

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2021

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

LUNDI 7 JUIN 2021

Durée de l'épreuve : **3 h 30**

L'usage de la calculatrice et du dictionnaire n'est pas autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Le candidat traite au choix :

L'un des deux exercices 1

ET

L'un des deux exercices 2

**Vous traiterez au choix un des deux exercices 1
Vous préciserez l'exercice choisi sur votre copie**

EXERCICE 1 : Diversification des génomes au cours de l'évolution (7 POINTS)

La biodiversité actuelle est une étape de l'histoire évolutive du vivant et est le résultat de différents processus. Parmi ceux-ci, certains ont contribué à enrichir les génomes des êtres vivants.

QUESTION :

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.

EXERCICE 1 :**Réflexe et mouvement****(7 POINTS)**

Lors d'une consultation médicale, un médecin peut être amené à vérifier le bon fonctionnement du système nerveux. Il percute le tendon rotulien du patient au niveau du genou afin de rechercher un mouvement normal de sa jambe en réponse à la percussion.

QUESTION :

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.

Vous traiterez au choix un des deux exercices 2
Vous préciserez l'exercice choisi sur votre copie

EXERCICE 2 : vitesse de raccourcissement des cellules musculaires (8 POINTS)

Selon l'activité motrice effectuée, les mouvements mis en jeu s'appuient sur la réalisation de contractions plus ou moins rapides. On cherche à comprendre ce qui détermine la vitesse de raccourcissement des cellules musculaires.

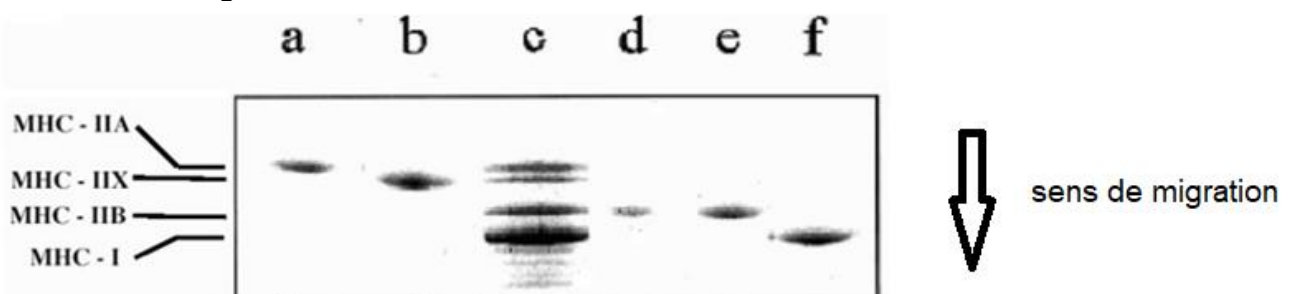
QUESTION

A 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.

Document 1 : électrophorèse¹ des chaînes lourdes de la myosine de différentes cellules musculaires

Diverses cellules musculaires sont isolées à partir de muscles de rats ; les chaînes lourdes de myosine (MHC pour « Myosin Heavy Chain ») en sont extraites et subissent une électrophorèse suivie d'une coloration les faisant apparaître en noir. Chacune des pistes a, b, d, e et f correspond aux MHC extraites d'une seule cellule venant d'un muscle donné. La piste c révèle les MHC extraites d'un mélange de cellules issues de divers muscles de rats.

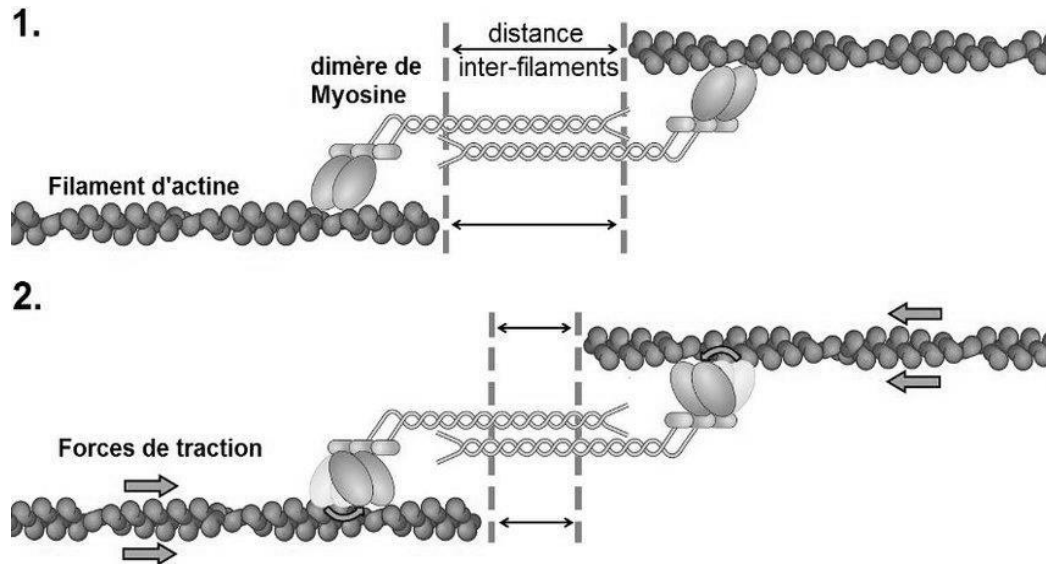


Source : d'après Weiss et al., J.Biol. Chem. 276, 45902-45908, 2001

¹électrophorèse : technique permettant de faire migrer dans un champ électrique des molécules chargées électriquement. Plus les molécules sont légères et plus loin elles migrent en partant de la zone de dépôt en haut de l'image.

Document 2 : intervention de la myosine dans le raccourcissement de la cellule musculaire

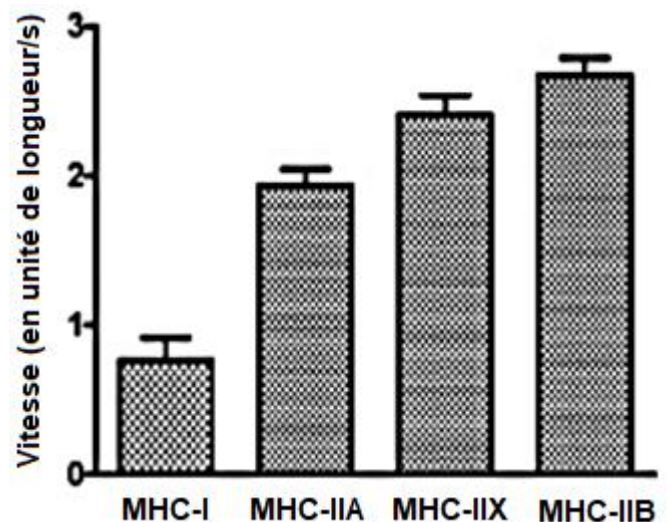
Lors du raccourcissement d'une cellule musculaire, il y a plusieurs cycles tels que celui décrit ci-dessous qui se succèdent. Plus ces cycles sont nombreux sur une période donnée, et plus le raccourcissement est important.



Source : d'après <https://www.researchgate.net>

Document 3 : vitesses de raccourcissement des cellules musculaires

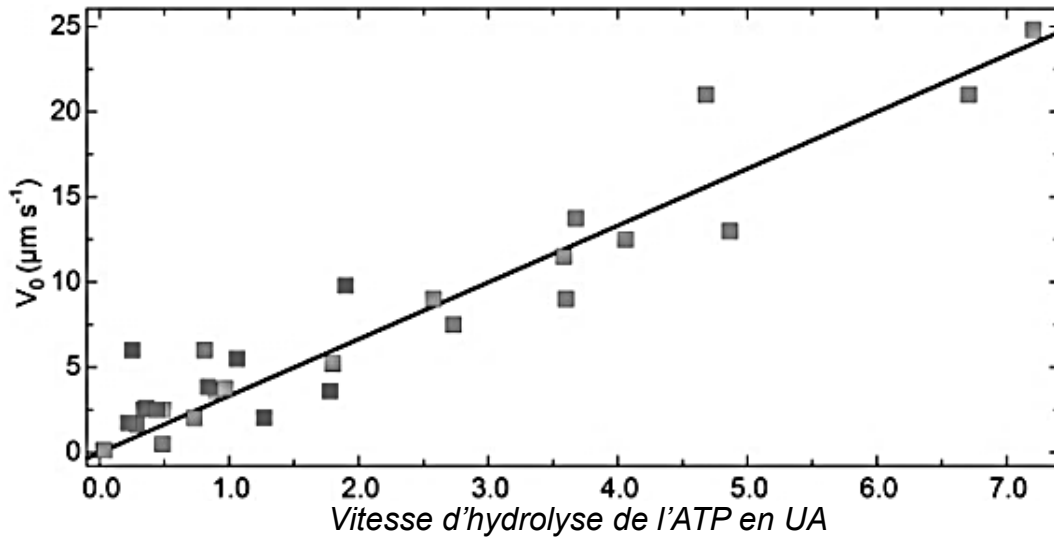
On a établi à quelle vitesse maximale (en unité de longueur par seconde) se raccourcissent les cellules musculaires en fonction de la chaîne lourde de myosine présente (résultats obtenus chez le chien, l'analyse montre que toutes les différences de vitesse entre les fibres sont statistiquement significatives, à l'exception de la différence entre MHC-IIIX et MHC-IIB).



Source : d'après <https://journals.physiology.org>

Document 4 : hydrolyse de l'ATP et vitesse de raccourcissement

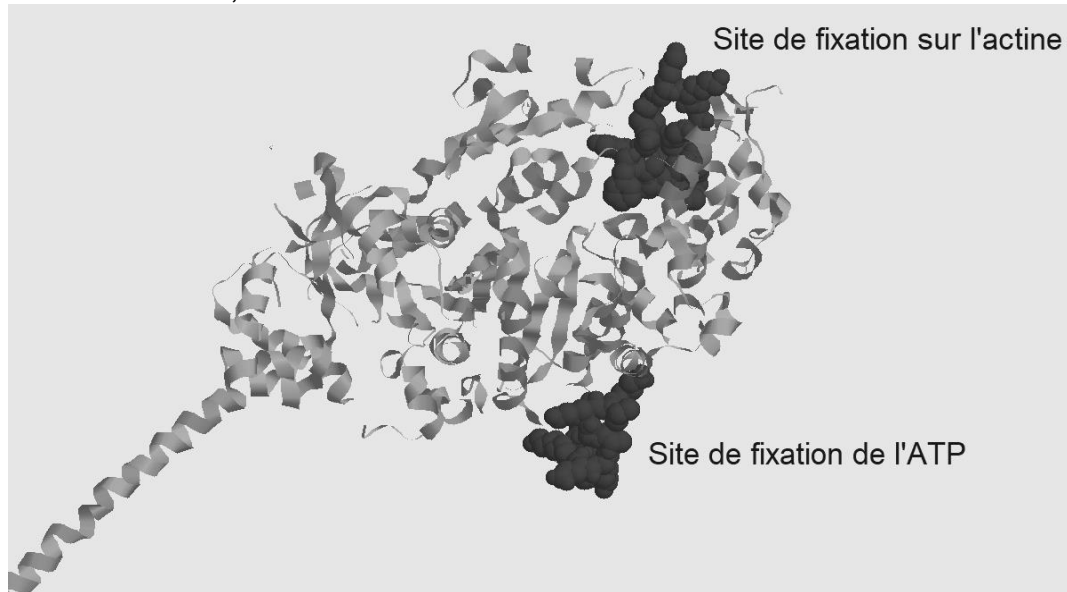
On a évalué la vitesse du raccourcissement (V_0) de cellules musculaires en fonction de la vitesse d'hydrolyse de l'ATP (v) de la myosine qu'elles contiennent. Les résultats ont été obtenus à partir de muscles appartenant à plusieurs espèces de mammifères et contenant différentes sortes de myosine pour la chaîne lourde MHC.



Source : d'après Richard K. Brizendine & all, Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Nevada School of Medicine, Reno, NV 99557

Document 5 : structure de la chaîne lourde de la myosine

Document 5a : représentation tridimensionnelle d'une partie de la « tête » de la chaîne lourde de la myosine : grâce à la combinaison de divers résultats d'analyses, des ordinateurs permettent d'élaborer des modèles de la structure spatiale des molécules ; sur la visualisation ci-dessous la chaîne de myosine est affichée en « rubans » sauf deux zones correspondant aux acides aminés de la « boucle 1 », située au niveau du site de fixation de l'ATP et aux acides aminés de la « boucle 2 », située au niveau du site de fixation sur l'actine.



Source : image obtenue avec le logiciel Rastop

Document 5b : rôle des boucles : les acides aminés de la boucle 1 interviennent directement dans la fixation de l'ATP et son hydrolyse ; les études ont montré peu de différences de fonctionnement entre les boucles 1 des différentes chaînes lourdes de myosine.

Par contre des techniques de biologie moléculaire ont permis de remplacer la boucle 2 d'une chaîne lourde de myosine donnée par une boucle 2 d'une autre forme de myosine : on a alors observé que la vitesse d'hydrolyse de l'ATP est modifiée. Les chercheurs ont proposé que la boucle 2 interviendrait sur la durée pendant laquelle l'actine est attachée à la myosine et donc, indirectement, sur la durée totale d'un épisode de raccourcissement.

Le document ci-dessous présente des extraits de séquences peptidiques alignées des différentes formes de chaînes lourdes de la myosine porcine (chaque lettre correspond à un acide aminé différent ; les tirets correspondent à des acides aminés non présents) ; des acides aminés de chaque forme de chaîne lourde se retrouvent à l'identique dans les mêmes formes de chaînes lourdes d'autres espèces de mammifères.

Boucle 2

MHC-I	618	SNLFA	ANY--AGADTP--	VEKGK	GKAKK	GSSSFQ	TVSALHREN
MHC-IIA	621	AFLF	SGAQTGE---	AEAGG	TKKGG	KKKGSSSFQ	TVSALFREN
MHC-2X	621	AFLF	TGAAGAD---	AEAGG	GKKG	KKKGSSSFQ	TVSALFREN
MHC-IIB	621	AFLF	AER--QSS---	EEGG	TKKGG	KKKGSSSFQ	TVSALFREN

Source : d'après médecine/sciences 1998 ; 14 : 1077-82 et <https://www.sciencedirect.com>

EXERCICE 2 : Les mycorhizes : une association symbiotique (8 POINTS)

« 90 % des espèces de plantes actuelles sont en interaction avec des champignons au niveau de leurs racines. L'ensemble forme une structure mixte que l'on nomme la « mycorhize », du grec ancien *myco*, pour champignon, et *rhize* pour racine ».

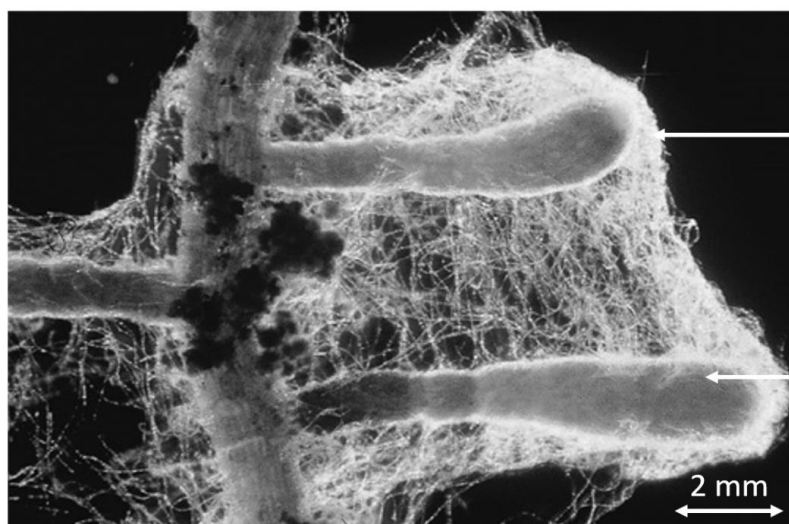
Source : D'après <https://www.pourlascience.fr>

QUESTION :

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.

Document 1 : observation microscopique de mycorhizes



Filaments mycéliens du champignon formant un manteau autour des racines

Racine du végétal

Source : d'après Simon Egli/WSL

Document 2 : comparaison de paramètres morphologiques racinaires et foliaires de plants de Rhododendron mycorhizés ou non

On cherche à comparer les paramètres morphologiques racinaires et foliaires entre des plants de Rhododendron non mycorhizés (lot 1) et des plants de Rhododendron associés à un champignon mycorhizien (lot 2). Les mesures de la longueur des racines (figure 1) et du nombre de feuilles (figure 2) et de racines (figure 3) ont été réalisées après 20, 40, 60 et 120 jours.

Le début de l'expérience correspond au jour où les plants du lot 2 ont été mis en contact avec le champignon mycorhizien.

Figure 1 : évolution de la longueur des racines en fonction du temps

Longueur moyenne des racines (mm)



Figure 2 : évolution du nombre de feuilles en fonction du temps

Nombre moyen de feuilles/plant

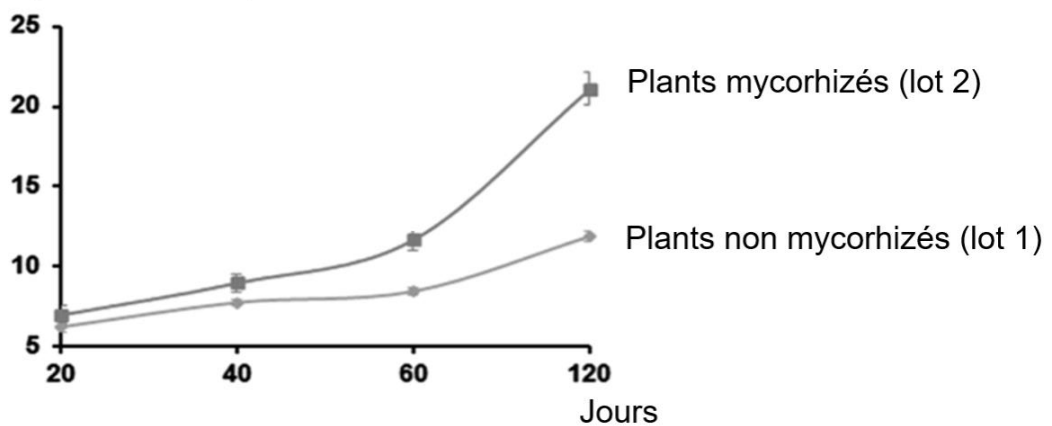
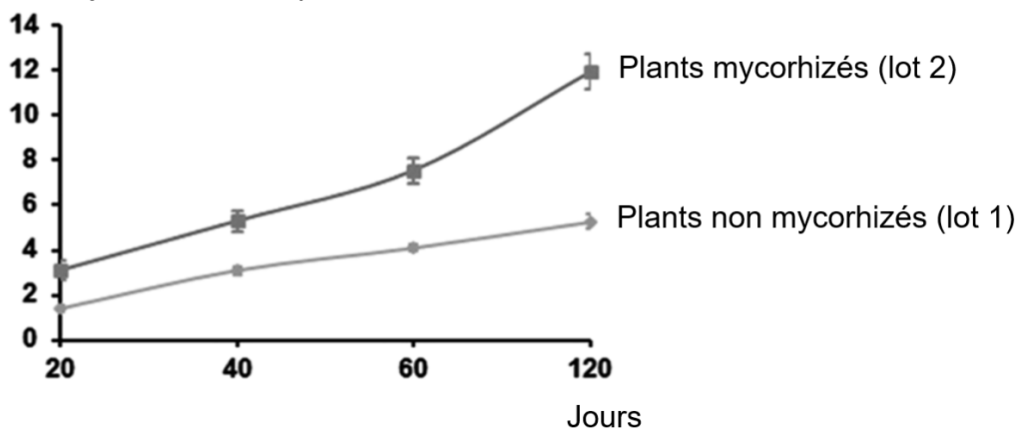


Figure 3 : évolution du nombre de racines en fonction du temps

Nombre moyen de racines/plant



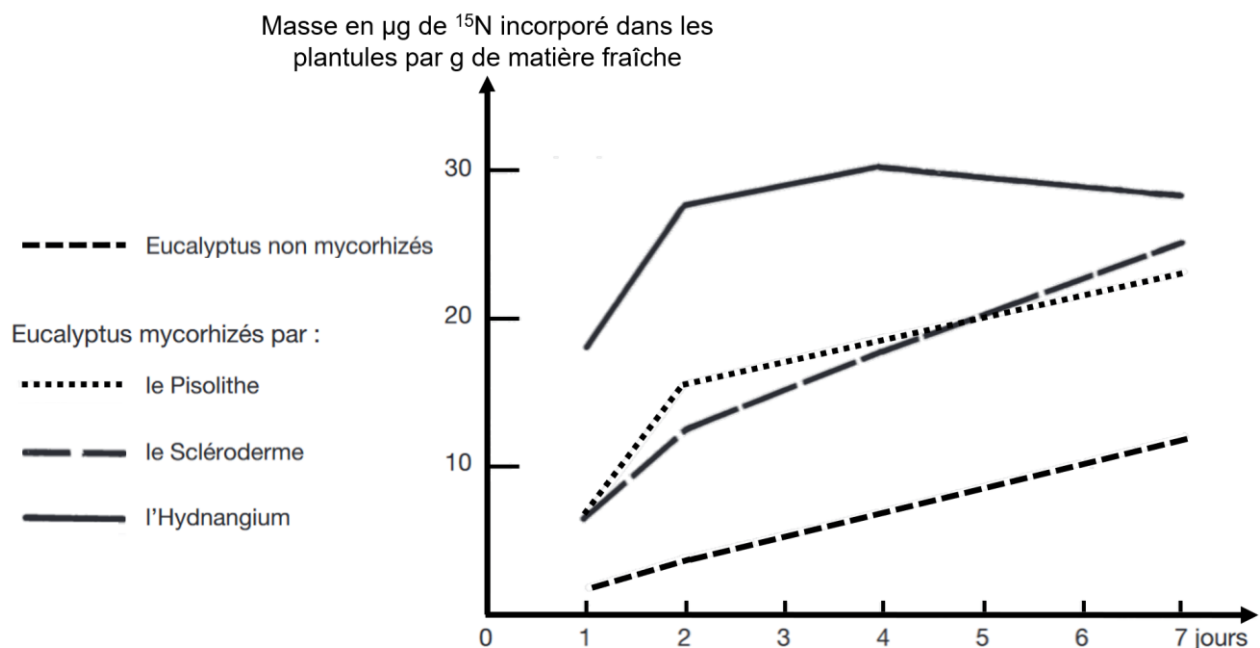
Les incertitudes sont dues à la variabilité des mesures effectuées sur les plants de Rhododendron.

Source : d'après <https://www.nature.com>

Document 3 : des échanges de matières entre le champignon et le végétal

Document 3a : influence de la mycorhization sur l'absorption de l'ion ammonium par une espèce d'Eucalyptus

L'ion ammonium, de formule NH_4^+ , contient de l'azote qui est l'un des principaux éléments nutritifs dont la plante a besoin. Pour tester l'influence de la mycorhization sur l'absorption de l'ion ammonium, de jeunes plantules d'Eucalyptus non mycorhizées ou mycorhizées par différents champignons (Pisolithe, Scléroderme, Hydangium), ont été alimentées pendant une semaine par une solution nutritive enrichie en $^{15}\text{NH}_4^+$. L'azote 15 (^{15}N) est un isotope lourd de l'élément azote qui peut être quantifié après son incorporation dans les plantules par spectroscopie de masse. Les résultats de l'expérience sont présentés sur le graphique ci-dessous.

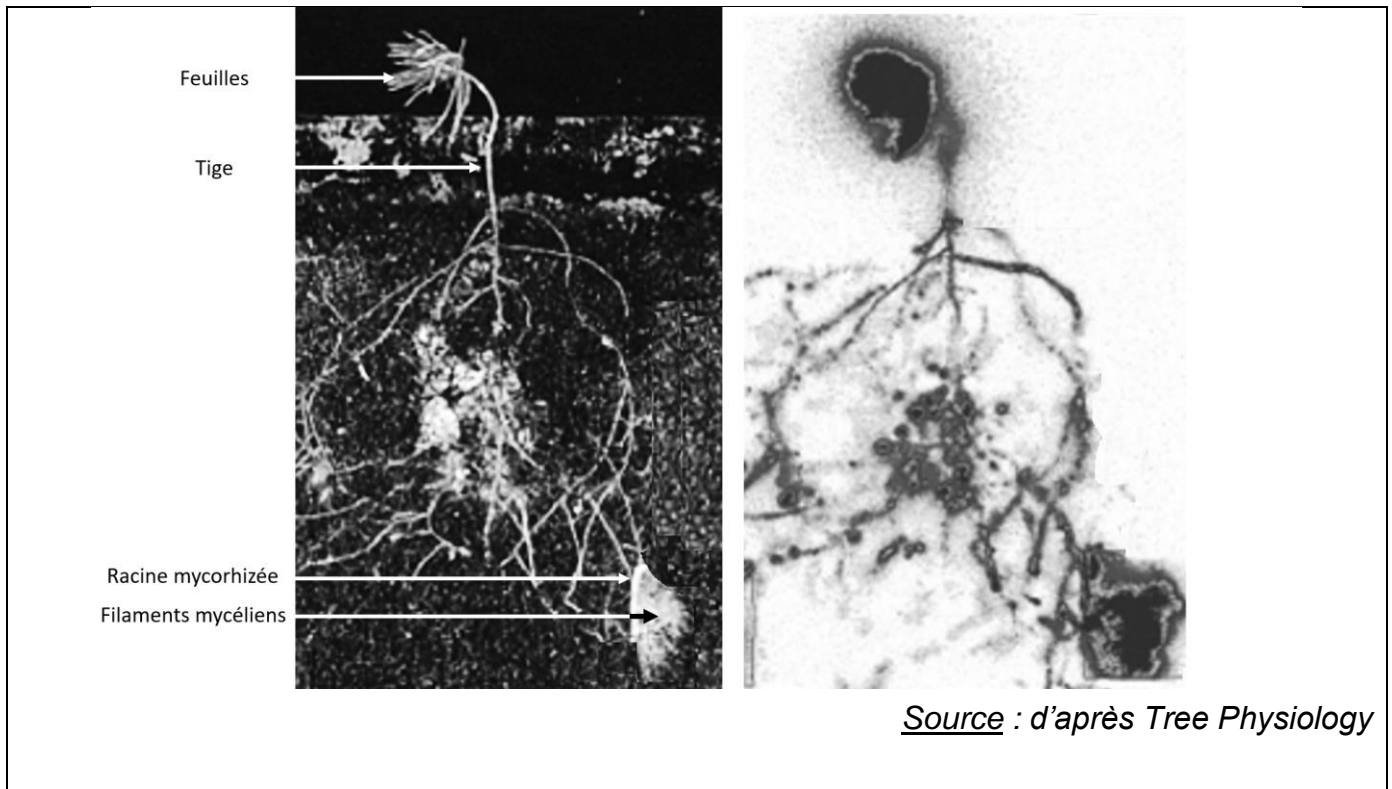


Source : <http://documents.irevues.inist.fr>

Document 3b : distribution du carbone atmosphérique au sein d'un pin mycorhizé

Pour pouvoir suivre la distribution du carbone atmosphérique au sein d'un végétal, les parties aériennes d'un pin mycorhizé ont été alimentées avec du CO_2 atmosphérique marqué radioactivement au ^{14}C . 48 heures après, une autoradiographie a été réalisée pour suivre la localisation du ^{14}C dans le végétal. Les zones sont d'autant plus sombres sur le résultat de l'autoradiographie que la quantité de carbone radioactif est importante.

La photo de gauche correspond au végétal mycorhizé et la photo de droite au résultat de l'autoradiographie.

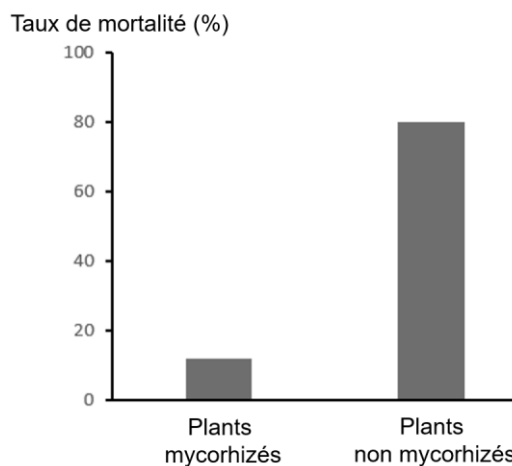


Document 4 : la sensibilité des végétaux mycorhizés ou non face à des agents pathogènes

Document 4a : comparaison du pourcentage de mortalité d'une espèce de pin contaminée par Phytophthora cinnamomi

Le microorganisme Phytophthora cinnamomi compte parmi les agents pathogènes les plus redoutés à travers le monde. Il est à l'origine de maladies racinaires conduisant au dépérissement de nombreuses espèces végétales. Des chercheurs ont étudié l'influence de la présence de mycorhizes sur la sensibilité d'une espèce de pin.

Taux de mortalité des plants de pin 12 semaines après la contamination par Phytophthora cinnamomi



Source : d'après <https://hal.archives-ouvertes.fr>

Document 4b : impact du manteau mycélien dans la défense des végétaux

Le manteau mycélien peut envelopper les racines des végétaux de façon partielle ou totale. Pour déterminer l'impact de ce manteau dans la défense des végétaux, on met en contact *Phytophthora cinnamomi* avec des racines d'une espèce de pin dont le manteau mycélien est plus ou moins développé et on suit le pourcentage d'infection des végétaux.

Tableau présentant le pourcentage d'infection par *Phytophthora cinnamomi* de racines d'une espèce de pin

	Pourcentage d'infection 3 jours après la mise en contact avec <i>Phytophthora cinnamomi</i>	Pourcentage d'infection 10 jours après la mise en contact avec <i>Phytophthora cinnamomi</i>
Racine mycorhizée avec un manteau mycélien complet	0	6
Racine mycorhizée avec un manteau mycélien partiel	25	43
Racine non mycorhizée	100	100

Source : d'après <https://hal.archives-ouvertes.fr>



MÉTROPOLE 2021

Bac 2021, candidats libres voie générale, spécialité SVT

Corrigé du sujet de l'épreuve du 7 juin 2021

EXERCICE 1 : proposition 1

Définitions :

- **Génome** : Ensemble des gènes d'une espèce
- **Eucaryote** : Être vivant formé de cellules dotées d'organites (chloroplastes, mitochondries, noyau). L'eucaryote possède un noyau, en opposition avec les procaryotes qui n'en possèdent pas mais peuvent posséder des organites (chloroplastes).

- **Crossing-over anormal** :

Lors de la méiose, deux parties d'une chromatide sont échangées de manière inégale.

Il y a une formation de quatre cellules haploïdes dont l'une contient une copie de gène en plus : il y a donc duplication de gène. Chaque cellule haploïde possède une version unique de chromatide (soit la chromatide normale, soit la chromatide ayant fait un *crossing-over*).

Ce gène peut ensuite muter et engendrer un nouveau gène : par exemple, ce mécanisme est à l'origine de la **famille multigénique des globines de l'hémoglobine**.

- **Les transferts horizontaux de gènes :**

Du matériel génétique est incorporé d'un individu à un autre (chaque individu peut être d'espèce différente).

Exemple des virus : fusion avec cellule hôte et incorporation de leur ADN à celui de la cellule hôte. Par exemple, la syncytine est une protéine impliquée dans la formation du placenta humain, qui est d'origine virale.

- **L'endosymbiose :**

C'est le mécanisme à l'origine des mitochondries et chloroplastes : des bactéries ou cyanobactéries sont endocytées par une cellule hôte qui incorpore, en plus, une partie du génome de l'individu endosymbiotique.

EXERCICE 1 : proposition 2

- **Un mouvement :** résultat de la contraction d'un muscle

Le muscle qui se raccourcit, tire sur l'os auquel il est attaché.

- **Un réflexe :** mouvement involontaire, rapide et stéréotypé en réponse à un stimulus

L'étirement d'un muscle (par exemple, par la gravité) entraîne sa contraction : c'est un réflexe myotatique. Il y a aussi, les réflexes testés par le médecin avec un choc sur tendon.

Par exemple : Un choc sur tendon d'Achille → provoque un stimulus qui entraîne un

mouvement d'extension du pied dû à une contraction réflexe du muscle du mollet → c'est un réflexe Achilléen.

- **La naissance d'un message nerveux sensitif :**

L'extension du muscle (provoquée par un choc sur tendon) entraîne l'extension du fuseau neuromusculaire (dans le muscle) qui génère un message nerveux sensitif (**MNS**).

Ce message nerveux sensitif est transporté par le nerf sensitif (par exemple, ici, une partie du nerf sciatique). Le message nerveux sensitif passe par la racine dorsale de la moelle épinière. Par exemple : les expériences de Magendie (coupure racine dorsale = perte des capacités sensitives membres).

Ce message est transporté par neurone bipolaire (corps cellulaire dans le ganglion rachidien) jusqu'à la moelle épinière.

- **La naissance d'un message nerveux moteur :**

Le **message nerveux sensitif** arrive dans la substance grise de la moelle épinière.

La synapse du neurone bipolaire avec neurone moteur (corps cellulaire dans substance grise de la moelle épinière) : c'est un message nerveux de nature électrique transformé en message chimique. C'est la libération de neurotransmetteurs qui se fixent sur les récepteurs de la membrane postsynaptique du neurone moteur : ce qui crée un nouveau message nerveux électrique.

Le **message nerveux moteur** repart par la racine ventrale de la moelle épinière (expérience de Magendie : la coupure de la racine dorsale fait disparaître le mouvement d'un membre).

Ce message est transporté par nerf moteur (par exemple, ici, une partie du nerf sciatique).

- **Du message nerveux moteur à la contraction musculaire :**

Le message nerveux moteur arrive à la plaque motrice : où la synapse est entre le neurone et le muscle.

La libération de neurotransmetteurs : acétylcholine dans fente synaptique qui se fixe sur récepteur membranaire postsynaptique.

Par exemple : curare antagoniste de l'acétylcholine. Sa fixation sur le récepteur entraîne une paralysie. Le curare prend la place sur les récepteurs synaptiques de l'acétylcholine car sa forme moléculaire à une partie semblable. L'acétylcholine ne peut donc plus se fixer, ou en quantité insuffisante, ne permettant pas la production d'un potentiel d'action.

La création d'un potentiel d'action musculaire entraîne la libération d'ions Ca^{2+} du réticulum sarcoplasmique.

Un glissement des filaments d'actine le long des fibres de myosine provoque un raccourcissement des sarcomères qui composent le muscle : le résultat est la contraction du muscle.

EXERCICE 2 : proposition 1

l) Le mécanisme de la contraction au niveau moléculaire

Document 2 : On observe deux types de filaments (actine et myosine).

Connaissances : On sait que dans une cellule musculaire, il y a une organisation en sarcomère (actine intercalée avec la myosine) qui se répète tout au long du muscle. Le raccourcissement sarcomère entraîne la contraction du muscle.

Document 2 : On observe la myosine reliée à des filaments d'actine par des têtes globulaires : les têtes, en pivotant, font avancer l'actine.

C'est donc la répétition du pivotement des têtes de myosine qui fait avancer l'actine vers le centre du sarcomère et raccourcit ce dernier, ainsi que le muscle.

Document 5 (a) : On observe que la représentation d'une partie de la tête de myosine possède un site de liaison avec l'actine sur la boucle 2, ainsi qu'un site de fixation de l'ATP sur la boucle 1.

Donc la tête de la myosine peut se lier à l'actine (comme vu dans le document 2) car elle possède un site de liaison.

Connaissances : On sait qu'il faut l'ATP et qu'il y a quatre étapes qui se répètent :

1. Hydrolyse ATP fixée sur myosine → têtes de myosine basculent vers l'avant
2. Fixation tête de myosine sur l'actine (en présence de Ca^{2+})
3. Libération ADP + Pi = pivotement tête myosine
4. Fixation ATP sur tête de myosine = libération têtes de myosine

II) Mais des vitesses de contraction différentes

Document 1 : On observe que l'électrophorèse des chaînes lourdes de myosine montre que toutes les cellules musculaires de rat ne possèdent pas les mêmes chaînes de myosine : il y a quatre myosines différentes (dont la migration montre des longueurs différentes).

Document 3 : On observe que la vitesse maximale de raccourcissement des cellules musculaires est différente en fonction du type de myosine (la plus lente est MHC-I ; puis MHC-IIA, deux fois plus rapide ; et MHC-IIX, MHC-IIB sont à peu près identiques : trois à quatre fois plus rapides).

Les incertitudes de vitesse sont faibles. Donc, la vitesse de contraction est liée à la présence de [différentes] myosines, avec des tailles différentes.

Document 4 : Quelles que soient les formes de myoglobine utilisées, on observe que la vitesse de raccourcissement est globalement proportionnelle à la vitesse d'hydrolyse de l'ATP (vitesse de raccourcissement cinq fois plus grande quand la vitesse d'hydrolyse ATP est multipliée par trois).

Donc, c'est la vitesse d'hydrolyse de l'ATP qui explique la vitesse de raccourcissement des fibres.

Document 5 (b) : On observe que la **boucle 1** est très similaire entre les différentes myosines.

Sur la **boucle 2**, les acides aminés présentent de fortes différences quand on compare les quatre myosines porcines différentes.

Le remplacement d'une **boucle 2** de myosine, par une autre, modifie la vitesse d'hydrolyse de l'ATP et donc la vitesse de raccourcissement du muscle.

Donc, en reliant au **document 4** : La différence de vitesse de raccourcissement s'explique par la configuration de la boucle 2 (qui modifie la vitesse d'hydrolyse de l'ATP). Toutes les myosines n'ayant pas des boucles 2 identiques, les vitesses de contraction sont différentes.

EXERCICE 2 : proposition 2

Connaissances : La symbiose est une association étroite de deux êtres vivants à bénéfices réciproques.

1. Une association plante champignon : la mycorhize

Document 1 : On observe des racines végétales à la forme modifiée, épaisses et arrondies à leur extrémité avec de nombreux filaments mycéliens provenant d'un champignon et formant un manteau autour des racines du végétal.

Donc, les mycorhizes correspondent à l'association des racines de la plante et des champignons.

2. La mycorhize favorise la nutrition des deux partenaires

Connaissances : on sait que les racines servent à absorber eau et sels minéraux dans le sol, les feuilles à effectuer la photosynthèse

Document 2 : On observe que la longueur moyenne des racines, leur nombre, ainsi que le nombre moyen de feuilles et racines par plant, augmentent plus vite (surtout à partir de 60 jours : ce qui fait environ 2 fois plus) pour les plants de rhododendrons avec champignons mycorhiziens.

Donc, les champignons favorisent la croissance des racines et le développement des feuilles, ce qui favorise la nutrition des végétaux.

Document 3 (a) : On observe que la masse d'azote 15 incorporée, et qui correspond à l'absorption des ions ammonium par les plantules, augmente dans tous les cas : il y a une plus forte augmentation, quelle que soit la mycorhize. Il y a aussi une plus forte et rapide augmentation pour l'eucalyptus mycorhizé par l'hydangium (maximum de $30\mu\text{g}$ de 15 N atteint au bout de 4 jours).

Donc, les champignons favorisent l'absorption par les racines des ions ammonium du sol. Certaines associations sont plus efficaces.

Document 3 (b) : On observe que si on fournit du CO₂ avec Carbone 14 48 h après

l'autoradiographie, la quantité de C14 est importante et s'est accumulée dans les feuilles et filaments mycéliens sur les racines mycorhizées.

Connaissances : On sait que le CO₂ est absorbé dans les feuilles pour réaliser la

photosynthèse (fabrication de la matière organique) transférée ensuite à toutes les cellules de la plante par sève élaborée à travers des vaisseaux de phloème.

Donc, la matière organique fabriquée par la plante lors de la photosynthèse est en partie transférée aux champignons.

3. Une association qui protège la plante des infections

Document 4 (a) : On observe que 12 semaines après contamination par *Phytophthora c.*

(pathogène racinaire) les plants mycorhizés ont un taux de mortalité presque trois fois plus faible que les plants non mycorhizés.

Document 4 (b) : On observe que plus le manteau mycélien est complet plus le pourcentage d'infection par *Phytophthora c.* est faible au bout de 10 jours.

Donc, le manteau mycélien protège la plante des infections par les pathogènes du sol.