

La communication intercellulaire chez les animaux

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 2017 était « *La communication intercellulaire chez les animaux* ».

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.

En écriture droite : les attendus (en terme de notions ou de compétences).

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

Notions attendues

Le sujet proposé cette année se prêtait particulièrement bien à une épreuve de synthèse puisqu'il nécessitait de mobiliser des connaissances provenant des cours de première et de deuxième années, à différentes échelles d'étude du vivant (molécules, cellules, tissus, organes, organisme). La difficulté pour les candidats n'était donc pas de trouver des connaissances en rapport avec le sujet, mais de bien faire le tour des différents aspects du sujet, de concevoir une organisation convenable et de choisir le niveau pertinent de précision des faits exposés pour fournir une vision d'ensemble suffisamment argumentée, dans le temps imparti.

La définition des termes importants permet de cerner le sujet et de le problématiser. En particulier ici, concernant la définition du mot « animaux » qui a posé problème, rappelons qu'il s'agit tout simplement des Métazoaires et ne fait pas référence qu'aux Mammifères ni de manière générale à tous les « eucaryotes pluricellulaires ». De même, la « communication » désigne la transmission d'une information (un message). La communication cellulaire implique fondamentalement une succession d'étapes : l'élaboration et l'émission d'un vecteur du message par une cellule émettrice, un éventuel transport, la réception du messenger par une cellule réceptrice, la transduction du message et la réponse cellulaire, ainsi que l'inactivation du messenger (arrêt du signal). L'adjectif « intercellulaire » permettait de préciser que l'information en question était ici échangée entre deux cellules, et « chez les animaux » impliquait que le candidat se limite aux échanges entre deux cellules de l'organisme métazoaire considéré. L'état fondamentalement pluricellulaire des animaux permettait d'ailleurs de proposer une problématique en lien avec la nécessité de ces échanges informationnels entre différentes cellules d'un même organisme, aux modes de fonctionnement coordonnés et intégrés.

Les paragraphes suivants listent un certain nombre d'idées attendues dans les copies des candidats. Ils ne constituent ni un « corrigé » ni un exemple de plan à suivre, mais définissent l'enveloppe des grands ensembles à aborder.

- Modalités de communication intercellulaire à courte distance

Il s'agit de montrer que des cellules voisines dans l'organisme animal peuvent communiquer soit par contact direct de type ligand-récepteur entre molécules membranaires (par exemple Izumo-Juno) ou de la matrice extracellulaire (par exemple lors de l'interaction spermatozoïde/zone pellucide), soit par jonctions communicantes (jonctions gap ici).

Il fallait aussi aborder la communication paracrine, par émission d'un messager diffusible agissant à courte distance (voire sur la cellule émettrice elle-même : communication autocrine). Cette notion était l'occasion de présenter une mise en évidence expérimentale de l'existence de cette communication, avec par exemple une expérience issue de l'étude du développement embryonnaire des Amphibiens. Notons que la synapse chimique est un exemple de structure de communication paracrine.

Si les jonctions communicantes et la communication paracrine sont généralement évoquées, les copies ne mentionnent que très rarement des interactions directes entre molécules membranaires. Le jury déplore une mauvaise maîtrise des exemples choisis, avec notamment de fréquentes erreurs sur la structure des jonctions gap (confusion connexons/connexines) et sur la nature de facteurs diffusibles paracrines (facteurs de transcription souvent cités). Les jonctions communicantes, souvent citées, sont rarement remises dans un contexte de fonctionnement biologique (par exemple le tissu cardiaque). Les inductions embryonnaires sont souvent l'occasion pour le candidat de réciter une longue partie de cours et une longue liste de molécules inductrices (celles-ci étant parfois qualifiées d'hormones...), sans extraction d'un exemple pertinent et emblématique. Le jury souhaite rappeler que la multiplication des exemples, même corrects, ne peut amener à une bonification dans la notation de la notion concernée.

- Modalités de communication intercellulaire à longue distance

Les communications endocrine et nerveuse trouvent ici leur place avec la présentation, dans chacun des cas, de la nature de la cellule émettrice et du type de vecteur du message, ainsi que de la réception du message par la cellule réceptrice. Un développement chronologique des événements en jeu pour chaque type de communication était donc adapté.

Là encore, il était attendu des candidats qu'ils développent les notions clé à partir d'un exemple emblématique pour chaque type de communication, tout en citant l'éventuelle diversité biologique. Par exemple, pour le cas des hormones, l'existence de deux grands groupes d'hormones (hydrophiles et lipophiles) était attendue, avec la diversité associée des modes de transport et de réception du message. Deux exemples de transduction du signal au niveau de la cellule cible étaient donc attendus ici.

Concernant le message nerveux, il fallait présenter la cellule spécialisée qu'est le neurone, et en quoi sa spécialisation permet une communication avec une autre cellule à longue distance. Pour cela, il fallait développer ce qu'est le potentiel d'action axonal (variation du potentiel membranaire stéréotypée), ainsi que son mode de propagation (par régénération de proche en proche) unidirectionnel (par la nature des canaux impliqués). La transmission du message au niveau synaptique (cas des synapses chimiques) était aussi attendue, avec la conversion d'un message de nature électrique en messager chimique, le neurotransmetteur.

Pour les hormones, il fallait évoquer la synthèse et la sécrétion de l'hormone par une cellule endocrine, puis le transport sanguin (impliquant une dilution du message et, dans le cas des hormones lipophiles, une prise en charge particulière) et enfin l'action sur un récepteur spécifique présent sur ou dans une cellule cible.

De nombreuses copies ne mentionnent pas l'existence des hormones, ou bien confondent les hormones avec les facteurs paracrines précédemment évoqués. Celles qui évoquent effectivement la communication endocrine se basent le plus souvent sur un seul exemple (essentiellement l'insuline) limitatif. L'acétylcholine est plusieurs fois citée comme exemple d'hormone. Les étudiants ont eu visiblement du mal à rassembler leurs connaissances sur le sujet, sûrement à cause du traitement de la communication hormonale non pas dans un seul chapitre du programme, mais dans plusieurs parties, aussi bien en 1^{ère} qu'en 2^{ème} année.

La communication nerveuse est quant à elle plutôt bien traitée, avec de bonnes connaissances sur le potentiel d'action et la transmission synaptique (synapse chimique). Des schémas fonctionnels de qualité ont été réalisés au sein de cette partie, mais on peut regretter que très peu de schémas de synapse évoquent la destruction du messager et donc la fin du message (catalyse du clivage de l'acétylcholine par l'acétylcholine estérase).

Les candidats qui ont fait le choix de proposer une dernière partie sur l'importance des communications intercellulaires dans le fonctionnement de l'organisme animal ont souvent été redondants, voire hors-sujet dans l'explication du fonctionnement de boucles de régulation. Il était plus judicieux d'utiliser ces exemples au fur et à mesure que les communications en jeu étaient évoquées. Ces exemples de fonctionnement intégrés permettaient par ailleurs d'insister sur le fait que différents modes de communication sont souvent associés dans la réalisation d'une fonction particulière, comme la régulation de la pression artérielle.

- Caractéristiques comparées des modes de communication intercellulaire et contrôles associés

Il était attendu qu'au cours de sa copie le candidat prenne du recul par rapport aux mécanismes cellulaires et moléculaires évoqués pour comparer les mécanismes en question, dégager des caractéristiques propres à chaque type de communication et ainsi aboutir à des concepts fondamentaux en terme d'échanges d'information.

Etaient attendues des comparaisons en terme de spécificité de communication (aussi bien en terme d'émission du message, de réception que de réponse), de codage du message, de durée de communication et de vitesse de déplacement du messager.

Ces comparaisons permettaient de donner du sens biologique à la diversité des modes de communication mis en jeu dans l'organisme animal, à différentes échelles de temps et d'espace.

Si le codage du message et la spécificité des récepteurs mis en jeu au niveau de la cellule réceptrice ont en général été évoqués (quoique rarement développés), les autres points n'ont été traités que dans de rares et bonnes copies, témoignant alors pour le jury d'un recul et d'une réflexion appréciables de la part du candidat.

Le jury regrette que les structures et phénomènes biologiques en jeu ne soient que rarement quantifiés. Quand ils le sont, certaines erreurs sont fréquentes, aussi bien en terme de taille (confusion sur les schémas entre des échelles micrométriques et nanométriques) qu'en terme de temps (durée d'un PA neuronal à plusieurs centaines de ms) ou encore de vitesse (vitesse du message nerveux estimée à quelques cm/s dans certaines copies).

Des détails intéressants apparaissent parfois dans les schémas (gaine de myéline, diamètre de la fibre nerveuse, variation de dilution du messager...) sans que cela ne soit relevé par ailleurs dans le texte ni remis en contexte dans le fonctionnement de l'organisme.

Concernant les idées transversales (dernière partie de la grille de notation), les échelles spatiales sont dans l'ensemble bien maîtrisées, avec une majorité de copies qui obtient le point de l'item en question. En revanche, les exemples choisis ne permettent pas toujours d'aborder toutes les phases du cycle de développement (certaines copies oublient de parler des particularités de la communication intercellulaire de l'organisme en développement, avant la mise en place du système nerveux et circulatoire). L'interconnexion des communications de différents types dans certains processus vitaux (notamment les boucles de régulation) est le plus souvent oubliée, ou du moins non soulignée. Les mises en évidence expérimentales bien exposées et pertinentes sont elles aussi trop rares.

Compétences évaluées

- L'introduction

L'introduction permet au candidat d'amener le sujet, de définir de façon rigoureuse et argumentée les termes du sujet, 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.

Peu d'introductions présentaient tous ces aspects. Les amorces sont souvent artificielles et peu ciblées et les définitions des termes du sujet, lorsqu'elles sont présentes, sont très approximatives. Le terme « communication » a été souvent confondu avec « échanges », entraînant ensuite la rédaction de parties hors-sujet. Le terme « animaux » a lui aussi été défini de façon très approximative ; beaucoup de candidats définissent animal par « tout ce qui n'est pas végétal » ou bien par « ce qui est eucaryote pluricellulaire ». Rares ont donc été les introductions permettant d'amener de façon convenable la suite du devoir.

- 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.

Les termes du sujet ayant souvent été mal définis en introduction, rares sont les copies ayant traité de façon transversale et complète le sujet proposé. Les copies ayant confondu « communication » avec « échanges » se perdent dans de longues parties sur la membrane plasmique et ses protéines de transport ou sur les échanges de nutriments entre cellules. Ces hors sujets pénalisent les candidats en ce sens qu'ils leur font perdre du temps, et les empêchent de consacrer pleinement au sujet posé. Trop souvent, les candidats développent des parties de cours sans explicitement les relier avec la problématique qu'ils ont posée. Par exemple, les parties entières sur les transports membranaires ou sur la structure de la membrane sont fréquentes. Le candidat doit garder en tête que chaque paragraphe doit lui permettre d'avancer dans son raisonnement. Il est ainsi nécessaire de sélectionner, parmi toutes ses connaissances, les plus pertinentes pour traiter la problématique. La multiplication des exemples n'apporte pas de « points supplémentaires » et fait perdre un temps précieux au candidat.

- 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.

Malheureusement, les copies ressemblent parfois à des juxtapositions, plus ou moins logiques, des

différentes parties du programme qui traitent de communication. Dans ces cas-là, les transitions entre parties, quand elles sont présentes, sont artificielles.

Beaucoup de candidats tentent un plan original en essayant de traiter le sujet de façon très transversale, mais dans ce cas le contenu est souvent redondant. Les meilleures copies ont un plan simple, par type de communication ou par distance émetteur / récepteur, et dans lequel l'importance biologique est intégrée au cours de l'exposé. Ce type de plan a permis aux candidats de balayer le sujet de façon complète et sans redites.

On notera que les plans, relativement nombreux, proposant une dernière partie « Exemples d'intégration de communications intercellulaires à l'échelle de l'organisme » sont maladroits car ils obligent à reprendre des idées préalablement traitées, ce qui est chronophage ; il est plus judicieux d'intégrer les exemples dans le devoir, en même temps que les notions auxquelles ils se rapportent.

Le jury a donc valorisé les exposés qui présentaient une organisation logique, cohérente et soutenue par des transitions pertinentes. Enfin, le jury tient à préciser qu'une division du plan en parties et sous-parties (voire un 3^{ème} niveau) est particulièrement pertinente et permet de structurer efficacement l'exposé.

- 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 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.

Le jury déplore le manque de mises en évidence expérimentales ; certains candidats semblent considérer qu'une simple référence à une expérience historique (« comme le montre la célèbre expérience de Loewi... ») constitue une mise en évidence du phénomène. On attend que le candidat s'appuie, au moins pour un exemple, sur une véritable démarche scientifique pour justifier ses propos (hypothèse, principe de l'expérimentation, interprétation et conclusion). L'épreuve de synthèse implique certes d'être concis mais une argumentation rigoureuse est indispensable et elle s'appuie sur l'exposé de faits précis et pertinents.

- 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 apprécie cette année le soin notable apporté aux copies : peu de ratures, copies aérées, écriture lisible, choix d'une couleur par niveau hiérarchique pour les titres...

*Le jury regrette cependant l'emploi multiplié de tournures finalistes ; on conseille par exemple aux candidats de remplacer les tournures telles que « les animaux communiquent **pour** ... » par « la communication **permet** aux animaux de... ».*

- 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 récités 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 si c'est pour ensuite s'attarder à rédiger un paragraphe détaillé décrivant ce même 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.

Le jury remarque (et apprécie) cette année un réel effort d'illustration de la part des candidats, en terme de qualité et de quantité. Il est conseillé aux candidats d'utiliser des couleurs assez foncées (pour les schémas et pour le texte), car le scan des copies peut faire disparaître les jaunes, bleu turquoise, ou les parties faites aux crayons de couleurs. Par ailleurs, on conseille de ne pas réaliser de schémas en mode « paysage » car la lecture de la copie sur l'écran d'ordinateur est un peu moins aisée pour le correcteur.

- 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.

La plupart des candidats, n'ayant pas pris le temps de préparer leur conclusion au brouillon, se trouvent pris par le temps et se contentent de répéter le plan annoncé en introduction. L'ouverture attendue en fin de conclusion est souvent très artificielle ; rares sont les copies qui se sont affranchies de l'ouverture sur les végétaux. On ne voit généralement pas ce que l'étudiant a retenu de sa composition, et aucun message fort et clair n'en ressort.

Éléments de notation

		Points	
totaux	techniques de synthèses	21	
	notions exposées	46	
	total initial	67	
Savoir Faire	introduction (définition correcte animal et communication, problématique)	4	
	conclusion (idée force - ouverture non artificielle)	2	
	traitement problématique en adéquation avec le sujet	2	
	plan général - cheminement - enchaînements [argumentation, exemples, titres...] cohérence // <i>le candidat a produit au moins deux paragraphes répondant aux attendus : points max.</i>	4	
	unité paragraphique (construction paragraphes ; cohérence et adéquation entre titre/idée/support de l'argumentation)	2	
	communication rédigée (soin, orthographe, clarté, concision)	3	
	communication graphique (quantité, qualité, exploitation)	4	
	sous-total	21	
1. Modalités de communication intercellulaire à courte distance	1.1 La communication avec contact direct, par interaction entre molécules membranaires	<i>Sur un exemple pertinent et détaillé</i>	
		Cellule émettrice = cellule exprimant un ligand membranaire. Messenger = ligand membranaire. Cellule réceptrice = cellule possédant le récepteur au ligand de la cellule émettrice. Conséquence pour la cellule réceptrice = transduction et réponse.	2
	1.2 La communication avec contact direct, par les jonctions communicantes	<i>Sur un exemple pertinent et détaillé (exemples : jonctions GAP entre blastomères pendant la segmentation // jonctions GAP entre cardiomyocytes)</i>	
		Cellule émettrice = cellule stimulée (auto-stimulée dans le cas des cellules nodales du cœur). Messenger = différence de potentiel électrique transmembranaire. Cellule réceptrice = cellule voisine connectée par une jonction GAP. Conséquence pour la cellule réceptrice = transmission de la stimulation.	3
	1.3 La communication paracrine, par des molécules diffusibles	<i>Sur un exemple pertinent et détaillé (exemples : induction du mésoderme lors du dvpt embryonnaire // régionalisation des somites et différenciation du myocyte squelettique // vasodilatation des artères musculaires sous l'effet du monoxyde d'azote)</i>	
	Cellule émettrice = cellule sécrétant le facteur diffusible. Messenger = facteur diffusible. Cellule réceptrice = cellule cible munie d'un récepteur spécifique. Notion de compétence. Conséquence pour la cellule réceptrice = transduction et réponse.	5	
	total :	10	
2. Modalités de communication intercellulaire à longue distance	2.1 La communication endocrine (ou hormonale)	<i>Sur un exemple pertinent et détaillé (exemple : régulation de la glycémie // réponse à une hémorragie, avec action des hormones angiotensine II, aldostérone et vasopressine (ADH))</i>	
		Cellule émettrice = cellule d'une glande endocrine, produisant et sécrétant l'hormone dans le sang en réponse à un stimulus.	2
		Messenger = hormone (2 types : hydrophile et lipophile), transportée par le sang dans le système circulatoire.	2

		Cellule réceptrice = cellule cible possédant des récepteurs à l'hormone. Conséquence pour la cellule réceptrice = cascade de transduction conduisant à une réponse.	4
	2.2 La communication nerveuse	<i>Sur un exemple pertinent et détaillé (exemples : envoi des informations sensorielles depuis les organes des sens jusqu'au système nerveux central // envoi des informations motrices depuis le système nerveux central vers l'appareil locomoteur // ajustement de la pression artérielle, boucle du baroréflexe)</i>	
		Cellule émettrice = un neurone, générant des messages électriques sous forme de potentiels d'action (PA) en réponse à une stimulation. Caractéristiques du PA.	2
		Transport du message électrique = propagation des PA	2
		Conversion du message électrique en message chimique à la synapse = exocytose des vésicules de neurotransmetteur (NT), libération dans la fente synaptique.	4
		Cellule réceptrice = une cellule postsynaptique présentant des récepteurs au NT. Conséquence pour la cellule réceptrice = cascade de transduction menant à une réponse.	2
	total :		18
3. Le contrôle et la variété de la communication intercellulaire permettent le fonctionnement intégré de l'organisme animal	3.1 Spécificité de la communication	Spécificité d'émission : message "privé" (forcément adressé à une ou plusieurs cellules cibles : jonctions GAP, com. nerveuse) ou message "public" (potentiellement capté par une multitude de cellules : com. paracrine et hormonale)	1
		Spécificité de réception : dépend de la spécialisation membranaire des cellules, en particulier de l'expression de protéines spécifiques permettant la réception (récepteurs membranaires) et la transduction du message par les cellules cibles.	2
		Spécificité de réponse : dépend du type de récepteur exprimé. Exemple des cellules musculaires, avec synapses à récepteurs nicotiques (stimulation de la contraction) OU à récepteurs muscariniques (inhibition de la contraction) à l'acétylcholine.	
	3.2 Codage du message	Codage en concentration de substances diffusibles (com. paracrine, hormonale, transmission synaptique).	1
		Codage en fréquence de potentiel d'action (com. nerveuse, jonctions GAP).	1
	3.3 Durée de la communication	Message transitoire dans le cas de la com. nerveuse et des jonctions GAP : repolarisation rapide de la membrane après chaque potentiel d'action, destruction rapide du neurotransmetteur dans la fente synaptique. Message plus durable dans le cas de la com. paracrine et hormonale : durée dépendante de la demi-vie de la molécule informative.	2
	3.4 Vitesse de la communication	Communication rapide dans le cas de la com. nerveuse et des com. par contact direct. Dépendance au diamètre et à la myélinisation de l'axone pour la com. nerveuse.	2
		Communication plus lente dans le cas de la com. paracrine et hormonale, liée au temps incompressible de diffusion (paracrine) ou de transport par le sang (endocrinie) de la molécule informative support du message.	1
Succession des divers types de communication suivant la vitesse de réaction nécessaire : exemple des réactions à l'hémorragie à différentes échelles de temps.		1	

	<i>total :</i>		11
	Idées transversales, concepts généraux	Importance biologique : - construction de l'organisme (fécondation, dvpt) - fonctionnement de l'organisme (homéostasie, contrôles et régulations) - réponse à un stimulus extérieur	4
		Intégration à l'échelle de l'organisme	1
		Mise en évidence expérimentale // <i>au moins une bonne mise en évidence expérimentale citée = total des points</i>	2
	<i>total :</i>		7
TOTAL :			46