

## **Les adaptations au milieu aérien chez les organismes pluricellulaires**

L'épreuve A de biologie est une épreuve de synthèse. Les candidats doivent rassembler et présenter leurs connaissances relatives au sujet de façon organisée. Cette année, le sujet était "Les adaptations au milieu aérien chez les organismes pluricellulaires". Il était accompagné d'une phrase limitant les exemples à utiliser aux animaux et aux angiospermes, et incitant les candidats à mettre en avant les convergences évolutives entre ces deux taxons.

Cette épreuve est exigeante, les candidats doivent être capables de mobiliser toutes leurs connaissances en lien avec le sujet, qu'elles aient été abordées en première ou en deuxième année.

Elle permet également d'évaluer des compétences liées à l'esprit de synthèse, le raisonnement logique et la communication : construction d'une introduction et d'une conclusion, organisation des notions selon une logique répondant à une problématique, pertinence des notions présentées, qualité de la communication écrite et graphique. La bonne maîtrise de ces compétences permet de discriminer des candidats d'un même niveau de connaissances.

### Légende :

écriture droite : attendus en termes de notions.

*écriture italique* : erreurs fréquentes ou difficultés rencontrées par de nombreux candidats.

### **Notions attendues**

Le sujet proposé cette année convenait bien à un exercice de synthèse, puisqu'il nécessitait de rassembler des éléments des programmes de première comme de deuxième année, et d'expliquer des concepts appartenant à différentes branches de la biologie (physiologie, évolution, écologie, biologie moléculaire, etc.). Les principales difficultés pour les candidats, à savoir traiter l'intégralité des aspects liés au sujet et de cerner le degré de précision dans le traitement des notions, étaient liées à l'étendue du sujet. Une autre difficulté a été souvent rencontrée : l'ancrage des connaissances dans une logique de réponse à une problématique.

En particulier, le paragraphe accompagnant l'intitulé du sujet pouvait permettre aux candidats de mieux cerner les attentes du jury, ce qui a cependant été souvent oublié. La définition des termes d'animaux et d'angiospermes, ainsi que le terme de convergence évolutive, était nécessaire pour bien comprendre le sujet de cette année. On rappelle que le terme "animaux" fait simplement référence aux métazoaires, et ne se limite pas aux mammifères uniquement, ou à l'inverse, n'englobe pas l'ensemble des "eucaryotes pluricellulaires".

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.

- Adaptation à une faible disponibilité en eau

Il s'agit de présenter les structures et mécanismes permettant aux organismes pluricellulaires de s'approvisionner en eau et de limiter les pertes en eau au niveau des surfaces d'échanges

(contrôle des ouvertures, imperméabilisation, invagination des surfaces, concentration des urines). C'est aussi l'occasion d'évoquer les adaptations à la vie en milieu aride. Il fallait aussi traiter des adaptations propres aux structures reproductrices, fragiles, à travers une fécondation interne (copulation et siphonogamie) et un développement embryonnaire protégé du milieu extérieur (amnios et graine).

*Les candidats ont souvent évoqué et parfois bien développé les notions liées à la réduction des pertes en eau, notamment l'invagination des surfaces, l'imperméabilisation et les adaptations au milieu aride. Cependant, il ne s'agit pas uniquement de limiter les pertes mais aussi de maintenir un apport, ce qui a été omis dans de nombreuses copies, ne traitant pas de l'approvisionnement en eau. De plus, de façon surprenante, la nature biochimique de certains composants pose souvent problème : cuticules lipidiques d'insectes, cuticules lignifiées chez les angiospermes, la lignine décrite comme polymère glucidique, etc. Enfin, nous rappelons que le rôle majeur du surfactant n'est pas d'hydrater les alvéoles pulmonaires mais d'éviter le collapsus des alvéoles en abaissant la tension superficielle.*

- Adaptation à un milieu de faible densité et faible viscosité

La faible densité du milieu aérien en fait un milieu peu porteur, contrairement au milieu aquatique (où la poussée d'Archimède est plus élevée). Il s'agit alors de présenter les adaptations permettant le maintien et le soutien des organes et de l'organisme, comme la rigidification des matrices extracellulaires. C'est l'occasion de présenter une démarche intégrant toutes les échelles, à travers le lien essentiel entre les propriétés des molécules impliquées (ex. : lignine), celles des tissus (ex. : sclérenchyme) et les conséquences sur le maintien de l'organisme. Il fallait aussi évoquer le maintien des ouvertures (surfactant, anneaux de lignine ou de cartilage, ténidies des insectes).

La faible viscosité du milieu aérien en fait un milieu où le coût énergétique des déplacements est moindre. C'est l'occasion de présenter les structures permettant la locomotion des animaux et le transport du pollen et des graines des angiospermes anémophiles.

*Un certain nombre de candidats a évoqué les structures de soutien mais peu de copies ont présenté un niveau de détails suffisant pour mettre en évidence les relations structure-fonctions aux différentes échelles. Il était par exemple dommage de dessiner un squelette, souvent approximatif d'ailleurs, sans traiter de l'organisation et la composition des os, ni mentionner l'hydroxyapatite. De même, parler du rôle de l'os comme "aide à la locomotion" ne fait sens qu'en mentionnant les tendons, et l'articulation du mouvement via les muscles. On note d'ailleurs de nombreuses confusions entre soutien/maintien et locomotion : l'existence de structures rigides comme adaptations à un milieu porteur est souvent confondue avec l'organisation et la mise en mouvement des membres exploitant la faible viscosité du milieu. On rappelle que les membres chirodiens (autopode, stylopode, zeugopode) sont spécifiques des vertébrés tétrapodes, et ne sont donc pas communs à la vache et au criquet, comme semblent le penser certains candidats.*

- Adaptation à l'exploitation d'un milieu favorable et variable

Le milieu aérien est riche en dioxygène et favorable à la bonne transmission des ondes (lumière, sons, etc.). Les organismes pluricellulaires présentent des adaptations exploitant ces propriétés pour la nutrition (convection bidirectionnelle), la perception (vue, ouïe, etc.) et la communication entre individus (phéromones).

En comparaison avec le milieu aquatique, l'effet tampon du milieu aérien est moindre. Ainsi, certains paramètres (température, humidité, lumière) varient à l'échelle d'une journée ou même d'une année, rendant certaines saisons plus difficiles que d'autres en milieu tempéré. Il s'agissait alors de présenter des adaptations à cette variabilité journalière (homéostasie) et saisonnière, à travers la vie ralentie (hibernation, dormance), la constitution de réserves ou bien la synchronisation de la reproduction (rut du cerf à l'automne, floraisons du printemps).

*Si la majorité des candidats a su correctement traiter de la richesse du milieu aérien en dioxygène, peu ont pensé à traiter de la communication en milieu aérien, qui est facilitée par une bonne transmission des ondes. De même, un nombre non négligeable de candidats a oublié de traiter de la variabilité du milieu aérien, ou l'a traité partiellement, soit en n'évoquant qu'une échelle de variation (journalière ou saisonnière), soit en omettant de préciser explicitement l'avantage évolutif d'une telle adaptation.*

- Aspects évolutifs

Le sujet appelait clairement à traiter le sujet sous un angle évolutif non seulement par une invitation à mettre en avant les convergences évolutives entre les deux taxons, mais aussi directement dans l'intitulé, à travers la notion d'adaptation. Il faut donc être vigilant sur l'emploi de tournures de phrases finalistes ("s'adaptent face aux contraintes du milieu", "pour survivre", "pour trouver des solutions", "afin de palier aux contraintes"), relevant d'une simple maladresse pour certains mais pouvant révéler de fausses conceptions pour d'autres. Il convient de rappeler que les mutations à l'origine de nouveaux allèles résultent d'un processus aléatoire, et que les individus aux caractéristiques avantageuses sont plus susceptibles de se reproduire et donc de transmettre ces caractères dans la population au fil des générations.

Il était attendu que la notion de convergence évolutive soit expliquée de façon explicite et claire, exemple à l'appui au moins une fois dans la copie, et que les convergences soient ensuite pointées dès que l'occasion se présentait (rigidification des matrices extracellulaires, imperméabilisation de surfaces, fécondations internes, synchronisation de la nutrition et de la reproduction aux rythmes saisonniers). Le terme de convergence évolutive s'emploie lorsqu'un caractère non hérité d'un ancêtre commun apparaît indépendamment chez deux taxons soumis à des contraintes environnementales similaires.

*L'aspect évolutif du sujet est un des aspects qui a été le plus souvent négligé et la plupart du temps, n'apparaît que dans l'introduction ou dans la conclusion. Cela va de pair avec l'absence de définition et d'exemples illustrant les convergences évolutives, constatée dans un grand nombre de copies. A l'opposé, certains candidats ont voulu évoquer tout leur cours de biologie*

*évolutive, en intégrant au forceps des notions non pertinentes en tant que telles (par exemple la coévolution).*

### **Compétences évaluées**

- L'introduction

L'introduction permet au candidat d'approcher le sujet, de définir de façon rigoureuse et argumentée les termes qui le composent, de formuler de façon explicite la ou les questions qui guideront son exposé et d'annoncer la progression qu'il va suivre pour y répondre.

*Le jury a été très surpris de ne trouver que très peu de copies ayant pris la peine de définir tous les termes du sujet correctement. Cet attendu a fait pourtant l'objet de rappels nombreux dans les précédents rapports de jury. Nous le rappelons donc à nouveau, il est indispensable de définir dès l'introduction, et pas uniquement dans les brouillons, l'ensemble des termes du sujet, y compris ceux désignant un groupe d'êtres vivants. En plus de faire l'objet de points alloués spécifiquement dans la partie technique du barème, et de faire partie de la première impression du correcteur avec la copie, définir les termes du sujet permet au candidat de réfléchir très tôt aux limites du sujet et ainsi d'éviter au maximum l'écueil du hors-sujet.*

- Traitement de la problématique

Le candidat doit choisir des notions lui permettant de faire progresser son argumentaire, sélectionner un seul exemple pertinent pour illustrer cette notion, et enfin doser le temps qu'il accorde à chacune d'elles en fonction de sa pertinence par rapport au sujet, et ce de manière à pouvoir traiter l'ensemble des aspects du sujet de façon complète, argumentée mais synthétique.

- Plan

La construction du plan est également évaluée dans l'épreuve de synthèse ; on attend que l'enchaînement des parties soit logique, explicité au moyen de transitions pertinentes, et que la progression permette de balayer le sujet dans son ensemble et sans redondances.

*La plupart du temps, les candidats ont opté soit pour un plan par fonctions, soit pour un plan par contraintes. Les titres sont parfois peu notionnels, se résumant aux noms des fonctions, ou aux contraintes. Le jury souhaite rappeler qu'un candidat qui s'oblige à donner des titres informatifs à ses paragraphes peut se rendre compte si son propos est toujours dans le sujet, avant même de s'attaquer à la rédaction du paragraphe ou au dessin des figures. De plus, il a été trop souvent observé dans les plans des candidats la présence de paragraphes nommés « chez les Angiospermes », suivi de « chez les animaux », ce qui permet difficilement de mettre en évidence des convergences évolutives entre eux. Quelques copies ont commencé avec un plan par contraintes, et ont dévié vers un plan par fonction pour la ou les dernière(s) partie(s), ou inversement, ce qui, dans tous les cas manque de cohérence. Quelques copies ont tenté un plan par échelles, ce qui s'est avéré peu adapté ici.*

- Paragraphes

Chaque sous-partie du développement est organisée en paragraphes. Un paragraphe correspond à une seule idée clé, permettant de progresser dans la réponse à la problématique posée. Pour qu'un paragraphe soit considéré complet, la notion doit être argumentée (par une expérience, une observation...), décrite de façon concise et précise (par du texte et/ou un schéma), et explicitement reliée à la problématique. Le jury ne doit pas avoir l'impression que le candidat récite son cours, mais plutôt qu'il va puiser dans ses connaissances des éléments lui permettant de soutenir ses propos.

- Communication rédigée

Le candidat est évalué en fonction de sa capacité à communiquer des éléments de connaissance de façon organisée ; on attend qu'il s'exprime de façon claire, qu'il emploie des termes précis bien choisis, et qu'il soigne son orthographe et sa syntaxe.

*Le jury déplore les nombreuses fautes d'orthographe commises par les candidats, en particulier "le maintient", "le soutient", mais aussi les organismes animaux et végétaux", les "somides", les "enthères", "la syphonogamie", le "collenshyme"... sans compter les fautes d'accord et de conjugaison, qui rendent parfois la lecture des copies ardue.*

- Communication graphique

L'épreuve de synthèse évalue la capacité des candidats à traiter de façon synthétique un sujet vaste. Une communication graphique efficace se révèle un outil précieux pour la réalisation d'un exposé de qualité. Les schémas permettent d'illustrer avec précision et concision des notions parfois complexes. Ces schémas seront valorisés s'ils sont adaptés pour répondre à la question posée (judicieux et en adéquation avec le sujet), de taille suffisante (au moins une demi-page), propres (traits fins, en couleur), annotés (titre, légende, échelle et orientation). Il est dommage de voir de nombreux schémas, certes justes, mais réécrits tels quels à partir du cours des candidats ; ceux-ci doivent s'approprier les schémas appris, de façon à ce qu'ils soutiennent au mieux leur propos. Cela doit se traduire par la suppression sur le schéma des parties non pertinentes pour le sujet, ou en utilisant des codes couleurs adaptés pour faire ressortir les détails utiles pour répondre à la question posée. On précise qu'il est inutile et contre-productif de s'appliquer à faire un schéma s'il est accompagné d'un paragraphe détaillé totalement redondant avec ce schéma. Un bon schéma doit pouvoir être compris de façon autonome, grâce à son titre et ses légendes, il n'est pas redondant avec le texte, mais il remplace plutôt de longs paragraphes rédigés chronophages.

*La plupart des copies des candidats sont propres et soignées. En conséquence, les rares copies peu soignées donnent une impression très négative. Si le nombre de schémas est souvent suffisant, ceux-ci ne sont pas toujours pertinents, et souvent trop peu détaillés. Dans un grand nombre de copies, les schémas n'ont pas été assez soignés et il n'y a pratiquement jamais*

*d'échelle. Le jury tient tout de même à féliciter les candidats qui ont fait preuve d'une réelle maîtrise de l'illustration, avec des schémas fonctionnels, dynamiques et/ou comparatifs très clairs et parfaitement au service de leurs argumentations. Lorsqu'un schéma classique a été explicitement adapté pour le sujet (en faisant le tri entre les notions relevant du sujet ou celles secondaires, à l'aide d'un code couleur par exemple), cela a été systématiquement valorisé.*

- Conclusion

La conclusion doit permettre d'apporter un éclairage clair et synthétique sur le sujet. Il s'agit donc de faire ressortir quelques idées fortes de l'exposé, en les articulant, et en explicitant en quoi l'exposé a permis de répondre à la question initialement posée.

*Une minorité de candidats s'est donnée la peine de rédiger une conclusion correctement articulée et non superficielle. On rappelle qu'une conclusion du type "on a pu voir les adaptations au milieu aérien", une ouverture du type "on pourrait s'intéresser à un autre milieu" n'apporte aucune plus-value à l'exposé.*



	<p><b>1.4 Spécialisations en milieu sec</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- êtres vivants adaptés à la vie en zone aride = stockage d'eau (ex. : parenchyme aquifère des xérophytes), surfaces corporelles hyperspécialisées (feuille des xérophytes, tégument épais des animaux), etc.</li> <li>- adaptation physiologique des angiospermes en C4 = photosynthèse plus efficace permettant de limiter la période d'ouverture des stomates et donc les pertes d'eau.</li> <li>- CONVERGENCE ANGIO/ANIMAUX</li> </ul>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>2. Adaptations à la faible densité, à la faible viscosité du milieu aérien</b></p>	<p><b>2.1 Adaptations à la faible portance du milieu aérien : structures de soutien à l'échelle des organes et de l'organisme</b></p>	<p><b>Maintien et soutien :</b> MEC rigidifiées permettant de soutenir l'organisme et de l'élever au-dessus du sol, avec la paroi lignifiée (sclérenchyme et bois des angiospermes), la cuticule chitineuse (exosquelette du criquet) et les os minéralisés (endosquelette de la vache et de la souris).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire le lien molécule (lignine, chitine, minéralisation osseuse)/tissu (sclérenchyme, bois, tégument, os)/organisme.</li> <li>- CONVERGENCE ANGIO/ANIMAUX</li> </ul>
		<p><b>Ouvertures et béances :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- anneaux maintenant les conduits respiratoires ouverts chez les animaux = anneaux cartilagineux de la trachée de la vache et de la souris, anneaux chitineux des trachées du criquet.</li> <li>- surfactants</li> <li>- Imprégnation de lignine</li> <li>- CONVERGENCE ANGIO/ANIMAUX</li> </ul>
	<p><b>2.2 Adaptations à la faible portance du milieu aérien : utilisation comme milieu de transport</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- soutien de l'embryon par le liquide de la cavité amniotique des animaux vivipares = protection vis-à-vis des chocs</li> <li>- avantage des déplacements dans un milieu à faible viscosité</li> <li>- membres locomoteurs permettant de surélever l'organisme par rapport au sol et limitant l'énergie nécessaire à la locomotion chez les animaux = membres chitiniens de la souris et de la vache, pattes articulées et ailes du criquet.</li> <li>- spécialisation des grains de pollen et des graines chez les angiospermes anémophiles (adaptations à l'anémochorie et à l'anémogamie).</li> </ul>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>3. Adaptations à l'exploitation d'un milieu favorable et variable</b></p>	<p><b>3.1 Adaptations à la composition gazeuse du milieu aérien</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- convection bidirectionnelle pour les échangeurs respiratoires animaux (mammifères, insectes) =&gt; échanges moins efficaces, mais pertes d'eau limitées.</li> <li>- circulation haute et basse pression</li> <li>- diffusion des gaz dans les parenchymes foliaires chez les angiospermes (exemple du parenchyme lacuneux).</li> </ul>
	<p><b>3.2 Adaptations à la bonne transmission des ondes</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- développement de structures permettant de capter CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub> pour la photosynthèse chez les angiospermes.</li> </ul>
	<p><b>3.3 Adaptations à la variabilité du milieu aérien</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- perception : un exemple au choix (vision, ouïe)</li> <li>- protection contre les UV</li> </ul>
	<p><b>3.4 Adaptations à la forte variabilité saisonnière du milieu aérien</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- homéostasie : ex. de la thermorégulation chez certains animaux (souris, vache), notion de boucle de régulation.</li> <li>- synchronisation du cycle de reproduction avec le rythme saisonnier, la période de reproduction permettant le développement de la génération suivante au printemps (exemple de fécondation à l'automne pour une naissance au printemps chez le cerf, graine déshydratée en vie ralentie germant au printemps chez les angiospermes).</li> <li>- CONVERGENCE ANGIO/ANIMAUX</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- adaptations des fonctions de nutrition au rythme saisonnier, avec constitution de réserves (graisses des animaux, amidon ou saccharose des angiospermes par exemple), vie ralentie.</li> <li>- photopériode chez les angiospermes grâce aux phytochromes.</li> <li>- CONVERGENCE ANGIO/ANIMAUX</li> </ul>
	<b>4.1 Définition évolutive de l'adaptation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les génotypes les plus favorables dans le milieu aérien (notion de valeur sélective = meilleure survie, meilleure reproduction en milieu aérien) sont favorisés et se répandent dans la population.</li> <li>- sélection</li> </ul>
	<b>4.2 Adaptation indépendante à une même contrainte : convergence évolutive</b>	- une même contrainte du milieu aérien peut conduire à l'apparition indépendante d'une adaptation similaire dans les lignées menant aux angiospermes et aux animaux.
Idées transversales		Échelles biologiques : moléculaire/cellulaire/individu/écosystème
		Échelles temporelles : temps court (vie des individus), temps long (évolution)
		Mise en relation contrainte --> adaptation ; explicitation d'une contrainte bien menée.
		Notion de compromis adaptatif