

Devoir surveillé n°4

Samedi 10 janvier 2026

Épreuve d'analyse de documents de biologie

durée : 1h30

La respiration des Amphibiens

PARTIE 1 – LA RESPIRATION DES GRENOUILLES

durée conseillée : 1h10

1.1. Évolution de la respiration au cours de la vie de la Grenouille

Question 1 – Analysez l'effet de l'hypoxie sur le lot témoin.

Le passage dans un milieu hypoxique induit une hausse de la fréquence de ventilation de 23 % en 20 secondes. Cette accélération est significative dès 5 s après le passage en milieu hypoxique et semble se stabiliser au bout de 18 s (une durée d'enregistrement plus longue aurait permis de s'en assurer).

Question 2 – Quelle information apporte le lot 2 ? Justifiez votre réponse.

Aucune variation de la fréquence de ventilation n'est enregistrée lorsque la première paire de branchies est dénervée. Il existe donc sur cette première paire de branchies un système nerveux qui rend l'animal sensible à l'hypoxie et capable d'y répondre. L'hypothèse la plus probable est l'existence de récepteurs à dioxygène (chémorécepteurs ou barorécepteurs) sur les branchies de la première paire, avec un nerf sensitif allant vers un centre nerveux responsable de la régulation ventilatoire. La seconde paire de branchies en serait dépourvue.

Question 3 – Décrivez les étapes du cycle ventilatoire pulmonaire de la grenouille. Comparez le processus avec la ventilation des Téléostéens.

Cycle ventilatoire pulmonaire d'inflation (lors de l'utilisation des poumons, qui se gonflent)

1) inspiration buccale : le plancher buccal s'abaisse – narines ouvertes – glotte fermée

2) ouverture de la glotte – narines ouvertes – vidange des poumons

3) narines fermées – glotte ouverte – remontée du plancher buccal : les poumons se remplissent

4) glotte fermée – narines ouvertes – fin de remontée du plancher buccal

Comparaison avec les Téléostéens :

- points communs = pompe buccale mise en jeu, alternance d'ouverture et fermeture de la bouche (et de la glotte, non de l'opercule), système de pressions – dépressions
- différences = système bidirectionnel, vidange des poumons après remplissage de la bouche

Question 4 – Que se passe-t-il lorsque la grenouille est sous l'eau ?

Le nerf trijumeau ne présente aucune activité électrique inspiratoire (très faibles oscillations non repérées comme ayant un impact respiratoire) : la grenouille est donc en apnée (elle ne respire pas avec ses poumons).

Question 5 – Analysez l'effet du CO₂ sur le rythme ventilatoire pulmonaire de la grenouille adulte.

Dans une atmosphère normale, 6 pics d'inspiration sont observés en 70 secondes (fréquence d'environ 0,1 Hz). Lorsque le taux de CO₂ est plus élevé, le rythme ventilatoire l'est aussi (corrélation).

500 ppm → 11 inspirations très irrégulières

750 ppm → 33 inspirations, irrégulières

1 000 ppm → 38 inspirations, régulières

Le CO₂ semble accélérer le rythme ventilatoire pulmonaire de la grenouille.

Question 6 – D'après ces études, résumez les contrôles de la ventilation branchiale du têtard et pulmonaire de la grenouille adulte dans l'air. Quelles sont les analyses manquantes pour avoir un schéma complet ?

En milieu aquatique, c'est le taux de dioxygène dans l'eau qui est le facteur régulateur de la ventilation branchiale du têtard alors qu'en milieu aérien, c'est la quantité de CO₂ qui détermine le rythme de ventilation pulmonaire de la grenouille adulte.

Il manque des données pour déterminer si la quantité de CO₂ influence la ventilation branchiale du têtard et si la quantité d'O₂ influence la ventilation pulmonaire de la grenouille.

1.2. Rôle respiratoire de la peau

Question 7 – Relevez les valeurs approximées du rapport gazeux : valeur témoin, valeur en milieu aérien puis valeur dans les heures qui suivent le retour en milieu aquatique. Formulez trois hypothèses expliquant la valeur obtenue en milieu aérien.

valeur témoin ≈ 1 valeur en milieu aérien $\approx 0,6$ valeur de retour ≈ 2

En milieu aérien, la valeur diminue de 40 %, ce qui peut-être dû :

- à une augmentation du volume de dioxygène entrant ;
 - à une diminution du volume de dioxyde de carbone sortant ;
 - aux deux facteurs simultanément.

Question 8 – La figure 6 vous permet-elle de valider une ou plusieurs hypothèses ? Laquelle ou lesquelles ? Justifiez votre réponse.

En milieu aérien, le flux de CO₂ évacué diminue de manière significative de 40 %, passant de 160 à 100 µL·g⁻¹·h⁻¹. Le volume de dioxygène absorbé augmente légèrement (+ 25 %), de 160 à 200 µL·g⁻¹·h⁻¹. Les différences sont significatives. Les trois hypothèses sont donc validées.

Question 9 – Analysez les flux de CO₂ en fonction du milieu. Proposez une hypothèse à la différence observée.

Dans l'air, le CO_2 est évacué à raison de $110 \mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ environ. Dans l'eau, il est davantage évacué (jusqu'à $300 \mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Le CO_2 se dissout bien dans l'eau et son expulsion par la peau est donc favorisée lorsque la grenouille est immergée.

Question 10 – Dans le cas du témoin, analysez l'effet du transfert des grenouilles dans le milieu aérien.

Lors de la vie aérienne, il y fermeture de capillaires cutanés : le nombre de capillaires ouverts est réduit de 45 %, passant de 7 à 4 capillaires ouverts par mm. Le passage au milieu aérien induit une diminution de la perfusion cutanée (limitant ainsi aussi la perte d'eau dans ce milieu desséchant).

Question 11 – Que nous apporte l'expérience avec injection de phénoxybenzamine PB ?

Si on bloque l'action de l'adrénaline grâce à l'injection de PB, alors le nombre de capillaires ouverts ne varie pas. Ainsi, on peut faire l'hypothèse que le passage à l'air provoque l'action de l'adrénaline : cette hormone de stress induit la vasoconstriction donc la baisse du débit sanguin cutané. Le nombre de capillaires perfusés diminue, ce qui limite les pertes d'eau (mais aussi l'évacuation de CO₂ vue avant).

Question 12 – En rassemblant les réponses établies aux questions 7 à 11, schématisez les caractéristiques de la respiration amphibia des grenouilles adultes.

Une grenouille adulte respire avec les poumons et la peau.

Dans l'air, elle privilégie la respiration pulmonaire.

Quand elle est en partie immergée, sa respiration pulmonaire assure l'oxygénation du sang et sa peau favorise l'évacuation du CO₂.

PARTIE 2 – DES HÉMOGLOBINES QUI CHANGENT AU COURS DE LA VIE

durée conseillée : 20 min

Question 13 – Analysez brièvement et interprétez le gel.

Le gel présente des bandes correspondant à deux types d'hémoglobine de masses différentes (voire 3, mais de façon très minoritaire).

Au stade têtard, les animaux expriment deux gènes codant pour les sous-unités d'une hémoglobine de masse inférieure à l'hémoglobine adulte. La bande correspond à cette Hb larvaire.

Lors de la métamorphose, l'expression génétique des animaux change : il existe une hémoglobine larvaire et une hémoglobine adulte, plus lourde.

Question 14 – À l'aide d'une analyse rigoureuse, expliquez comment évolue l'affinité de l'hémoglobine pour le dioxygène entre la vie larvaire et adulte chez la grenouille. Reliez cette évolution au milieu de vie de l'animal.

Les courbes de saturation ont même allure : une allure sigmoïde témoignant d'un changement allostérique de la conformation de l'hémoglobine entre une forme tendue sans dioxygène (Hb) et une forme relâchée (HbO₂). La valeur de P50 reflète l'inverse de l'affinité pour le dioxygène.

Têtard à vie aquatique : P50 = 0,65 kPa

Adulte à vie amphibia : P50 = 2,4 kPa

L'hémoglobine larvaire est donc 4 fois plus affine pour O₂ que l'hémoglobine adulte. Cela peut être relié avec la disponibilité en dioxygène, plus faible dans l'eau que dans l'air.

Question 15 – Comment évolue l'affinité de l'hémoglobine pour le dioxygène en fonction du pH ? À quel effet observé chez les mammifères correspond l'évolution observée chez l'adulte ?

Pour l'hémoglobine larvaire, le pH n'a pas d'impact sur son affinité pour le dioxygène.

Pour l'hémoglobine adulte, une diminution du pH augmente P50 donc diminue l'affinité. L'acidification favorise donc la libération du dioxygène par l'hémoglobine, effet décrit par Bohr chez les mammifères.