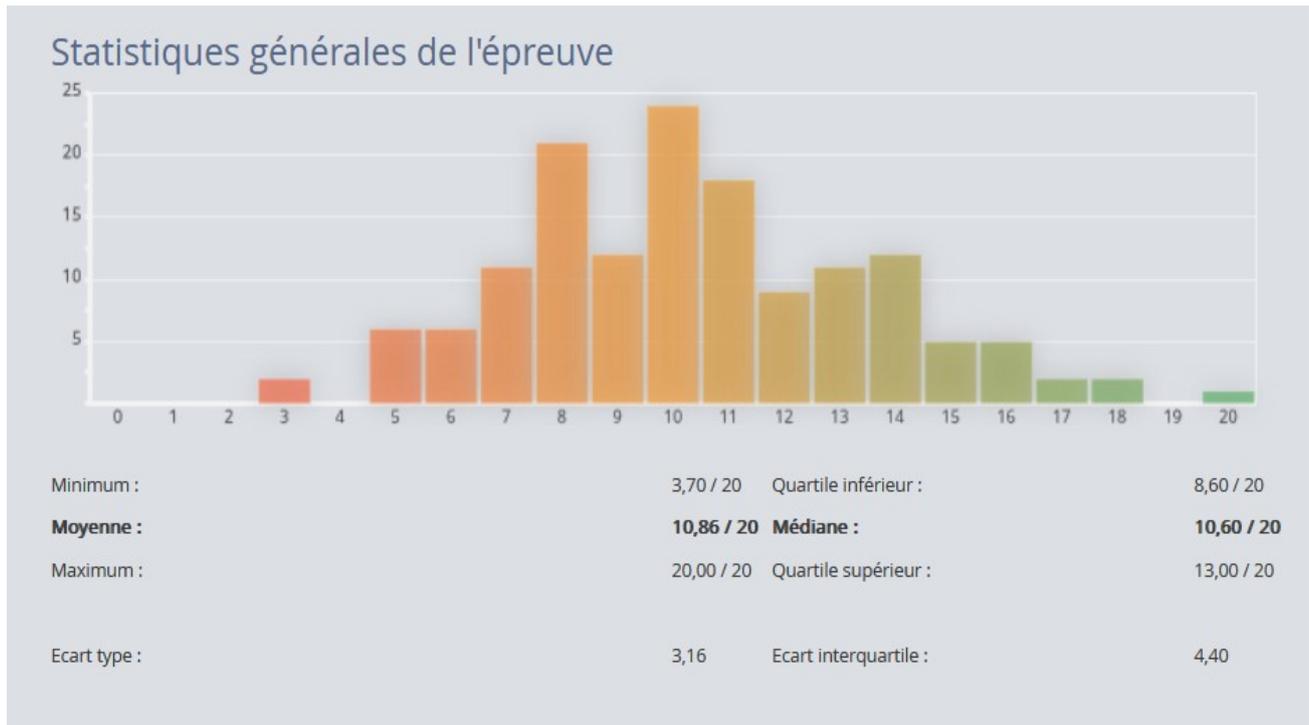


## CONCOURS A-TB – 2023

### Rapport de l'épreuve écrite de Sciences de la Vie et de la Terre



#### I. L'épreuve : présentation générale et notation

L'épreuve portait sur le poulpe et les Céphalopodes. Elle comprenait trois parties : une partie sur les génomes des Céphalopodes, une partie sur le fonctionnement des bras du poulpe et une partie sur les ventouses du poulpe et les mécanismes de perception du poulpe par ces organes.

Cette année, le sujet portait donc sur de la biologie. Il a permis d'évaluer des connaissances et des capacités sur différents thèmes : SV-D Génomique structurale et fonctionnelle, SV-I Évolution, SV-G-2 Communications intercellulaires chez les animaux et SV-C Membranes.

Cette épreuve permettait d'évaluer la capacité des candidats à construire une argumentation par une analyse des documents proposés, guidée par des questions ciblées.

La notation a pris en compte les réponses aux différentes questions en s'appuyant sur l'évaluation des compétences mises en œuvre pour chacune d'elles.

Ces compétences sont regroupées en 5 items :

- **A. Extraire des informations**

Est évaluée ici l'aptitude à analyser des documents variés (photographies, graphiques, etc.) et à hiérarchiser les informations. L'analyse doit être synthétique, mais rigoureuse et précise (avec une

analyse quantitative des résultats), basée sur la comparaison préalable avec les témoins. Une attention à la prise en compte de la variabilité et du caractère significatif des résultats est attendue.

• **B. Identifier un problème, le résoudre, proposer une conclusion / hypothèse**

Cette compétence correspond à la mobilisation d'un raisonnement permettant aux candidats, à partir des analyses effectuées et de leurs connaissances, de proposer une(des) hypothèse(s) explicative(s), une conclusion. Pertinence des interprétations et cohérence du raisonnement proposé, points essentiels de la démarche, sont évalués ici.

• **C. Relier les documents entre eux, donner un sens global**

Est évaluée ici l'aptitude des candidats à articuler entre elles les informations extraites des documents pour faire émerger une cohérence globale. La progression du raisonnement d'un document à l'autre et l'insertion dans une problématique scientifique plus large sont notées ici.

• **D. Communication graphique : réaliser un schéma, un dessin**

Deux schémas étaient demandés dans ce sujet. On teste ici la capacité du candidat à interpréter un mécanisme et à le représenter. Il ne s'agit pas de faire un schéma purement théorique.

• **E. Communication : qualité de l'expression**

La forme du devoir est le point pris en compte dans cet item : capacité du candidat à présenter des idées de façon concise, en utilisant un vocabulaire précis et en soignant la syntaxe et l'orthographe ; le soin apporté à la copie est également évalué.

## II. Observations générales

Globalement, la forme de l'exercice est bien maîtrisée. Les copies sont le plus souvent soignées, et assez bien rédigées. Cependant, le jury a noté une détérioration de l'orthographe, souvent trop approximative, avec de nombreuses fautes rendant parfois la lecture des copies pénible. Les schémas demandés ont été soignés et bien réalisés dans l'ensemble.

Le jury a cependant noté quelques maladresses récurrentes :

- L'argumentation doit s'appuyer sur l'exploitation des résultats et certaines expressions telles que « jouer un rôle », « avoir une influence » ou « les résultats permettent de dire que » ne sont pas suffisamment informatives et ne permettent pas d'argumenter la réponse si elles ne s'appuient pas sur une exploitation rigoureuse des données. Ainsi l'expression « avoir une influence » peut correspondre à une augmentation ou à une diminution du paramètre étudié et ne peut se suffire à elle-même.

- Si la mise en évidence des limites de certains documents peut être pertinente, la critique en règle de chaque document n'est pas judicieuse.

- Dans de nombreuses copies, les documents sont paraphrasés et décrits longuement sans être mis en lien avec une quelconque exploitation des données. Cela conduit à la formulation de réponses extrêmement longues, parfois deux pages pour une question, qui apportent peu de points et mettent le candidat en difficulté pour terminer l'épreuve.

- Des connaissances précises des notions du programme, mais aussi des méthodes expérimentales utilisées, sont nécessaires pour réussir l'épreuve.

## III. Attendus concernant le sujet

### Partie A : Les génomes des Céphalopode

1.1. *Calculer la longueur moyenne d'un gène de O. minor, puis la longueur totale cumulée des gènes.*

Un gène eucaryote est généralement un gène morcelé, constitué d'une mosaïque d'exons et d'introns. Le gène débute et se termine par un exon, et deux exons sont séparés par un intron. Le nombre moyen d'exons par gène est de 5 chez *O. minor*, ce qui conduit à une taille moyenne de gène correspondant à 5 exons séparés par 4 introns, soit un total de 23 000 pb. Pour la longueur cumulée, on multiplie par le nombre de gènes et on obtient  $0,69 \cdot 10^6$  pb.

*Le calcul a très rarement été réalisé. La connaissance de la structure d'un gène morcelé ne semble pas bien assimilée par la majorité des candidats.*

1.2. *La longueur totale cumulée des gènes qui vient d'être calculée représente environ 14 % de la taille du génome d'O. minor, qui est de  $5 \cdot 10^9$  pb. Préciser à quoi correspondent des séquences qui ne sont ni des exons, ni des introns.*

Il s'agit d'une question de cours dans laquelle était attendues : des séquences impliquées dans l'expression des gènes (promoteurs, *silencers*, *enhancers*) ; des séquences hautement répétées structurant le chromosome (ADN satellite, télomères, centromères) ; des séquences moyennement répétées (par exemple des transposons).

*Les réponses à cette question ont généralement été incomplètes.*

1.3. *Placer, sous la forme d'une étoile, le ou les événements ayant permis l'expansion des gènes de la famille des protocadhérines sur l'annexe 1, qui reproduit le document A1.*

Toutes les espèces ont plus d'un gène codant les protocadhérines, toutes les espèces ont donc ce caractère à l'état dérivé. Une expansion importante a eu lieu chez l'ensemble huître/patelle/poulpe et chez l'humain, mais pas chez l'oursin. On pouvait placer l'étoile à la base de l'arbre avec une réversion chez l'oursin, ou placer deux étoiles pour la branche Mollusque et pour l'homme.

*La question a souvent été mal comprise avec l'analyse des gènes des protocadhérines mais aussi des autres familles de gènes.*

**2.2. Nommer le (ou les) mécanisme évolutif en jeu ici.**

Des duplications sont à l'origine de la multiplication des gènes de la famille. On peut proposer une convergence évolutive entre l'homme et les Mollusques qui présentent de très nombreux gènes dans la famille ; ou une réversion chez l'oursin.

*Question souvent mal traitée par les candidats.*

**Partie B : Les bras du poulpe, des organes autonomes ?**

**3. À partir d'une analyse de l'expérience précédente, identifier les rôles du SNC et du SNP dans le contrôle du mouvement du bras du poulpe.**

Dans les deux cas, section du bras ou non, le coude se forme (flèche jaune) et le bras s'étend. L'ordre de grandeur du temps nécessaire pour le déploiement du coude est le même.

Le cordon coupé n'empêche donc pas le mouvement du bras du poulpe, qui se fait correctement sans intervention du SNC. Le mouvement du bras du poulpe est contrôlé par le SNP.

On observe qu'en absence de stimulation, le bras ne bouge pas, le déclenchement du mouvement est dû à un signal en provenance du SNC.

*Question inégalement réussie. Certains candidats ont interprété les légères différences de temps de prises des clichés et ont abouti à des conclusions erronées. Il apparaît que l'analyse de résultats*

présentés sous forme de clichés et non de données chiffrées posent plus de difficultés aux candidats, qui ont souvent passé du temps à décrire les observations sans les analyser.

4.1. **Préciser quel est le ou les stimulus que l'on cherche à tester ici.**

Le stimulus testé ici est la vue, puisque les compartiments sont transparents mais isolés, ce qui empêche la chimioréception.

Question bien traitée dans l'ensemble. Cependant la réponse n'était pas systématiquement justifiée. On rappelle que toute réponse doit être argumentée. Par ailleurs, certains candidats confondent stimulus et mécanisme en proposant le test de la mémoire ou de l'apprentissage.

4.2. **Calculer la probabilité théorique d'un essai réussi si l'animal dirige son bras au hasard dans l'un des trois compartiments. (On fait l'hypothèse que l'engagement d'un bras dans le bon compartiment aboutit systématiquement à une réussite).**

Il y a 3 compartiments, donc une chance sur 3 d'essai réussi, soit une probabilité de 1/3.

Question réussie.

4.3. **Préciser l'importance de travailler sur plusieurs individus.**

Travailler sur plusieurs individus est nécessaire pour avoir des résultats significatifs en éliminant, ou en limitant, l'influence des variations interindividuelles (influence du sexe de l'animal, de son génotype, de ses apprentissages précédents...)

Question inégalement traitée par les candidats, qui, malgré leur propre expérience de TIPE, apportent souvent peu d'arguments pertinents.

4.4. **Calculer la probabilité de cinq essais réussis consécutifs si l'animal dirige son bras au hasard. Donner les résultats sous la forme d'une fraction.**

Les essais sont indépendants, on obtient une probabilité de  $(1/3)^5$ , ce qui donne 1/243.

Question inégalement réussie, malgré le calcul correct de la question 4.2. Les applications numériques sont parfois étonnantes...

4.5. **Identifier le ou les animaux qui ont appris le plus vite et celui ou ceux qui ont le mieux appris.**

Les animaux qui ont appris le plus vite sont le mâle 6 et la femelle 5 car ils ont obtenu 9 réussites et 11 échecs sur les 20 premiers essais. Les animaux qui ont le mieux appris sont la femelle 4 et le mâle 4, qui obtiennent 13 et 14 réussites et 7 et 6 échecs pendant les 10 derniers essais.

Question globalement réussie par les candidats.

**Quelle fonction du SNC est-elle mise en évidence par l'observation des résultats obtenus avec les animaux identifiés à la question précédente ?**

Les fonctions mises en évidence sont l'intégration des signaux (visuels ici) et l'élaboration d'une réponse par le SNC, ainsi que la mémorisation et l'apprentissage.

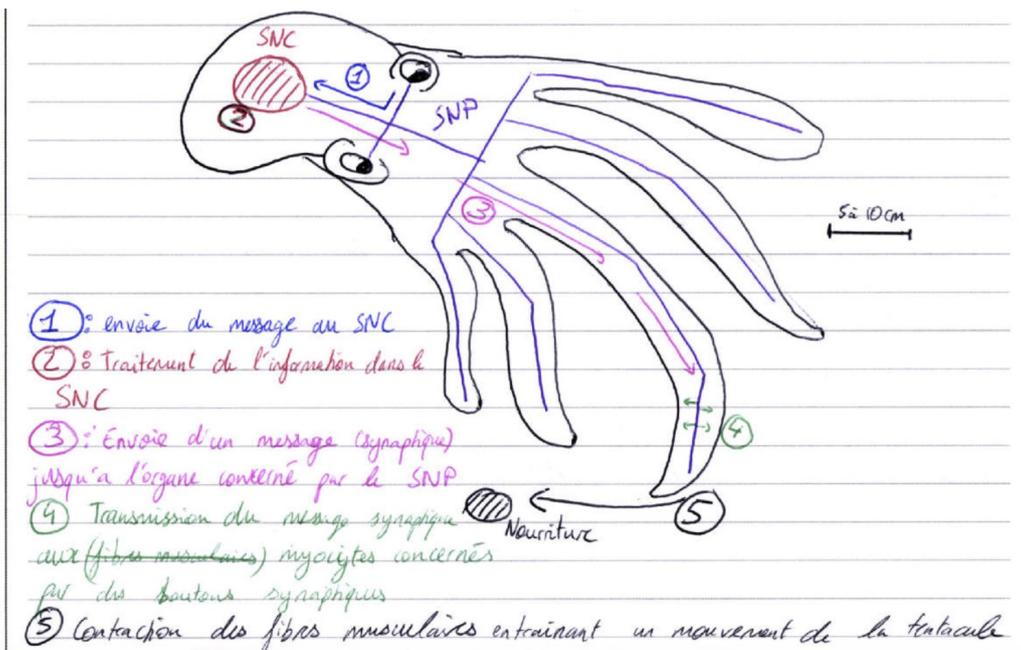
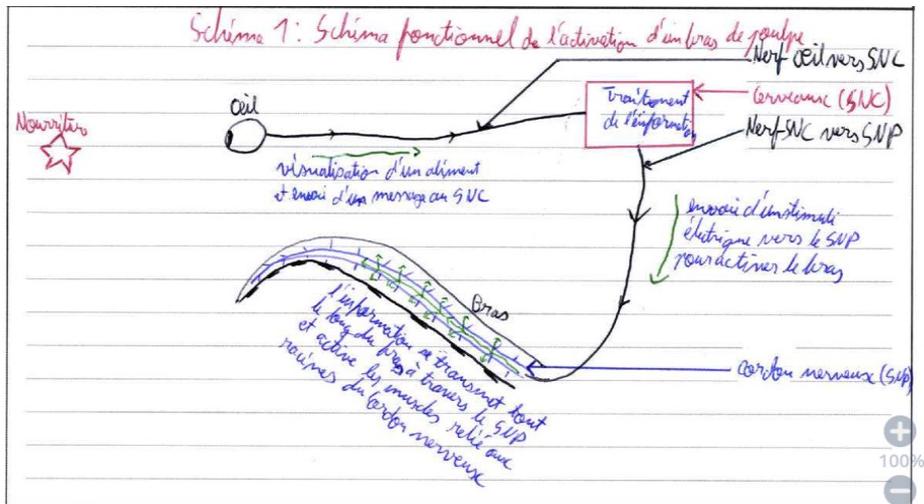
Question globalement réussie par les candidats.

4.7. **Réaliser un schéma fonctionnel pour montrer la participation du SNC et du SNP du poulpe dans la réalisation d'une tâche motrice.**

Le schéma attendu devait montrer, au sein d'un schéma de poulpe, les rôles respectifs du SNC (vision, intégration, transmission d'un message au SNP, apprentissage), et du SNP (élaboration du mouvement

du bras du poulpe); le stimulus visuel; la circulation des messages afférent / sensoriel et efférent / moteur ; l'autonomie du mouvement du bras contrôlé par le SNP.

Exemples de schémas réalisés par les candidats



## Partie C : Les ventouses, organes du « toucher-goûter »

### 5.1. Interpréter l'expérience présentée au document C2. Proposer une hypothèse expliquant les différences constatées.

La force d'adhérence des ventouses sur un support donné est comparée à celle sur une boîte de Pétri (référence de l'expérience). Les ventouses n'adhèrent ni sur un bras de poulpe avec sa peau, ni sur la peau de poulpe déposée dans une boîte de Pétri. La non-adhérence des ventouses sur la peau de poulpe peut diminuer le risque pour le poulpe d'emmêler ses bras. Les ventouses adhèrent faiblement au bras pelé sans peau (30 % de l'adhérence témoin) et fortement à la peau de poisson ce qui permet la prédation par le poulpe. Les propriétés d'adhérence des ventouses expliquent donc que les bras du poulpe permettent la prédation sans que les bras s'emmêlent.

*Question incomplètement traitée : les candidats ont bien décrit les résultats mais peu de copie ont relié les propriétés d'adhérence des ventouses aux informations biologiques données dans l'introduction de la partie.*

**5.2. À la lumière de votre interprétation et du schéma fonctionnel réalisé à la question 4.7, expliquer les résultats contradictoires des documents C2 et C3.**

On a donc vu que les ventouses du poulpe n'adhèrent pas à la peau de poulpe, qu'elle provienne du même animal ou d'un congénère. Dans l'expérience du document C3, le bras dont l'adhérence est testée est toujours lié à l'animal, il n'a pas été amputé. On observe alors des résultats différents de ceux du document C2 : les ventouses s'attachent à la peau de poulpe, avec une fréquence de 37 % si les deux bras viennent du même individu et avec une fréquence de 94 % lorsque les bras viennent de deux individus différents. L'adhérence plus fréquente à la peau d'un congénère lorsque le bras est lié à l'animal s'explique par le rôle de la vision et du SNC dans la reconnaissance du congénère. Cette capacité du poulpe à adhérer différemment à lui-même ou à un congénère permet la reconnaissance entre animaux (fonction de reproduction par exemple).

*Question inégalement traitée par les candidats, qui n'ont pas tous bien distingué les conditions expérimentales et les grandeurs mesurées différentes dans les deux expériences.*

**6. Identifier la fonction de chaque type cellulaire A et B.**

On étudie 3 types de cellules de l'épithélium des ventouses par patch clamp en voltage imposé. Cette technique permet de mesurer les courants ioniques traversant un morceau de membrane plasmique isolé. Par convention, ici, une inflexion de la courbe mesurant le courant transmembranaire correspond à une entrée de cations dans la cellule, donc une dépolarisation membranaire.

Un stimulus mécanique entraîne une dépolarisation membranaire de la cellule B mais pas des cellules A et C.

Un stimulus chimique (extrait de poisson) entraîne une dépolarisation membranaire de la cellule A mais pas des cellules B et C.

Les cellules A détectent donc les stimulus chimiques et les cellules B détectent des stimulus mécaniques. La présence des deux types cellulaires A et B dans les ventouses peut expliquer le « toucher-goûter » par les ventouses.

*Cette question d'électrophysiologie a été globalement mal traitée malgré une identification généralement correcte des fonctions des types cellulaires. En effet, la rédaction de l'analyse des résultats montre que les candidats maîtrisent globalement imparfaitement la technique de patch clamp employée.*

**7. Expliquer en quoi le profil d'expression des sous-unités atypiques conforte l'hypothèse de leur implication dans le « toucher-goûter » du poulpe.**

L'analyse de l'expression des gènes codant les sous-unités des récepteurs nicotiques à l'acétylcholine montre que les gènes des sous-unités classiques sont exprimés fortement dans le système nerveux et dans les cordons nerveux du SNP, ainsi que pour certaines d'entre elles dans la rétine ou ponctuellement dans d'autres organes. Ce profil est cohérent avec le rôle des AchR dans la transmission des messages nerveux au niveau de synapses.

Les sous-unités atypiques sont exprimées fortement dans les ventouses uniquement. Ces sous-unités pourraient ainsi être impliquées dans la sensibilité du « toucher-goûter » spécifique des cellules de types A et B des ventouses.

*Question généralement correctement traitée, malgré des imprécisions de rédaction et de vocabulaire (gène, ARNm...)*

8.1. ***Sur l'annexe 2 (à rendre avec la copie), indiquer, pour les acides aminés indiqués en gras, les substitutions conservatives par un cercle et celles non conservatives par un cercle barré.***

On compare les séquences en acides aminés du gène codant la sous-unité  $\alpha$  de nAChR classique humaine et une sous-unité  $\alpha$  atypique de poulpe. Au niveau des acides aminés en gras, les 2 cystéines en vert sont conservées. Les acides aminés en rouge ont tous subi des substitutions non conservatives ou des délétions, sauf le dernier acide aminé de la séquence (Y et L : famille des acides aminés hydrophobes).

*Question bien traitée, quand elle a été comprise. Des candidats n'ont pas su quoi comparer ni comment représenter leurs observations.*

8.2. ***Conclure sur la capacité attendue des récepteurs constitués des sous-unités atypiques à lier l'acétylcholine.***

La région de fixation de Ach de la sous-unité atypique présente la boucle fermée par pont disulfure mais 9 sur 10 des acides aminés essentiels à la fixation de Ach sont modifiés. On peut supposer que les récepteurs atypiques ne seront pas capables de lier Ach.

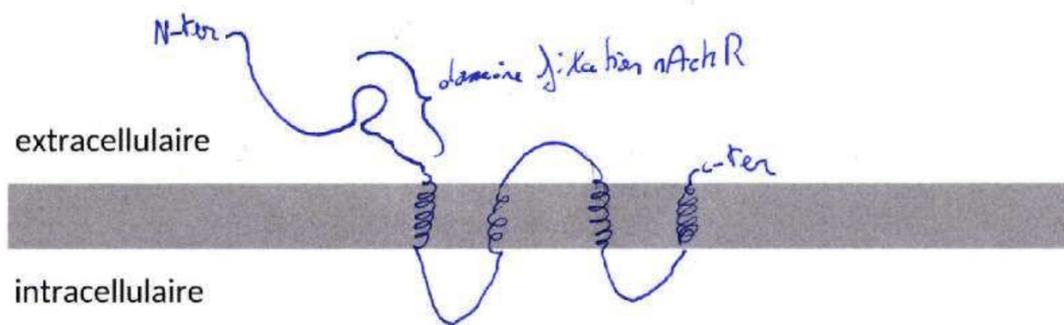
*Question relativement bien traitée*

9. ***À partir du document C7, représenter la topologie de la sous-unité atypique CR266, c'est-à-dire la succession des segments transmembranaires et la position – cytosolique ou extracellulaire – des extrémités N et C-terminales (déduire ces positions de celle de la région homologue au domaine de liaison de l'acétylcholine, qui sera indiqué). Dessiner le polypeptide par un simple trait sur l'annexe 3 (le rectangle gris représente la bicouche lipidique).***

4 segments transmembranaires (I, II, III et IV) étaient indiqués pour faciliter la lecture du profil d'hydrophatie de la sous-unité nAChR atypique du poulpe. On attendait le schéma d'une protéine réalisant 4 traversées de la membrane. Pour l'orientation, la région de fixation de Ach doit être localisée dans la région extracellulaire du polypeptide. Ceci impose de placer l'extrémité N-terminale dans le milieu extracellulaire, puis de tracer 4 traversées de la membrane reliées par des boucles, et de finir avec l'extrémité C-terminale également dans le milieu extracellulaire.

*Question très rarement réussie. Très peu de schémas ont correctement représenté les 4 traversées de la membrane et seule une poignée de candidats a bien représenté le polypeptide et correctement orienté les extrémités.*

*Exemple de schéma réalisé par les candidats*



10.1. ***Préciser l'effet de l'acétylcholine sur les ovocytes exprimant la sous-unité AchR humaine et sur ceux exprimant la sous-unité atypique de poulpe CR840.***

On étudie la réponse de récepteur nAChR à la présence d'acétylcholine selon le type de sous-unité présente dans ce récepteur : classique, atypique ou sans AchR (les cellules transfectées sont des ovocytes de Xénope).

En absence de sous-unité, on observe la réaction de la membrane témoin aux variations de voltage imposé. La courbe en présence d'Ach est parfaitement superposée à la courbe basale, les cellules ne répondent pas à Ach, ce qui est normal.

En présence de sous-unité classique, la courbe en présence d'Ach est modifiée par rapport à la courbe basale : l'intensité de courant varie de façon linéaire avec la variation du voltage imposé, Ach a provoqué l'ouverture du canal AchR et la membrane est perméable aux cations.

En présence de sous-unité atypique par contre, Ach n'induit pas de différence significative par rapport à la courbe basale, les récepteurs atypiques ne répondent pas à la présence d'Ach, ce qui était attendu (question 8.2).

10.2. ***Même question pour l'extrait de poisson.***

On étudie la réponse des différents récepteurs nAChR à la présence d'extrait de poissons.

En absence de sous-unité, on observe la réaction de la membrane témoin aux variations de voltage imposé. La courbe en présence d'extrait de poisson est parfaitement superposée à la courbe basale, les cellules ne répondent pas.

En présence de sous-unité atypique, la courbe en présence d'extrait de poisson est modifiée par rapport à la courbe basale : l'intensité de courant varie avec la diminution du voltage imposé lorsqu'il est négatif, l'extrait de poisson a provoqué l'ouverture du canal AchR. Les récepteurs atypiques induisent des courants ioniques faibles en présence d'extrait de poisson (en comparaison de la réponse de AchR classique à Ach).

En présence de sous-unité classique par contre, l'extrait de poisson n'induit pas de différence significative par rapport à la courbe basale, les récepteurs atypiques ne répondent pas à l'extrait de poisson, ce qui était attendu.

10.3. ***Conclure sur la fonction des sous-unités atypiques AchR de poulpe.***

Les sous-unités atypiques sont impliquées dans la chémoréception (extrait de poisson) mais ne sont pas impliquées dans la détection de Ach.

*L'ensemble de la question 10 a été très peu réussie, peu de candidats arrivent à analyser ce genre de courbes obtenues en méthode de patch clamp en voltage imposé.*

**11.1. Analyser le document C9 quant à l'expression des sous-unités atypiques dans les cellules de l'épithélium des ventouses.**

On détecte l'expression de 3 types de sous-unités atypiques de AchR de poulpe dans des cellules épithéliales de ventouses par HIS. Cette technique permet de mettre en évidence les ARN messagers transcrits dans les différentes cellules, dont la présence est ici observée par fluorescence. On observe que les 3 sous-unités étudiées ne sont pas exprimées dans les mêmes cellules, mais aussi que la plupart des cellules expriment plusieurs sous-unités différentes : les cellules 1 et 3 expriment CR737 et CR518, les cellules 4 et 5 expriment CR840 et faiblement CR518.

*Question incomplètement traitée. Le fait que l'expression varie entre cellules a été observé par de nombreux candidats, mais peu ont observé la coexpression de plusieurs sous-unités différentes dans les mêmes cellules.*

**11.2. Expliquer comment l'expérience d'immunoprécipitation du document C10 démontre l'existence d'un complexe récepteur membranaires formé par les deux types de sous-unités. Appuyer votre raisonnement par un schéma.**

À partir de la coexpression de constructions CR840-HA et CR828-HA ou CR840-HA et CR828-FLAG on étudie l'association des sous-unités par immunoprécipitation avec un anticorps anti-FLAG.

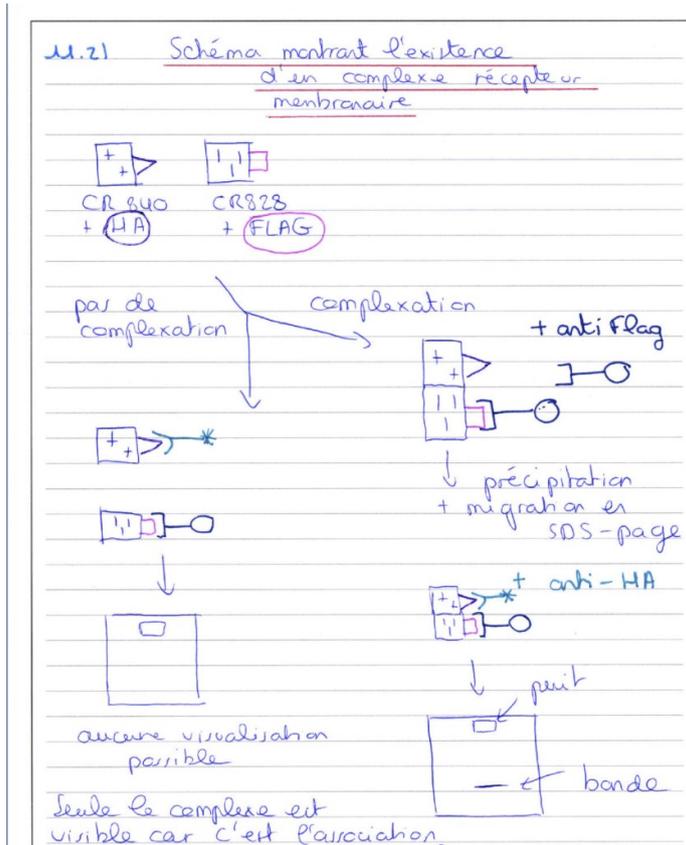
L'anticorps permet la précipitation des sous-unités CR828-FLAG, associées ou non avec d'autres sous-unités.

Dans le cas de la coexpression de constructions CR840-HA et CR828-HA, on n'observe pas de protéine marquée par l'épitope HA après immunoprécipitation et électrophorèse. L'anticorps anti-FLAG n'a pas permis la précipitation en absence d'épitope FLAG, c'est le témoin.

Dans le cas de la coexpression de constructions CR840-HA et CR828-FLAG, on observe une protéine marquée par l'épitope HA après immunoprécipitation et électrophorèse. L'anticorps anti-FLAG a permis la précipitation de CR828-FLAG. Puisqu'on observe une protéine marquée par HA, il s'agit de CR840, qui a donc précipité avec CR828. Les deux sous-unités sont associées en complexe dans les cellules.

*Peu de candidats sont arrivés jusqu'à cette question avec assez de temps pour la traiter correctement.*

*Exemples de schémas réalisés par les candidats*



12.1. **En exploitant le document C11A, expliquer l'intérêt évolutif de la diversification des gènes codant des sous-unités nAChR atypiques dans la lignée des Céphalopodes..**

Dans le document C11A, on observe que l'expression de deux sous-unités atypiques différentes induit des réponses des cellules (courant ionique entrant de sodium = dépolarisation membranaire) à des composés chimiques différents. Par exemple, l'expression de CR840 induit une réponse à l'isoamylacétate et à la chloroquine, tandis que l'expression de CR518 induit une réponse à la chloroquine et à la plupart des terpénoïdes.

Diversifier les gènes codant les sous-unités atypiques permet d'agrandir la palette de composés chimiques détectables par les ventouses du poulpe.

*Question généralement non traitée, ou de façon très superficielle.*

12.2. **En exploitant le document C11B, expliquer l'intérêt de la coexpression de sous-unités nAChR atypiques différentes dans une même cellule de l'épithélium des ventouses du poulpe. En quoi cela accroît-il la richesse de la perception sensorielle du poulpe ?**

Dans le document C11B, on observe la réponse des nAChR à la chloroquine ou au nootkatone selon leur composition en sous-unités. Pour cela on fait exprimer une seule ou deux sous-unités atypiques dans des cellules.

On observe que les intensités des courants ioniques observés en réponse à la présence des composés chimiques varie selon que les sous-unités sont exprimées seules ou coexprimées.

La coexpression permet ainsi de moduler l'intensité des réponses à la présence des composés et d'enrichir la sensibilité de la perception chimique des ventouses du poulpe.

*Question généralement non traitée, ou de façon très superficielle.*