

CONCOURS A BCPST - SESSION 2020

RAPPORT DE L'ÉPREUVE ÉCRITE DE BIOLOGIE

ÉPREUVE DE SYNTHÈSE



L'importance biologique des micro-organismes, à toutes les échelles du monde vivant.

1. Présentation du sujet

L'épreuve de biologie étant une synthèse, il est demandé aux candidats d'utiliser leurs connaissances afin de répondre à une problématique qu'ils construisent à partir du sujet proposé. Ces connaissances doivent être structurées et organisées de manière logique et pertinente dans le cadre du sujet qu'ils doivent traiter. Cette année, le sujet était « *L'importance biologique des micro-organismes, à toutes les échelles du monde vivant* ». Deux phrases accompagnaient le sujet, afin d'une part de rappeler aux candidats que les appellations "microbes" et "micro-organismes" sont toutes deux utilisées comme des synonymes dans le programme de BCPST, et d'autre part de les encourager à inclure les filaments mycéliens dans leurs réflexions. L'épreuve de synthèse demande un certain recul sur les connaissances acquises en première et en deuxième année afin d'être capable de s'appuyer sur ces connaissances pour construire son propre raisonnement. Il s'agit donc d'une épreuve exigeante à la fois en matière de connaissances et de réflexion. Cette épreuve évalue donc des compétences liées à l'esprit de synthèse, au raisonnement scientifique et à la communication écrite et graphique. Pour cette épreuve, il est donc nécessaire de construire une introduction qui conduit à une problématique pertinente, un développement organisé des connaissances ayant pour but de répondre à cette problématique, et une conclusion complète et synthétique répondant à la problématique. De plus, les arguments construits au cours du développement doivent couvrir les multiples aspects du sujet et être exposés aux moyens d'une communication écrite et graphique de qualité. La bonne maîtrise de ces compétences méthodologiques 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.*

2. Attendus du sujet

Le sujet choisi cette année demandait de mobiliser des concepts et notions de première et seconde année et de les exploiter dans le sens du sujet proposé. Ce sujet était donc tout à fait adapté pour un exercice de synthèse. Les candidats devaient faire preuve de précision dans les exemples abordés pour toujours se référer aux micro-organismes tout en exploitant des connaissances dans différents domaines de la biologie (biologie cellulaire, métabolisme, physiologie, écologie, évolution...), et ce à toutes les échelles d'espace et de temps. La plus grande difficulté des candidats cette année a été de présenter leurs connaissances en suivant l'optique du sujet, c'est-à-dire sous l'angle de l'importance biologique.

Nous revenons ici sur les principaux concepts associés à ce sujet afin de commenter les prestations des candidats lors de cette session. Dans un souci de concision du rapport, les idées ne sont pas développées de façon détaillée. Ce n'est donc en aucun cas un corrigé type ou un exemple de plan, dont la qualité est, rappelons-le, intimement liée à celle de la problématique dégagée par le candidat.

- **Importance des micro-organismes à l'échelle des organismes**

Les micro-organismes entretiennent de nombreuses relations interspécifiques avec les espèces de leur environnement, parmi lesquelles les relations à bénéfices réciproques ou encore les relations de parasitisme pour laquelle il était possible d'utiliser différents exemples parmi lesquels l'agent du mildiou, le trypanosome, *Plasmodium*, etc.

Les relations mutualistes sont essentielles pour la nutrition des organismes. C'est le cas de la relation entre la vache et son microbiote ruminal impliquant une grande diversité de micro-organismes qui jouent un rôle essentiel, par leur métabolisme, dans la nutrition de la vache. Chez les végétaux, la symbiose mycorhizienne avec des champignons et les nodosités entre les racines de Fabacées et les bactéries du genre *Rhizobium* participent à la nutrition de la plante. Les relations avec les micro-organismes peuvent également impacter d'autres aspects de leur physiologie comme le développement (par exemple la modification racinaire liée à la mise en place de nodosité ou de mycorhize), voire être à l'origine de la mise en place d'entités morphologiques nouvelles résultant d'une telle association (cas des lichens).

La diversité des relations interspécifiques mises en place par les micro-organismes est souvent abordée par les candidats mais en oubliant le plus souvent d'argumenter sur l'importance biologique de ces relations. Beaucoup de candidats multiplient les exemples succincts pour une même idée et perdent du temps au détriment d'autres idées pertinentes ou des détails attendus sur les schémas réalisés trop rapidement. La mise en place de symbioses dans le cadre de la nutrition des organismes est quasiment toujours présentée mais l'impact de ces symbioses sur le développement est en revanche presque toujours oublié. Dans l'ensemble de cette partie, le jury déplore de nombreuses erreurs et confusions dans les exemples utilisés et une maîtrise très hétérogène des notions, tout particulièrement en ce qui concerne la digestion chez la vache et les interactions de type parasitisme. De nombreux exemples de parasitismes ont été pris chez des organismes macroscopiques, donc hors-sujet.

- **Importance des micro-organismes dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes ainsi que dans les cycles biogéochimiques**

Les populations microbiennes constituent une partie importante (quantitativement et qualitativement) de la biocénose des écosystèmes. Les communautés microbiennes participent à la structure de ces écosystèmes.

La diversité des écosystèmes s'illustre également par la diversité des métabolismes microbiens qui dépendent directement des caractéristiques du biotope. Le métabolisme des micro-organismes est à mettre en relation avec leur place dans les réseaux trophiques.

Certains micro-organismes sont des producteurs primaires qui utilisent différentes sources d'énergie (lumineuse ou chimique) permettant le fonctionnement de voies métaboliques conférant l'autotrophie au carbone et à l'azote. D'autres micro-organismes peuvent également être des consommateurs (phagotrophes, absorbotrophes) ou des décomposeurs. La diversité des modes trophiques et des réactions du catabolisme réalisées par les micro-organismes hétérotrophes conduit à la dégradation de molécules organiques complexes et diversifiées telles que la lignine ou la cellulose.

Les micro-organismes sont ainsi présents à tous les niveaux trophiques des écosystèmes (producteurs primaires, consommateurs, décomposeurs). La considération d'aspects quantitatifs et des calculs de rendement permettent enfin de faire le lien entre relations de coopération et flux énergétiques au sein des écosystèmes.

À plus grande échelle, les micro-organismes ont également une place clé dans les cycles biogéochimiques tels que le cycle du carbone puisqu'ils réalisent de nombreux transferts entre réservoirs par différents processus, tels que la photosynthèse, la respiration participant à la minéralisation de la matière organique, la précipitation des carbonates, la formation de matière organique fossile, etc.

La diversité métabolique des micro-organismes est très souvent abordée pour illustrer la diversité des micro-organismes et non dans une optique d'importance biologique à l'échelle des écosystèmes. En effet, très peu de candidats ont fait le lien entre spécificités métaboliques et biotope, ou entre métabolisme et place dans les réseaux trophiques. Cette place des micro-organismes dans les réseaux trophiques est très souvent restreinte aux décomposeurs et de nombreux exemples pris chez des organismes macroscopiques ont été utilisés par les candidats pour illustrer les rôles de producteurs primaires et de consommateurs. De plus, il était attendu de la part des candidats une présentation de quelques voies métaboliques clés pertinentes au service de la compréhension de l'importance biologique des micro-organismes au niveau des écosystèmes. Ces voies métaboliques ont souvent été traitées avec des erreurs. Le jury s'étonne de l'importance donnée par les candidats aux réactions de fermentation dans leurs copies alors que celles-ci ne sont pas au programme. Enfin, d'importantes confusions de vocabulaire (autotrophie/hétérotrophie, décomposition/minéralisation/humification, etc.) sont à déplorer. Les cycles biogéochimiques ont très souvent été mentionnés par les candidats mais le niveau de maîtrise est rarement suffisant. Tout particulièrement, de nombreuses confusions sont présentes entre les notions relatives aux réseaux trophiques et aux cycles biogéochimiques. De plus, une absence quasi systématique d'exemples précis de micro-organismes pour illustrer les flux au sein des cycles de matière est là encore relevée de manière récurrente par le jury.

- **Importance des micro-organismes dans la dynamique des populations et des écosystèmes, ainsi que dans l'évolution**

Il s'agissait d'aborder le monde vivant non pas comme une entité statique mais comme un ensemble dynamique et d'y intégrer une dimension temporelle. D'un point de vue écologique, les micro-organismes ont un impact sur la dynamique des populations (interactions proies / prédateurs, compétition, effet Janzen-Connell), mais aussi sur celle des écosystèmes. En effet, les micro-organismes peuvent être des espèces pionnières et contribuer ainsi à la succession écologique ou bien participer à l'eutrophisation de certains milieux naturels.

D'un point de vue évolutif, les micro-organismes jouent une place importante dans l'histoire du monde vivant. Ils sont à la fois source de diversité génétique puisqu'ils peuvent être à l'origine de transferts horizontaux mais aussi moteur de la sélection naturelle en exerçant des pressions de sélection, voire même en étant impliqués dans des mécanismes de coévolution. La théorie endosymbiotique de l'origine des plastides et des mitochondries permet également de mettre en exergue l'importance évolutive des micro-organismes en remontant aux origines de la compartimentation cellulaire.

Bien que la notion d'échelle temporelle n'ait été que rarement définie explicitement par les candidats, les points en lien avec cette échelle sont souvent présents dans les copies. Cependant, des confusions sont à déplorer, tout particulièrement entre dynamique des populations et des écosystèmes. Les mécanismes évolutifs sont pour leur part souvent présentés mais avec une vision parfois très finaliste de l'évolution. Cependant, des exemples très pertinents ont été choisis par certains candidats pour illustrer ces différents points. Le jury tient tout de même à rappeler que les mécanismes de sélection naturelle se réalisent sur plusieurs générations. De plus, le jury tient également à souligner que, bien que la théorie endosymbiotique présente une origine microbienne des organites énergétiques des cellules eucaryotes, ces organites ne sont plus des micro-organismes et qu'il n'était donc pas attendu une présentation exhaustive traitée pour elle-même de leur fonctionnement dans ce sujet, ce qui a pourtant fait perdre un temps précieux à de nombreux candidats.

- **Appui de l'argumentation sur des données et / ou supports réels**

La synthèse étant de nature scientifique, il est attendu des candidats qu'ils appuient leur argumentation sur des observations, des expériences, des exemples, ainsi que des données correctement quantifiées.

Bien que cela ne soit pas attendu systématiquement, une telle démarche argumentative devrait être réalisée par les candidats dès que cela est pertinent afin d'éviter de tenir un propos dogmatique. Cet item est évalué globalement pour l'ensemble de la copie.

Le jury déplore que seuls quelques rares candidats aient ainsi construit leur argumentation sur une réflexion scientifique mettant en lien des idées et des faits.

Notons que quelques candidats, bien que peu nombreux, ont su apporter de façon appropriée un regard historique sur l'évolution des connaissances scientifiques relatives aux micro-organismes et à leur importance biologique.

3. Compétences évaluées

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 à nouveau cette année pour environ un tiers des points de l'épreuve. Ces aspects sont dans l'ensemble bien maîtrisés par les candidats puisque la moyenne des points relatifs aux méthodes de synthèse correspond à une note de 12,5 sur 20, soit un résultat de deux points supérieurs à la moyenne globale. Bien que ce résultat reflète l'acquisition des méthodes de synthèse chez la plupart des candidats, un écart-type plus important sur cette rubrique (3,7) que l'écart-type global (3,2) montre bien que ces aspects peuvent être discriminants, au-delà du simple contenu scientifique des copies. Le jury rappelle donc l'importance du respect de la méthodologie spécifique de cette épreuve de synthèse. Nous reprenons ici, comme chaque année, les aspects clés 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 précises de l'ensemble des termes du sujet, une problématique claire et explicite (on ne peut pas se contenter d'une réécriture interrogative du sujet du type « *on se demandera quelle est l'importance biologique des micro-organismes* ») ainsi que l'annonce d'un plan en réponse à cette problématique. Il est également pertinent de souligner l'intérêt du sujet et la pertinence de le traiter.

Cette année la définition de « micro-organisme », très simple, a globalement été rappelée par les candidats. Cependant, ces derniers ont parfois été assimilés à un groupe donné (« les procaryotes » ou « les unicellulaires ») ; voire accompagnés de commentaires subjectifs et sans fondement phylogénétique (« les organismes moins complexes »), ce qui était à proscrire. Au contraire, la diversité phylogénétique des micro-organismes a parfois été mise en avant avec pertinence avant d'aborder la notion d'importance pour le reste de la biosphère. Quelques copies ont utilisé des accroches ancrant le sujet dans un domaine concret (e.g. santé, agronomie), ou ont, de manière pertinente, relié le sujet à des avancées technologiques récentes (techniques d'observations des microbes) ou des débats scientifiques qui ont fait date (Pasteur et la génération spontanée) : cela a été valorisé.

Néanmoins, le jury note cette année que de nombreux candidats se sont limités en introduction à énoncer des généralités qui ressemblaient parfois plus à des bilans de conclusion et qui donnaient les réponses avant même de formuler une problématique concernant l'importance des micro-organismes. La notion « d'importance biologique » a donné lieu à des appréciations finalistes ou des jugements de valeur sur « les bonnes choses qu'apportent les microbes » sans forcément relier cette importance à la structure et au fonctionnement de la biosphère, ce qui éloigne le candidat d'un raisonnement scientifique. La notion d'échelle avec ses dimensions spatiales et temporelles attendues cette année n'a pas toujours été bien cernée et définie en introduction, ce qui a induit de nombreux oublis dans le développement pour une grande partie des copies.

Cette étape d'introduction permettait donc de correctement délimiter le sujet et d'établir une problématique adaptée : lorsqu'elle n'a pas été bien menée, cela a amené les quelques hors-sujets de l'épreuve de cette année (voir ci-après).

- **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 et que le candidat les argumente de manière à répondre à la problématique du sujet.

Certaines copies (toutefois non majoritaires) étaient plus orientées vers la description des micro-organismes et leur fonctionnement que vers leur importance biologique, ce qui a donné lieu à des digressions souvent longues (jusqu'à plusieurs pages) et non reliées au sujet. Dans l'ensemble, hormis ce point et quelques trop longs développements du caractère polyphylétique du groupe étudié (pour lui-même et sans le lier à la problématique de l'importance biologique), il y a eu peu de hors-sujet majeur. Cette année encore, cependant, la plupart des copies n'ont abordé que deux des trois grands thèmes attendus en proposant une synthèse déséquilibrée ; très peu de candidats ont présenté la diversité de l'importance microbienne à l'échelle temporelle (évolution, dynamique des populations et des écosystèmes). La notion d'importance trophique a été particulièrement soulignée avec des exemples de symbioses mais la présentation de deux exemples (la vache et les mycorhizes, en général) n'a que rarement été justifiée comme illustrant l'importance des microbes dans les différentes lignées de l'arbre du vivant et est plus souvent arrivée comme une liste de connaissances déployée sans répondre au problème de manière pertinente.

- **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.

Au niveau de la forme du plan, seules de très rares copies ne présentaient pas de plan apparent. On remarque une tendance croissante des candidats à utiliser des titres longs de plusieurs lignes, ce qui n'est pas adapté à une présentation synthétique des paragraphes. Globalement, la présentation des titres et sous-parties était claire et bien soignée : c'est très positif.

Le plan proposé par certains candidats les ont conduits à développer plusieurs fois les mêmes exemples. De telles redondances sont une perte de temps pour le candidat lors de la rédaction de sa synthèse et peut révéler que le plan n'est pas adapté au sujet à traiter.

Les transitions, quoique généralement présentes, manquent souvent de pertinence et ne doivent pas se résumer en une simple liste des choses déjà dites ou une annonce interrogative du titre de la partie suivante. Le jury rappelle que la construction du plan doit être directement reliée au sujet et que la rédaction par les candidats de parties introductives telles qu'une présentation se voulant exhaustive de tous les types de micro-organismes n'est pas valorisée.

- **Construction des paragraphes**

Toutes les sous-parties doivent être construites grâce à des paragraphes argumentés élaborés autour d'une idée clé. Un paragraphe correctement construit comporte une description précise de la notion abordée qui permet de la rattacher à la problématique. Ceci doit reposer sur une argumentation pouvant s'appuyer sur des données scientifiques ou une illustration (observation, expérience, exemple...). Ceci peut prendre la forme d'un texte et éventuellement d'un schéma fonctionnel. 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.

De manière générale, il semble que ce soit un point acquis pour la majorité des candidats, ce qui est très positif et doit toujours continuer d'être encouragé.

Le jury insiste particulièrement sur l'importance de construire un paragraphe autour d'une idée clé et non autour d'un exemple, ce qui a parfois été le cas, notamment lorsque le candidat récitait clairement un paragraphe type du cours (par ex. le fonctionnement symbiotique dans la panse de la vache) : le risque était alors de tomber dans le catalogue non relié pertinemment à la problématique. Le jury rappelle également qu'un seul exemple est suffisant pour étayer une notion ; cependant, au vu du sujet, il était particulièrement crucial, cette année, d'utiliser des exemples suffisamment variés (animaux, végétaux ...) tout au long de la copie afin d'illustrer l'ubiquité de la présence des micro-organismes et leurs rôles, parfois identiques, dans des groupes très éloignés dans l'arbre du vivant (exemple de la nutrition).

- **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 synthétique 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 ont fait qu'un bilan très vague du développement, sans répondre au questionnement ni prendre un minimum de recul. Les grands titres sont cités à nouveau sans être reformulés sous forme d'une réponse claire et forte à la problématique, ce qui indique que les candidats concernés ne sont pas à l'aise avec le terme « importance biologique ». Les ouvertures proposées par les candidats, quand elles sont présentes, sont très souvent artificielles ou bien relevaient, pour cette session, d'un point de la problématique non traité par le candidat mais participant pourtant du sujet, n'en faisant donc pas une ouverture.

Il est vivement conseillé de veiller à garder du temps pour rédiger une conclusion permettant de mettre en avant la réflexion personnelle du candidat sur le sujet.

- **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 apprécie toujours l'application d'un minimum de soin pour mettre en valeur les titres, souligner certains mots-clés (en restant parcimonieux), le fait de ne pas surcharger de feutres ou couleurs dont l'encre traverse la feuille (ce qui ne facilite pas la lecture après un passage au scanner).

Globalement l'orthographe et la grammaire sont convenables mais les imprécisions de vocabulaire scientifique sont à déplorer. Il y a eu beaucoup d'erreurs d'orthographe sur les termes de "lichen", "mycorhize", "cilié" et certains concepts sont présentés sans être correctement nommés ("photolithotrophie", "chimolithotrophie", "producteur primaire").

Dans certaines copies, de multiples fautes d'accord, de conjugaison, d'accentuation et de ponctuation rendent la lecture difficile.

On recommande de favoriser des tournures de phrases simples, au présent, plutôt que des conditionnels ou des futurs qui n'apportent rien et délayent l'information. On rappelle que la concision dans la présentation des faits permet de limiter les risques des formulations finalistes peu scientifiques.

La notion d'importance biologique a en effet mené d'une part à beaucoup de descriptions mécaniques non argumentées ou non reliées au sujet et d'autre part à de très nombreux jugements de valeur et d'utilitarisme subjectif : "interaction la plus remarquable", "la symbiose meilleure que le parasitisme", "aide à la survie de l'espèce". La formulation des idées devient ainsi maladroite, conduisant à une construction très finaliste du raisonnement.

- **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. 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 et une échelle lorsque c'est nécessaire.

Cette année, certains schémas "classiques du cours" étaient attendus, et ont globalement été au rendez-vous (ex. de la panse de la vache et de son écosystème interne, des autres symbioses etc.) ; souvent avec soin et détails.

Même si la qualité graphique est très pauvre dans certaines copies, une grande majorité est illustrée abondamment et avec soin : c'est très positif.

Le jury note cependant une grande hétérogénéité dans l'utilisation pertinente des illustrations. Par exemple, les schémas illustrant l'importance des microbes au sein des écosystèmes par leur diversité de voies métaboliques tombaient souvent entre deux catégories : certains sont restés au catalogue descriptif ; d'autres ont par contre témoigné d'une prise de recul sur les questions d'entrée de matière et d'énergie dans les systèmes biologiques avec des schémas comparatifs pertinents. De même, les schémas attendus de cycle de la matière (carbone ou azote) n'ont que rarement inclus de manière explicite l'abondance des microbes et leur importance fonctionnelle. On rappelle qu'une bonne légende et des codes couleurs adaptés permettent de rendre un schéma plus fonctionnel et pas uniquement descriptif.

Par ailleurs, il est conseillé de supprimer les éléments du schéma qui ne répondent pas au sujet. Le jury rappelle enfin que ces schémas se doivent d'être précis et présentés sans erreurs : un schéma brouillon, petit, non légendé ou présentant de nombreuses erreurs scientifiques n'est pas utile. Les échelles de taille ont rarement été vues lorsque cela était adéquat : ceci était regrettable, sur un sujet évoquant le caractère « microscopique » des organismes. Enfin, bien que cela soit arrivé dans un nombre restreint de copies, le jury tient tout de même à rappeler que les schémas doivent être insérés au fil du développement, et non annexés à la fin.