du sujet. Celle-ci est souvent artificielle ou repose sur des aspects qui auraient dû être amenés dans le développement.

Grille d'évaluation

candidat n° :

totaux		<i>techniques de synthèses</i>	24	
		<i>notions exposées</i>	49	
		<i>total initial</i>	73	
		TOTAL	XXXX	
		<i>harmonisé</i>	XXXX	
Savoir Faire		introduction (définition, problématique)	3	
		conclusion (idée force - ouverture non artificielle)	3	
		traitement problématique en adéquation avec le sujet	2	
		plan général - cheminement - enchaînements [argumentation, exemples, titres...] cohérence	4	
		unité paragraphique (construction paragraphes ; cohérence et adéquation entre titre/idée/support de l'argumentation) au moins 2 fois, plus de 3 §	3	
		communication rédigée (soin, orthographe)	2	
		communication rédigée (syntaxe, concision)	3	
		communication graphique (quantité, qualité, exploitation) si 2 sont bien faits (adaptés, fonctionnels), points max	4	
		sous-total	24	
		Les allèles sont des variants de séquence d'un locus	Diversité des allèles à un locus : mise en évidence / utilisation scientifique et technique	Mise en évidence de la diversité allélique : polymorphisme phénotypique d'origine génétique (transmis), analyse de croisements, analyse de génétique moléculaire (Southern-blot, PCR)
Utilisation scientifique/technologique : mutants naturels ou artificiels (KO, transgénique) / étude fonctionnelle, amélioration par sélection artificielle (production animale ou végétale)	1			
Nombre d'allèles indéfini pour un locus mais nombre limité toutefois au sein d'une population	1			
Les allèles à l'échelle de l'individu	Individu : haploïde = 1 allèle présent, diploïde = 2 allèles présents, cas des polyploïdes		1	
	Relation de dominance, récessivité, codominance dans l'expression des allèles au sein d'un organisme diploïde = relation génotype/phénotype		3	
Les allèles, des unités transférables de génération en génération	Processus aléatoire de transfert des allèles de la méiose et de la fécondation liés aux mécanismes de ces processus		2	
	Hypothèse de panmixie/pangamie pas toujours respectée : homogamie/hétérogamie, autoincompatibilités et dispositifs spatiaux et temporels favorisant l'hétérozygotie		2	
	Possibilité de transferts horizontaux et diploidie partielle (1 ex bactérien parmi transformation, conjugaison, transduction)		1	
			<i>total :</i>	13

Les allèles sont issus de modifications de la séquence de nucléotides	Origine des mutations	Erreur au cours de la réplication ou lésion/altération de l'ADN au cours de son stockage... toutes non réparées / exemple d'erreur non réparé menant à mutation (= changement de séquence définitif)	3
		Caractéristiques des mutations : rare (fidélité des polymérase, mécanismes de réparation), indépendante les unes des autres, aléatoire (démonstration de Luria-Delbrück)	4
		Existence de facteurs et d'agents mutagènes (ex : UV et dimères de thymine)	2
		Rôle des techniques de l'ADN recombinant dans la création de séquences modifiées et leur propagation	1
	Diversité des mutations	Diversité des mutations et donc des allèles en relation avec leurs conséquences : neutres, silencieuses, faux-sens, non-sens, dans les régions régulation (degré d'expression affecté)	4
<i>total :</i>			14
Les fréquences variables des allèles au sein des populations témoignent des forces évolutives.	Evolution temporelle des fréquences alléliques : signification	Modèle nul de Hardy-Weinberg : conditions (panmixie, pangamie, pas de mutation – sélection – dérive, pas de migration), résultats (fréquences alléliques et génotypiques inchangées entre générations) = équilibre de Hardy-Weinberg	2
		Population réelle / population HW	1
		migration	1
	Dérive génétique : réduction du polymorphisme allélique	Dérive génétique (mise en évidence) : expérience de Buri	2
		Dérive génétique (principe) : échantillonnage aléatoire des allèles, relation entre force de la dérive et l'effectif de la population	2
		Dérive génétique (conséquences) : réduction du polymorphisme et fixation d'un allèle dans une population	1
	Sélection : réduction ou maintien du polymorphisme allélique	Sélection naturelle (principe) : pressions de l'environnement (biotiques et/ou abiotiques) exercées sur les individus, valeur sélective des différents génotypes par rapport aux pressions exercées, transmission plus ou moins importante de certaines allèles / exemple de la Phalène du Bouleau	2
		Diversité des modes de sélection : directionnelle/réduction du polymorphisme, balancée/maintien du polymorphisme	2
		Relation sélection/adaptation, co-adaptations/co-évolution	2
	3.4 Evolution des fréquences alléliques et spéciation	Relation évolution des fréquences alléliques et spéciation dans un contexte d'isolement spatial (spéciation de type allopatrique)	2
Exploitation des allèles et de leurs différences pour estimer des distances et des temps d'évolution / construction d'arbres phylogénétiques		1	
<i>total :</i>			18
Liens synthétiques - idées transversales	échelle d'espace (organisation)		2
		échelles temporelles : court (expression gènes), vie d'un individu (transmission), long (évolution, adaptation)	2
	<i>total :</i>		