

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

Les grenouilles telles que *Rana catesbeiana* (grenouille-taureau) ont une vie larvaire totalement aquatique puis une vie adulte amphibie. Leur respiration met en jeu :

- la peau et les branchies (externes puis internalisées) lors de la vie larvaire
- la peau et les poumons lors de la vie adulte

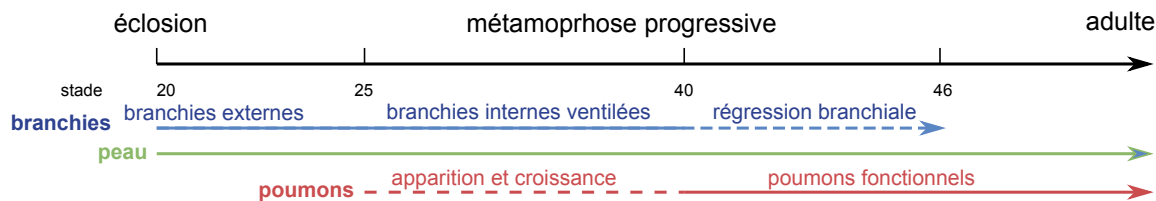


Figure 1 – Modes de respiration de la grenouille au cours de sa vie (stade indiqué est celui établi par Gosner)

La ventilation branchiale apparaît au stade des branchies internes et persiste jusqu'à la régression des branchies. Le trajet de l'eau est illustré dans la figure 2.

L'étude qui suit porte sur le contrôle de la ventilation en fonction du degré d'oxygénation du milieu aquatique. Deux lots de têtards de stade 30 sont suivis :

- lot 1 = un lot témoin de 6 individus
- lot 2 = lot de 8 animaux ayant subi une dénervation de la première paire de branchies.

Les têtards sont placés dans un milieu à $P_{O_2} = 20$ kPa (milieu dit « normoxique ») et la valeur de leur fréquence ventilatoire mesurée sert de référence. Les têtards sont ensuite placés dans une eau à $P_{O_2} = 5$ kPa de dioxygène (milieu dit « hypoxique »). Le taux de CO_2 est similaire dans les deux milieux.

Fréquence de ventilation (en % par rapport au témoin)

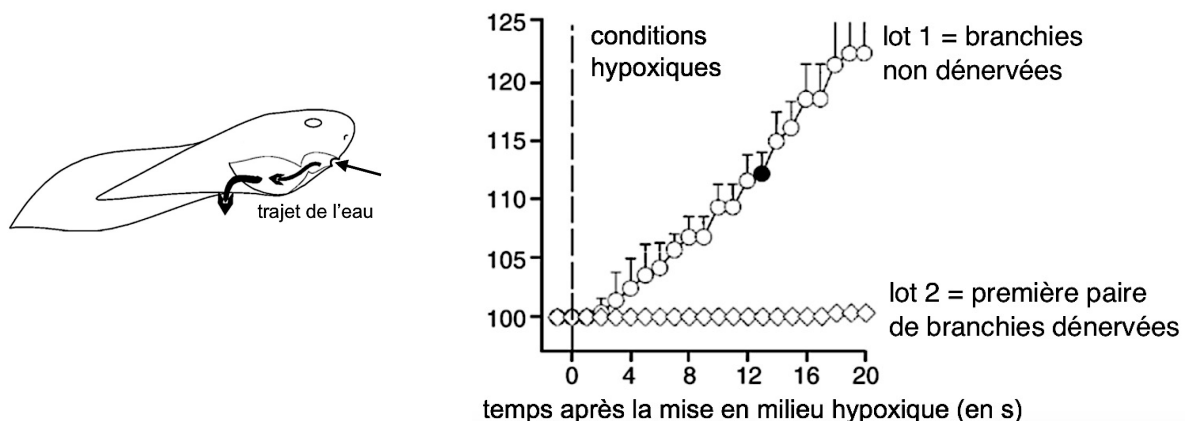


Figure 2 – Effet de l'hypoxie sur la ventilation branchiale au stade VII (source : L. Gargaglioni & W. Milsom, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2007)

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

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

Une fois adulte, la grenouille respire en partie par les poumons. Dénudée de cage thoracique, elle met en jeu une ventilation particulière, décrite ci-dessous.

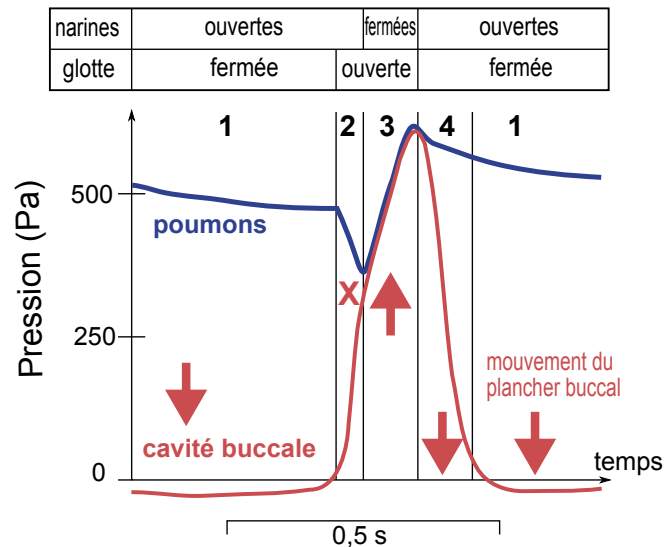


Figure 3 – Suivi de la ventilation chez la grenouille adulte, lors d'un cycle respiratoire. Les flèches rouges indiquent les mouvements du plancher buccal (↓ = abaissement du plancher, X = pas de mouvement du plancher et ↑ = soulèvement du plancher) (Source : T. Vitalis & G. Shelton, *J. Exp. Biol*, 1990)

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

Le rythme ventilatoire d'une grenouille adulte est suivi dans différentes conditions : sous l'eau, dans l'air avec différentes quantités de CO₂ mais une pression partielle équivalente en O₂ (21 kPa). La teneur en CO₂ est indiquée en parties par million (ppm). La valeur normale de l'atmosphère est de 400 ppm de CO₂.

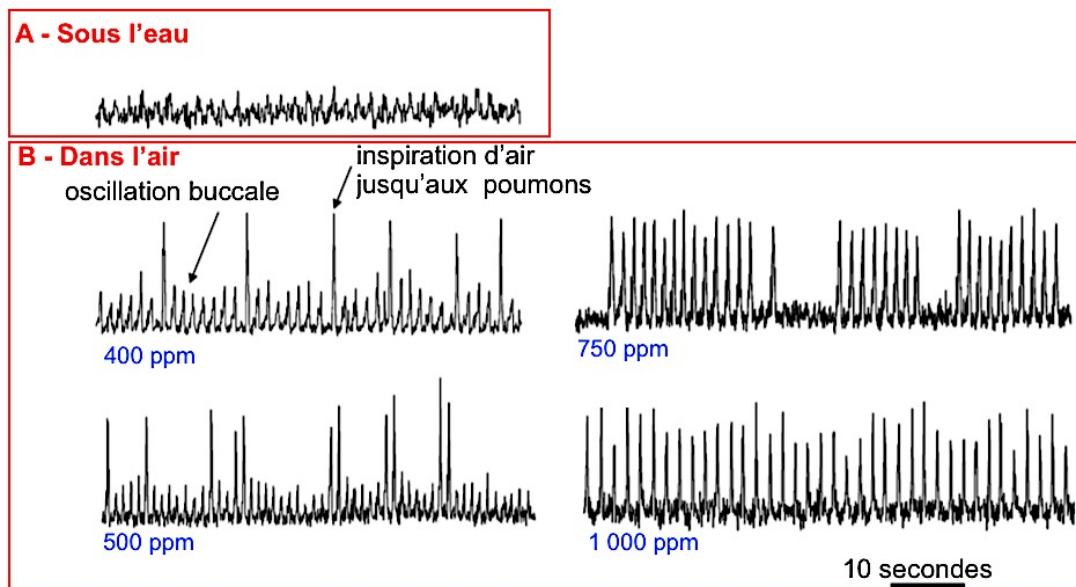


Figure 4 – Activité électrique du nerf trijumeau contrôlant les mouvements du plancher buccal, enregistrée durant 70 secondes sur une grenouille adulte placée dans différents milieux : sous l'eau et dans une atmosphère contenant 21 kPa de dioxygène et une teneur variable en CO₂, indiquée en ppm (en bleu). (source : L. Gargaglioni & W. Milsom, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2007)

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

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

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 ?

1.2. Rôle respiratoire de la peau

Des études à l'aide de respiromètres ont permis de mesurer les flux de dioxyde de carbone CO_2 et de dioxygène O_2 à travers la peau de grenouilles juvéniles de *Rana Catesbeiana* (grenouille-taureau).

Un échantillon de 6 animaux de $225 \text{ g} \pm 70 \text{ g}$ a été suivi : tous les animaux sont placés dans un milieu à 25°C durant 24 heures avant l'expérience. Les échanges gazeux sont alors mesurés lorsque les animaux sont placés dans l'air ou dans l'eau : est alors calculé le rapport d'échange gazeux qui correspond au rapport entre le volume de CO_2 et le volume d' O_2 échangés.

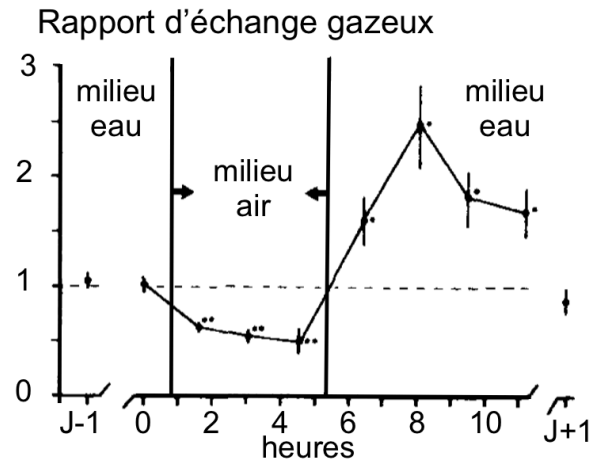


Figure 5 – Rapport d'échange gazeux cutané = volume de CO_2 / volume d' O_2 . Les barres d'erreur sont indiquées après analyse statistique (test de Student) (Source : W. Burggren & R Moalli, *Physiology* 55, 1984)

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.

Afin de valider l'une ou l'autre des hypothèses, les valeurs de flux gazeux traversant la peau des grenouilles sont mesurées et retranscrites sur la figure 6.

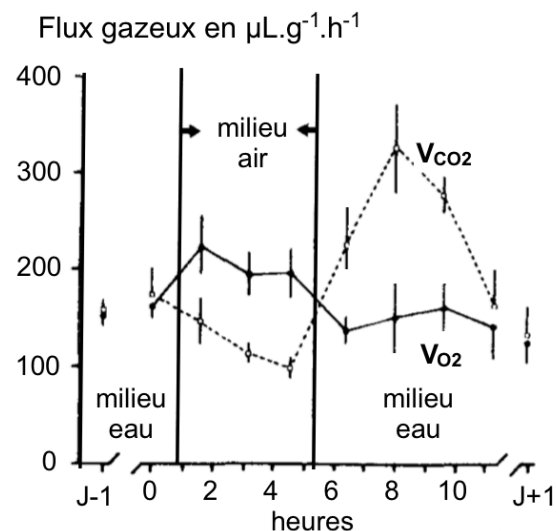


Figure 6 – Flux gazeux cutanés de CO_2 et d' O_2 mesurés lors de la période d'étude, le jour d'avant et le jour d'après. Les barres d'erreur sont indiquées après analyse statistique (test de Student) (Source : W. Burggren & R Moalli, *Physiology* 55, 1984)

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

Question 9 – Analysez les flux de CO_2 en fonction du milieu. Proposez une hypothèse à la différence observée.

La peau des grenouilles semble donc avoir une importance respiratoire différente selon que l'animal est dans l'air ou dans l'eau. Afin de comprendre cette différence, l'équipe de recherche a décidé de suivre l'ouverture des capillaires et donc le flux sanguin cutané, en utilisant un faisceau de lumière dirigé sur une surface réduite de la peau d'une patte postérieure. Les érythrocytes sont alors visibles par transparence (la peau de ces amphibiens est très peu épaisse) : le nombre d'érythrocytes traversant une ligne de 1 mm tracée sur la peau reflète l'ouverture des capillaires et le flux sanguin cutané.

La phénoxybenzamine PB est un antagoniste des récepteurs α à adrénaline : il bloque la vasoconstriction en empêchant les nerfs de provoquer la contraction des muscles lisses des artérioles.

Deux séries d'expériences sont résumées en figure 7 :

- série de mesures témoin : 6 grenouilles juvéniles sans traitement (ligne pleine) ;
- série de mesures après injection de phénoxybenzamine PB à une dose de $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour les même 6 grenouilles (ligne pointillée).

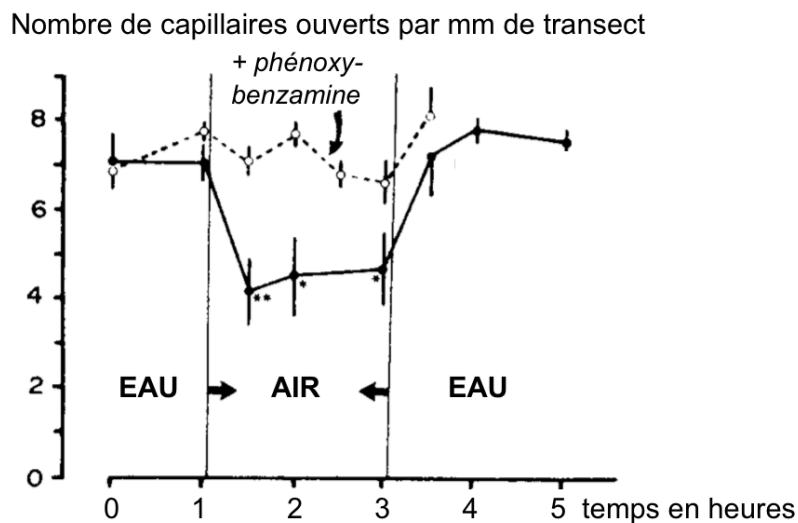
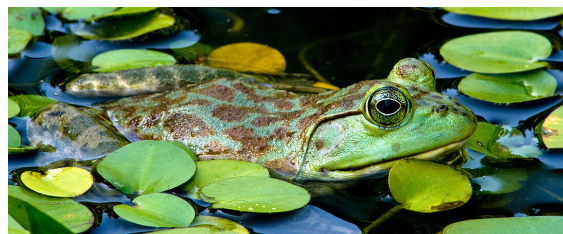


Figure 7 – Nombre de capillaires cutanés ouverts selon le milieu où est placé la grenouille. Les barres d'erreur sont indiquées après analyse statistique (test de Student).
(Source : W. Burggren & R Moalli, *Physiology* 55, 1984)

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

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

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



Grenouille-taureau partiellement immergée

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

durée conseillée : 20 min

Les amphibiens changent de milieu de vie et de mode de respiration. Cette étude porte sur leur hémoglobine. Le modèle est ici le genre *Rana* (espèces *castebeiiana* ou *grylio*).

Du sang a été prélevé chez des animaux de différents stades. Un Western blot a été réalisé à partir des protéines sanguines séparées par électrophorèse en gel de polyacrylamide non dénaturant puis les hémoglobines ont été révélées par des anticorps radioactifs spécifiques. Le Western blot est valide (données non publiées).

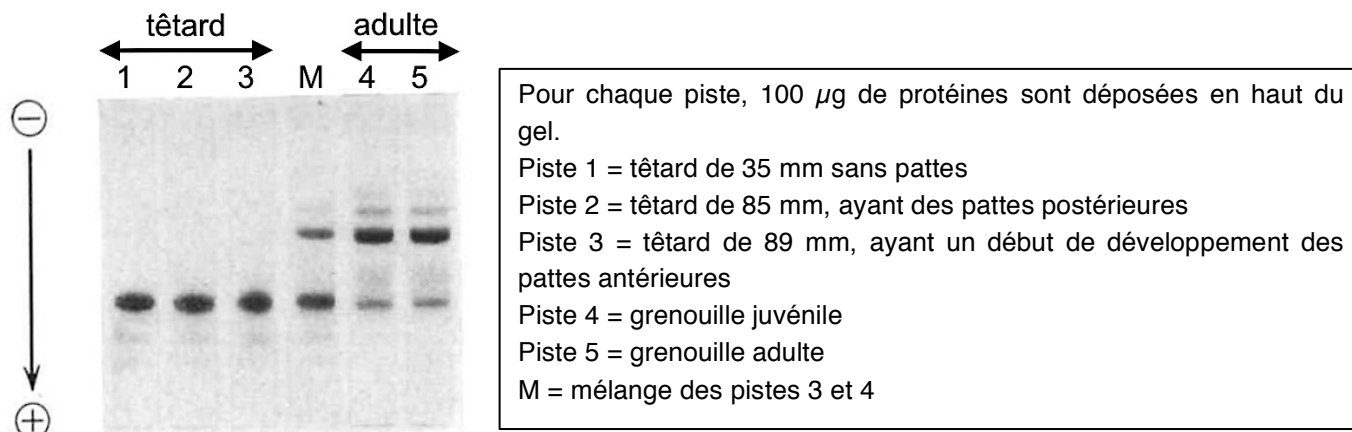


Figure 8 – Gel de polyacrylamide après révélation des hémoglobines marquées radioactivement.
 (source : J. Benbassat, *Journal of Cell Science*, 1974)

Question 13 – Analysez brièvement et interprétez le gel.

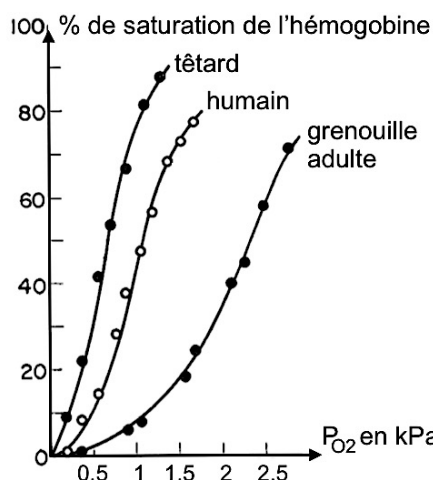


Figure 9 – Courbes de saturation de l'hémoglobine de têtard et adulte de *Rana grylio*, par comparaison avec une hémoglobine humaine, à 30°C et en présence de phosphate à 0,1 mM.
 (Source : C. Trader & E. Frieden, *The Journal of biological chemistry*, 1966)

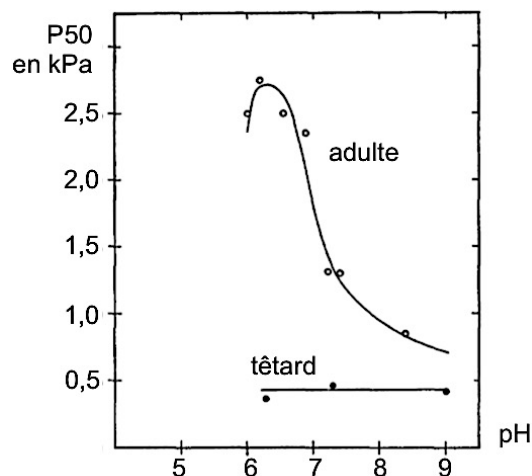


Figure 10 – Variation de la P50 des hémoglobines de têtard et d'adulte de *Rana catesbeiana* en fonction du pH (Source : A. Riggs, *The Journal of General Physiology*, 1951)

Question 14 – À l'aide d'une analyse rigoureuse de la figure 9, 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.

Question 15 – Comment évolue l'affinité de l'hémoglobine pour le dioxygène en fonction du pH observé en figure 10 ? À quel effet observé chez les mammifères correspond l'évolution observée chez l'adulte ?