Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SVT, veuillez visiter :
bac-maths-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Sciences de la vie et de la Terre

Session 2021 • Métropole • Jour 1

Code sujet **21SVTJ1ME2** 3 h 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — Diversification des génomes au cours de l’évolution
1 réponses • sujet p. 2–2

Exercice 1 — Réflexe et mouvement
1 réponses • sujet p. 3–3

Exercice 2 — Vitesse de raccourcissement des cellules musculaires
1 réponses • sujet p. 4–7

Exercice 2 — Les mycorhizes : une association symbiotique
1 réponses • sujet p. 8–12

Les numéros, parties et pages renvoient au sujet original. Chaque réponse rappelle la consigne, explique la démarche et donne le résultat.

Exercice 1

7 points

Diversification des génomes au cours de l’évolution

Question QUESTION

Sujet p. 2

> Expliquer les mécanismes qui permettent d’enrichir le génome des eucaryotes. Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des expériences, des observations, des exemples pour appuyer votre exposé et argumenter votre propos.

Démarche. Le génome peut s’enrichir de plusieurs façons : des séquences peuvent être copiées ou acquises, et des séquences déjà présentes peuvent être modifiées. Pour être transmises à la descendance chez les espèces à reproduction sexuée, ces modifications doivent notamment toucher les cellules à l’origine des gamètes. Les mécanismes qui créent les variations sont à distinguer de la sélection naturelle et de la dérive génétique, qui influencent ensuite leur devenir dans les populations.

Les mutations créent de nouvelles variantes de séquences. Une substitution, une insertion ou une délétion de nucléotides peut modifier un gène ou une séquence régulatrice. Une mutation ne rallonge pas nécessairement le génome, mais elle en modifie l’information. Elle peut, par exemple, changer la séquence d’une protéine ou modifier le niveau d’expression d’un gène. Les mutations ne sont pas orientées vers les besoins de l’organisme ; leurs effets peuvent être défavorables, neutres ou avantageux.

Les duplications de gènes produisent des copies susceptibles de diverger. Un crossing-over inégal lors de la méiose peut, par exemple, conduire à la duplication d’un gène sur un chromosome et à sa perte sur l’autre. Les deux copies présentes dans une cellule peuvent ensuite accumuler des mutations indépendamment : l’une peut conserver la fonction initiale, tandis que l’autre acquiert une fonction différente ou se spécialise. La famille des gènes des globines illustre l’existence de gènes apparentés, dont les ressemblances et les différences de séquence sont compatibles avec des duplications successives suivies d’une divergence. La duplication augmente le nombre de copies d’ADN et fournit ainsi des séquences susceptibles d’évoluer séparément.

À une échelle plus grande, une anomalie de répartition des chromosomes peut conduire à une polyploïdie, c’est-à-dire à la présence de plusieurs jeux de chromosomes. La duplication de l’ensemble du génome ajoute alors des copies de nombreux gènes. De tels événements ont contribué à l’évolution de nombreuses plantes ; les copies peuvent ensuite diverger au cours des générations.

Les éléments transposables peuvent multiplier ou déplacer des séquences. Ces éléments d’ADN sont capables de changer de position dans le génome ; certains peuvent se recopier avant de s’insérer à un nouvel endroit. Ils peuvent ainsi augmenter la quantité d’ADN et, selon leur emplacement, interrompre un gène ou modifier son expression. Les travaux expérimentaux de Barbara McClintock sur le maïs ont mis en évidence des éléments mobiles : leurs déplacements peuvent modifier l’expression de gènes impliqués dans la pigmentation des grains, ce qui rend compte de motifs colorés variables. Cette observation illustre l’effet de ces éléments sur l’organisation et l’expression du génome, sans signifier que toute insertion apporte une fonction avantageuse.

Des gènes peuvent aussi être acquis par transfert. Les mitochondries et les chloroplastes dérivent d’anciennes bactéries intégrées dans des cellules ancestrales. Au cours de l’évolution, une partie des gènes de ces bactéries a été transférée vers le génome nucléaire de la cellule hôte. La présence de génomes propres aux mitochondries et aux chloroplastes, ainsi que de gènes nucléaires apparentés à des gènes bactériens, est cohérente avec cette origine endosymbiotique et ces transferts. Ceux-ci ont contribué à enrichir le génome nucléaire des eucaryotes.

Bilan. Les génomes eucaryotes peuvent être enrichis par des mutations, des duplications de gènes ou de génomes suivies de divergence, l'activité d'éléments transposables et l'acquisition de gènes par transfert, notamment lors de l'endosymbiose. Ces mécanismes n'ont pas tous le même effet : certains augmentent directement la quantité d'ADN, tandis que d'autres modifient l'information ou son expression. La sélection naturelle et la dérive génétique influencent ensuite le devenir des variations héréditaires, mais ne sont pas les mécanismes qui les créent.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le génome des eucaryotes peut s'enrichir par des mutations, des duplications de gènes ou de génomes suivies de divergence, l'activité d'éléments transposables et l'acquisition de gènes par transfert, notamment lors de l'endosymbiose. Certains de ces mécanismes augmentent la quantité d'ADN ; d'autres modifient l'information ou son expression. La sélection naturelle et la dérive influencent ensuite le devenir des variations héréditaires ainsi apparues.

Exercice 1

7 points

Réflexe et mouvement

Question QUESTION

Sujet p. 3

> Expliquer comment, suite à la percussion d'un tendon, la sollicitation de structures nerveuses et musculaires aboutit à un mouvement. Vous rédigerez un texte argumenté. Vous appuierez votre exposé et argumenterez votre propos à partir d'expériences, d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.

Démarche. Il faut suivre la chaîne reliant la percussion du tendon rotulien à la détection d'un étirement, puis à l'activation des muscles et au mouvement du genou. Le réflexe rotulien est un réflexe d'étirement, rapide et involontaire, dont l'intégration principale se fait dans la moelle épinière.

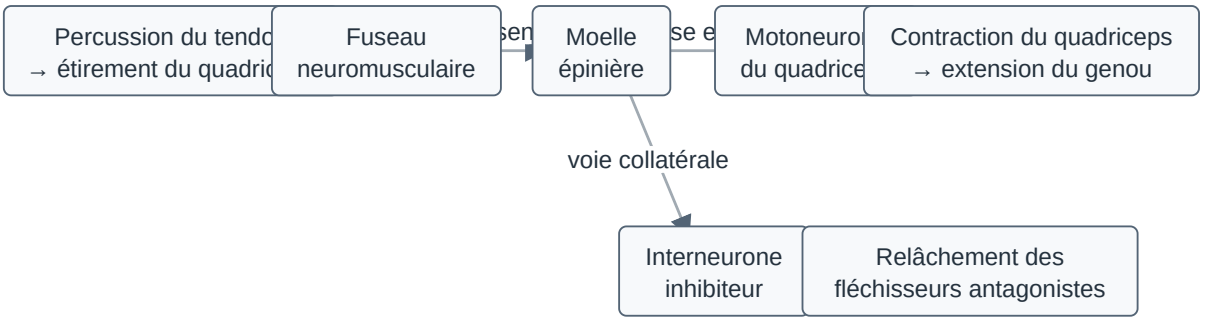
De la percussion au message sensitif. La percussion du tendon patellaire transmet une traction au quadriceps et provoque son étirement bref. Cet étirement est détecté par les fuseaux neuromusculaires, des récepteurs sensoriels situés dans le muscle. Des fibres sensitives, notamment de type Ia, conduisent alors des potentiels d'action vers la moelle épinière, par un nerf sensitif et la racine dorsale.

Intégration médullaire et commande motrice. Dans la moelle, le neurone sensitif établit une synapse excitatrice directe avec un motoneurone commandant le quadriceps : la voie réflexe principale est monosynaptique. Le message moteur repart vers le muscle par la racine ventrale et un nerf moteur. En parallèle, une collatérale du message sensitif active un interneurone inhibiteur, qui réduit l'activité des motoneurones des muscles antagonistes fléchisseurs. Cette inhibition réciproque facilite l'extension de la jambe.

Du message moteur au mouvement. À la jonction neuromusculaire, le motoneurone libère de l'acétylcholine et déclenche un potentiel d'action dans les fibres musculaires. Celui-ci entraîne la libération de calcium dans les fibres, permettant les interactions entre actine et myosine et le raccourcissement des sarcomères. Le quadriceps se contracte ; sa traction sur la patella et sur l'appareil tendineux provoque l'extension du genou.

Éléments d'argumentation. L'observation recherchée lors de l'examen est une extension brève de la jambe après la percussion : elle est cohérente avec l'activation réflexe du quadriceps. Si la voie sensitive ou l'intégration médullaire est interrompue, le message déclencheur ne peut plus activer normalement le motoneurone ; si la voie motrice est interrompue, le muscle ne reçoit plus la commande et ne peut produire cette réponse. Ces conséquences montrent que le mouvement dépend du fonctionnement coordonné des récepteurs musculaires, des voies nerveuses et des muscles. Le cerveau peut recevoir l'information et moduler le réflexe, mais la réponse ne nécessite pas une décision volontaire préalable.

Arc réflexe rotulien



La voie principale active le quadriceps ; une voie parallèle inhibe les muscles fléchisseurs antagonistes.

RÉPONSE À RETENIR

La percussion du tendon patellaire étire brièvement le quadriceps. Les fuseaux neuromusculaires détectent cet étirement et envoient un message sensitif à la moelle épinière. Celui-ci excite directement les motoneurones du quadriceps, dont le message moteur déclenche la contraction du muscle par l'interaction de l'actine et de la myosine : la jambe s'étend au niveau du genou. Une voie passant par un interneurone inhibe simultanément les muscles fléchisseurs antagonistes et facilite le mouvement. Le réflexe rotulien met donc en jeu des récepteurs musculaires, des voies nerveuses sensitives et motrices et une intégration médullaire.

Exercice 2

8 points

Vitesse de raccourcissement des cellules musculaires

Question QUESTION

Sujet p. 4, 5, 6, 7

> À partir de l'exploitation de l'ensemble des documents et de l'apport des connaissances nécessaires, proposer une hypothèse expliquant les vitesses de raccourcissement différentes des cellules musculaires. Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.

Démarche. Le raccourcissement d'une cellule musculaire résulte du glissement des filaments d'actine par rapport aux filaments de myosine. Ce glissement repose sur des cycles répétés d'interaction entre l'actine et les têtes de myosine, qui utilisent l'ATP. On peut donc proposer que la vitesse de raccourcissement varie selon les propriétés de la myosine présente dans les cellules, en particulier selon la rapidité de ses cycles.

1. Des cellules musculaires peuvent contenir différentes formes de chaîne lourde de myosine. Dans le document 1, les molécules extraites sont séparées par électrophorèse : les plus légères migrent le plus loin à partir de la zone de dépôt située en haut. Les pistes a, b, d, e et f, chacune issue d'une cellule, présentent chacune une bande à une position donnée. La piste c, qui contient un mélange de cellules, montre plusieurs bandes. Leur position correspond aux différentes formes indiquées sur la figure : MHC-IIA, MHC-IIX, MHC-IIB et MHC-I. Ces observations montrent que différentes cellules peuvent contenir différentes formes de chaîne lourde de myosine.

2. Les cycles actine-myosine permettent le raccourcissement. Le document 2 illustre des têtes de myosine qui se fixent à l'actine et exercent une traction : le filament d'actine glisse par rapport au filament de myosine, ce qui diminue la distance entre les filaments et contribue au raccourcissement de la cellule. Les filaments ne se raccourcissent pas eux-mêmes. Le cycle fait intervenir l'ATP : sa fixation sur la myosine permet le détachement de la tête de l'actine ; l'hydrolyse de l'ATP en ADP et phosphate remet la tête dans un état permettant un nouveau cycle. La répétition des tractions entraîne le glissement. Comme l'indique le document 2, davantage de cycles réalisés pendant une même durée permet un raccourcissement plus important.

3. Les formes de myosine sont associées à des vitesses différentes. Le document 3 compare les vitesses maximales de cellules musculaires de chien selon leur chaîne lourde de myosine. La lecture du graphique donne environ 0,7 unité de longueur par seconde pour MHC-I, 1,9 pour MHC-IIA, 2,4 pour MHC-IIX et 2,7 pour MHC-IIB. Les cellules associées à MHC-I se raccourcissent donc bien moins vite que celles associées aux formes MHC-II. Le document précise que toutes les différences sont statistiquement significatives, sauf celle entre MHC-IIX et MHC-IIB : on ne peut donc pas affirmer que ces deux vitesses diffèrent significativement.

4. La vitesse d'hydrolyse de l'ATP est liée à celle du raccourcissement. Dans le document 4, les mesures réalisées sur des muscles de plusieurs espèces de mammifères montrent une tendance générale croissante : lorsque la vitesse d'hydrolyse de l'ATP par la myosine augmente, la vitesse de raccourcissement augmente aussi. Par exemple, les points correspondant aux vitesses d'hydrolyse les plus élevées, autour de 5 à 7 unités arbitraires, indiquent des vitesses de raccourcissement pouvant atteindre environ 20 à 25 $\mu m \cdot s^{-1}$. Les points sont dispersés autour de la tendance : il s'agit d'une relation générale, et non d'une correspondance exacte pour chaque mesure. Ce résultat est cohérent avec l'hypothèse qu'une myosine réalisant plus rapidement ses cycles peut produire davantage de tractions par unité de temps.

5. La boucle 2 pourrait contribuer aux différences entre myosines. Le document 5a situe la boucle 1 près du site de fixation de l'ATP et la boucle 2 près du site de fixation sur l'actine. Selon le document 5b, les boucles 1 des différentes chaînes lourdes présentent peu de différences de fonctionnement. En revanche, le

remplacement expérimental de la boucle 2 d'une forme de myosine par celle d'une autre forme modifie la vitesse d'hydrolyse de l'ATP. Les séquences alignées montrent également des différences entre les formes de MHC dans la région correspondant à la boucle 2. Les chercheurs proposent que cette boucle influence la durée pendant laquelle l'actine reste attachée à la myosine et, indirectement, la durée d'un épisode de raccourcissement. Les documents soutiennent donc un rôle de la boucle 2, sans établir à eux seuls tous les détails du mécanisme moléculaire.

Conclusion. Les documents associent les différentes formes de chaîne lourde de myosine à des vitesses de raccourcissement différentes et montrent une relation globale entre hydrolyse de l'ATP et raccourcissement. Les différences de séquence et de fonctionnement de la boucle 2 pourraient modifier l'interaction actine-myosine et la durée des cycles, contribuant ainsi aux différences de vitesse entre cellules musculaires.

RÉPONSE À RETENIR

Hypothèse : les vitesses différentes de raccourcissement des cellules musculaires s'expliquent en partie par les formes de chaîne lourde de myosine qu'elles contiennent. Ces formes ont des propriétés différentes de cycle actine-myosine et d'hydrolyse de l'ATP. Une myosine dont les cycles se déroulent plus rapidement peut effectuer davantage de tractions sur l'actine par unité de temps et permettre un raccourcissement plus rapide. Les différences de la boucle 2, située près du site de fixation sur l'actine, pourraient contribuer à ces propriétés en influençant la durée de l'interaction actine-myosine et, indirectement, la dynamique du cycle.

Cette hypothèse est étayée par le document 3 : la vitesse associée à MHC-I est d'environ 0,7 unité de longueur par seconde, contre environ 1,9 pour MHC-IIA, 2,4 pour MHC-IIX et 2,7 pour MHC-IIB ; toutefois, la différence entre MHC-IIX et MHC-IIB n'est pas statistiquement significative. Le document 4 montre également une relation globale croissante entre vitesse d'hydrolyse de l'ATP et vitesse de raccourcissement. Le document 5 indique que le remplacement de la boucle 2 modifie la vitesse d'hydrolyse de l'ATP et propose un lien avec la durée d'attachement à l'actine.

Exercice 2

8 points

Les mycorhizes : une association symbiotique

Question QUESTION

Sujet p. 8, 9, 10, 11, 12

> Montrer que l'association mycorhizienne entre un champignon et un végétal chlorophyllien profite aux deux partenaires. Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.

Démarche. Une association mycorhizienne profite aux deux partenaires si les documents montrent des bénéfices pour le végétal et un transfert de matière vers le champignon. On examine donc les effets sur les ressources, la croissance et la protection de la plante, puis le devenir du carbone produit par celle-ci.

1. Le végétal bénéficie de l'association. Le document 1 (page 8) montre des filaments du champignon formant un manteau autour des racines : les deux partenaires sont étroitement associés. Dans l'expérience du document 3a (page 10), des plantules d'Eucalyptus reçoivent pendant une semaine une solution contenant de l'ammonium marqué au ^{15}N. À 7 jours, le graphique indique environ 12 mg de ^{15}N incorporé par gramme de matière fraîche chez les plantules non mycorhizées, contre environ 22 à 28 mg/g selon le champignon associé. Le traceur retrouvé dans les plantules montre que la mycorhization favorise l'incorporation de l'azote fourni. Le champignon peut notamment contribuer à l'exploration du sol et à l'accès aux ressources minérales ; l'expérience établit un effet favorable sur l'absorption, sans démontrer à elle seule le mécanisme précis de cet effet.

Les mesures du document 2 (pages 8-9) sont cohérentes avec un avantage pour la croissance. Au jour 120, les plants de Rhododendron mycorhizés ont environ 24 mm de longueur racinaire, contre environ 10 mm pour les plants non mycorhizés. Ils présentent aussi environ 21 feuilles contre 12, et environ 12 racines contre 5. Les valeurs sont des moyennes et le document précise que les incertitudes viennent de la variabilité des mesures ; les graphiques montrent néanmoins des valeurs supérieures pour les plants mycorhizés à ces échéances.

La mycorhization est également associée à une meilleure protection contre l'agent pathogène *Phytophthora cinnamomi* (documents 4a et 4b, pages 11-12). Douze semaines après contamination, le taux de mortalité des plants de pin est d'environ 12 % chez les plants mycorhizés, contre 80 % chez les plants non mycorhizés (document 4a). Le document 4b précise que, 3 jours après le contact avec le pathogène, l'infection touche 0 % des racines entourées d'un manteau mycélien complet, 25 % de celles avec un manteau partiel et 100 % des racines non mycorhizées. Après 10 jours, les proportions sont respectivement de 6 %, 43 % et 100 %. La fréquence d'infection plus faible lorsque le manteau est présent, et plus faible encore lorsqu'il est complet, indique qu'il constitue une barrière protectrice, sans supprimer totalement l'infection dans tous les cas.

2. Le champignon bénéficie aussi de l'association. Dans le document 3b (pages 10-11), les parties aériennes d'un pin mycorhizé sont exposées à du CO_2 marqué au ^{14}C. Quarante-huit heures plus tard, l'autoradiographie révèle du carbone marqué dans les parties souterraines de la plante mycorhizée, au niveau des racines et de la zone où elles sont associées aux filaments mycéliens. Le végétal a fixé le carbone atmosphérique par photosynthèse puis une partie du carbone marqué a été transférée vers l'association souterraine. Cela fournit au champignon du carbone organique, ressource qu'il ne peut pas produire par photosynthèse. L'autoradiographie suit le carbone dans l'association, sans isoler séparément les tissus du champignon et ceux de la racine.

Bilan. Les documents montrent donc des bénéfices réciproques : le champignon favorise l'incorporation de ressources minérales par le végétal et contribue à sa croissance et à sa protection ; en retour, le végétal photosynthétique transfère du carbone organique à l'association, dont bénéficie le champignon.

RÉPONSE À RETENIR

La mycorhize est une association étroite entre les racines d'un végétal et les filaments d'un champignon, qui peuvent former un manteau autour des racines (document 1). Elle profite au végétal : dans l'expérience du document 3a, les plantules d'Eucalyptus mycorhizées incorporent davantage d'azote ^{15}N issu de l'ammonium que les plantules non mycorhizées. Chez le Rhododendron, au jour 120, les plants mycorhizés ont environ 24 mm de racines, 21 feuilles et 12 racines, contre environ 10 mm, 12 feuilles et 5 racines chez les plants non mycorhizés. Enfin, après contamination, la mortalité des pins est d'environ 12 % chez les plants mycorhizés contre 80 % chez les non-mycorizés ; l'infection des racines diminue aussi lorsque le manteau mycélien est présent, surtout s'il est complet.

Le champignon reçoit en retour du carbone organique produit par le végétal. Après exposition d'un pin mycorhizé à du CO_2 marqué au ^{14}C, le carbone marqué est retrouvé dans les parties souterraines de l'association. Il a été fixé par photosynthèse puis transféré vers la zone des racines et des filaments mycéliens ; cette ressource profite au champignon, qui ne photosynthétise pas.

Ainsi, le végétal bénéficie d'une meilleure acquisition de ressources et d'une protection accrue, tandis que le champignon reçoit du carbone organique. L'association mycorhizienne profite donc aux deux partenaires.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2021/spe-sciences-vie-terre-2021-metro-cand-libre-1-sujet-officiel.pdf
© FormaV EI • Proposition de correction, distincte d'un corrigé officiel.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.