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

Sciences de la vie et de la Terre

Session 2024 • Métropole • Jour 2 • Remplacement

Code sujet **24-SVTJ2ME3** 3 h 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — Datation à partir des roches magmatiques et métamorphiques
1 réponses • sujet p. 2–3

Exercice 2 — Les tardigrades, des organismes super-résistants
1 réponses • sujet p. 4–10

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

Datation à partir des roches magmatiques et métamorphiques

Question QUESTION

Sujet p. 2, 3

> Montrer comment l'étude des roches magmatiques et métamorphiques ainsi que celle de leurs relations géométriques peuvent permettre de dater certains événements géologiques, de façon relative et absolue. Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des expériences, des observations, des exemples pour appuyer votre exposé et argumenter votre propos. Les documents sont conçus comme des aides : ils peuvent vous permettre d'illustrer votre exposé mais leur analyse n'est pas attendue.

Les roches magmatiques et métamorphiques ne contiennent généralement pas de fossiles permettant de les dater. On peut cependant reconstituer leur histoire grâce à leurs relations avec les roches voisines et aux structures qui les affectent : cela donne une **chronologie relative**. Pour obtenir un âge chiffré, on peut mesurer les isotopes radioactifs présents dans certains minéraux : c'est la **datation absolue**.

La datation relative établit l'ordre des événements sans préciser le temps qui les sépare. Le principe de **recoupement** indique qu'un filon ou une faille est plus récent que les roches qu'il traverse ou décale. Dans le document 2, les filons de l'édifice principal et les filons représentés dans les roches sédimentaires recoupent les formations traversées : leur mise en place est donc postérieure à celles-ci. De même, les failles figurées dans l'édifice volcanique sont postérieures aux roches qu'elles affectent. Une coulée volcanique déposée sur une formation est plus récente que son substrat. Ces relations géométriques permettent ainsi d'ordonner des épisodes de sédimentation, de volcanisme et de fracturation à l'Etna, sans leur attribuer un âge en années.

Le **principe d'inclusion** complète cette méthode : un fragment inclus dans une roche existait avant la formation de la roche qui l'englobe. Dans le document 1, l'enclave de sédiments métamorphisés est incluse dans le granite de Flamanville : les sédiments et leur métamorphisme sont donc antérieurs à la consolidation du granite qui les englobe. À l'inverse, le filon de granite à grains fins qui recoupe le bloc de granite est postérieur à ce dernier. Le métamorphisme de roches encaissantes au voisinage d'une intrusion peut s'expliquer par la chaleur du magma ; la transformation des roches indique alors un épisode métamorphique associé à l'intrusion, mais les seules relations géométriques ne donnent pas la durée qui les sépare d'autres événements.

La datation absolue repose sur la désintégration régulière d'isotopes radioactifs dits *parents* en isotopes dits *fils*. En laboratoire, on prélève des minéraux adaptés et on mesure leurs proportions d'isotopes parents et fils, par exemple par spectrométrie de masse. La connaissance de la période radioactive et de la loi de décroissance permet de calculer le temps écoulé depuis la formation du minéral, à condition que le système isotopique soit resté suffisamment fermé. Par exemple, la méthode uranium-plomb peut être appliquée à des zircons. Elle date leur cristallisation ; selon le contexte géologique, cet âge renseigne sur la mise en place et le refroidissement d'une roche magmatique. Pour dater un métamorphisme, on peut mesurer l'âge de minéraux formés ou recristallisés pendant cet épisode. Un chauffage ultérieur ou une circulation de fluides peut toutefois perturber le système et doit être pris en compte dans l'interprétation.

Le document 1 indique que le granite de Flamanville est daté d'environ **320 millions d'années** : c'est un âge absolu, qui complète les relations relatives observées entre le granite, son enclave et le filon qui le recoupe. En combinant l'ordre donné par les relations géométriques et les âges mesurés dans des minéraux, on peut donc dater certains événements de l'histoire des roches magmatiques et métamorphiques, même en l'absence de fossiles.

RÉPONSE À RETENIR

Les relations géométriques donnent une chronologie relative : une inclusion est antérieure à la roche qui l'englobe, tandis qu'un filon ou une faille est postérieur aux roches qu'il recoupe ou affecte. Une coulée est plus récente que son substrat. Ainsi, dans le document 1, l'enclave de sédiments métamorphisés précède le granite de Flamanville, et le filon de granite à grains fins qui le recoupe lui est postérieur. La radiochronologie mesure les rapports entre isotopes radioactifs parents et isotopes fils dans des minéraux dont le système est resté suffisamment fermé ; elle permet de calculer un âge absolu correspondant à la cristallisation ou à un épisode de métamorphisme. Le granite de Flamanville est daté d'environ 320 millions d'années. Ces méthodes combinées permettent d'ordonner et de chiffrer certains événements géologiques.

Exercice 2

8 points

Les tardigrades, des organismes super-résistants

Question QUESTION

Sujet p. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

> Expliquer comment certains tardigrades sont devenus capables de résister à des conditions extrêmes de l'environnement. Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.

Démarche. Il faut distinguer les mécanismes physiologiques qui permettent à un tardigrade de traverser une période défavorable et les transformations génétiques, survenues au cours de l'évolution, qui ont pu contribuer à ses capacités de résistance. Les documents portent notamment sur *Paramacrobiotus spatialis* et *Ramazzottius varieornatus*. Ils n'expliquent pas à eux seuls la résistance à toutes les contraintes évoquées dans l'introduction : ils documentent surtout la cryptobiose, la déshydratation et les catalases.

1. La cryptobiose permet de survivre temporairement à des conditions défavorables. Le document 1 présente trois situations : la cryobiose, associée au froid, l'anhydrobiose, associée à la sécheresse, et l'osmobiose, associée à une forte salinité. Dans les trois cas, le tardigrade perd une grande quantité d'eau, prend une forme de tonnelet et devient inactif. Quand les conditions redeviennent favorables, il se réhydrate et son métabolisme reprend normalement. Ces observations montrent comment l'animal peut traverser une période défavorable en mettant temporairement son activité biologique au ralenti. Cette réponse physiologique ne signifie pas que son génome se transforme pendant la cryptobiose.

2. La déshydratation est associée à une production de R.O.S. ; la catalase contribue à la protection cellulaire. Le document 2 précise que les R.O.S. sont des dérivés réactifs de l'oxygène, dont le peroxyde d'hydrogène et des radicaux libres. En excès, ils peuvent notamment endommager l'ADN et les membranes. Dans l'expérience, la fluorescence sert d'indicateur de la quantité de R.O.S. : les moyennes lues sur le graphique sont d'environ 60 unités arbitraires pour le témoin Ctr, 110 pour D1R3 (déshydratation depuis un jour) et 280 pour D20R3 (déshydratation depuis 20 jours). Les moyennes augmentent donc avec la durée de déshydratation dans les lots étudiés. Les barres d'incertitude signalent une variabilité des résultats : ces valeurs sont des lectures approximatives du graphique, et celui-ci n'indique pas que chaque différence entre lots est significative.

Le document 3 compare l'activité de la catalase chez des animaux hydratés (Ctr) et déshydratés depuis un jour (Dry). L'activité mesurée est d'environ 10 mU/µg de protéines pour Ctr et 30 mU/µg de protéines pour Dry ; l'astérisque indique que la différence est significative. Le document rappelle que la catalase neutralise notamment le peroxyde d'hydrogène. La réaction correspondante, équilibrée, s'écrit : $2\ H_2O_2 \rightarrow 2\ H_2O + O_2$. L'activité plus élevée dans le lot déshydraté, rapprochée du risque de dommages associé aux R.O.S., étaye donc l'idée que la catalase participe à la protection des cellules. Les documents 2 et 3 reposent toutefois sur des expériences distinctes : ils ne démontrent pas, à eux seuls, l'ensemble de la chaîne causale.

3. Les caractéristiques et l'histoire de certains gènes de catalase peuvent contribuer à expliquer la résistance. Une enzyme est une protéine produite à partir de l'information portée par un gène ; sa séquence en acides aminés et sa structure sont donc liées à cette information génétique. Dans le document 4a, les catalases des animaux pluricellulaires présentées ont généralement deux domaines, A et B. Chez les tardigrades représentés, les catalases 1, 3 et 4 ont trois domaines (A, B et C) et comptent respectivement 743, 749 et 728 acides aminés. La catalase 2 représentée est différente : elle comporte 283 acides aminés et ses domaines A et C sont séparés par une interruption figurée en pointillés. Les deux catalases bactériennes présentées ont trois domaines et comptent 753 acides aminés chez *Escherichia coli* et 712 chez *Pseudomonas fuscovagiae*. Le document précise que les catalases les plus longues, notamment

certaines enzymes à trois domaines, sont considérées comme plus résistantes et susceptibles de rester actives malgré des modifications de leur environnement. Cela rend plausible un avantage de certaines catalases tardigrades pendant un stress, sans démontrer que toutes ont exactement les mêmes propriétés.

Les documents 4b et 5 apportent des indices sur l'histoire de certaines séquences. Dans l'arbre du document 4b, construit à partir des ressemblances entre les séquences en acides aminés du domaine A, *Ramazzottius varieornatus* est regroupé avec la bactérie *Escherichia coli*, tandis que *Homo sapiens*, *Drosophila melanogaster* et *Caenorhabditis elegans* se trouvent dans une autre branche. Comme le tardigrade est un animal, cette proximité dans l'arbre du domaine A suggère une histoire particulière de cette séquence, éventuellement une acquisition par transfert horizontal depuis des bactéries ; elle ne prouve pas à elle seule ce mécanisme. Dans le document 5, parmi les séquences comparées aux 19 676 séquences du génome de *Ramazzottius varieornatus*, les trois lignes associées au gène nommé *kat e* correspondent aux molécules catalase 1, catalase 3 et catalase 4 ; pour chacune, le groupe dont la séquence présente la plus forte similitude est celui des bactéries. Cette observation concorde avec l'hypothèse d'une contribution bactérienne à certaines séquences de catalase, mais une forte similitude ne suffit pas à établir avec certitude leur origine, la date ou le mécanisme de leur apparition.

Enfin, le document 4a présente plusieurs catalases chez les tardigrades étudiés. De manière générale, une duplication d'un gène peut produire plusieurs copies ; si ces copies accumulent ensuite des mutations différentes, elles peuvent évoluer et conduire à des protéines distinctes. C'est un mécanisme possible de complexification du génome, mais les documents ne retracent pas directement les duplications ni la divergence de ces gènes. Au cours de l'évolution, les variations héréditaires qui améliorent la protection cellulaire peuvent être favorisées par la sélection naturelle dans certains environnements. Ainsi, les données rendent plausible une évolution de systèmes de protection diversifiés, sans constituer une reconstitution complète de toutes les étapes.

RÉPONSE À RETENIR

Certains tardigrades peuvent traverser des conditions défavorables grâce à la cryptobiose : ils perdent beaucoup d'eau, deviennent inactifs sous forme de tonnelet, puis reprennent leur métabolisme après réhydratation lorsque le milieu redevient favorable. Chez *Paramacrobiotus spatialis*, la déshydratation est associée à une hausse des R.O.S. mesurées et, après un jour, à une activité de catalase significativement plus élevée que chez les animaux hydratés. Cette enzyme contribue à neutraliser le peroxyde d'hydrogène et donc à limiter certains dommages cellulaires.

À l'échelle de l'évolution, les documents montrent plusieurs catalases tardigrades, dont certaines possèdent trois domaines, et une forte similitude entre des séquences de catalase tardigrades et bactériennes. Ces indices sont compatibles avec une complexification génétique par duplication et divergence de gènes et avec une possible acquisition de séquences par transfert horizontal, sans prouver à eux seuls ces mécanismes. Des variations génétiques héréditaires avantageuses ont pu être favorisées par la sélection naturelle. La cryptobiose constitue ainsi une réponse physiologique temporaire, tandis que l'évolution de systèmes de protection cellulaire a pu contribuer aux capacités particulières de certains tardigrades.

Sujet : https://www.sujetdebac.fr/annales-pdf/2024/spe-sciences-vie-terre-2024-metropole-2-remplacement-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.