

Devoir surveillé n°4

Samedi 18 janvier 2025

Épreuve d'analyse de documents de biologie

durée : 1 heure

La respiration de l'anguille, un Téléostéen particulier

PARTIE 1 – LA RESPIRATION DE L'ANGUILLE, UN POISSON QUI SORT DE L'EAU

L'Anguille commune est un poisson capable de se déplacer sur des distances considérables dans les prés, en rampant sur le sol, passant ainsi d'un plan d'eau à un autre, de préférence la nuit et dans l'herbe mouillée.

Comme la majorité des poissons, l'anguille possède une vessie gazeuse. Celle-ci est très irriguée et se trouve reliée au tube digestif par une glande à gaz, sorte de réseau capillaire spécialisé dans le passage des gaz de l'artère mésentérique vers la vessie. Lorsque l'Anguille est dans l'eau, l'air contenu dans la vessie gazeuse contient jusqu'à 65 % de dioxygène.

La consommation de dioxygène d'une Anguille a été suivie lors d'une sortie de l'eau. L'origine du dioxygène a été évaluée et suivie pendant 4 heures. L'expérience s'est déroulée à 7°C.

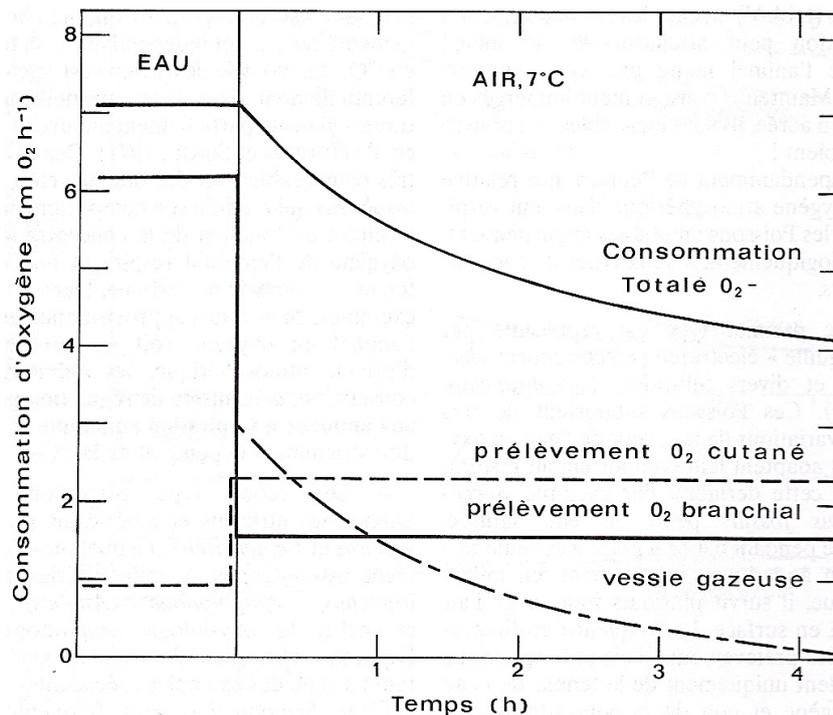


Figure 1 – Consommation de dioxygène d'une anguille à 7°C lors d'une sortie d'eau

Renouvelée à 20°C, l'expérience montre l'apparition d'acide lactique dans le sang de l'Anguille à partir de la 2^{ème} heure de séjour à l'air. Cet acide lactique accumulé a disparu 2 h après la remise à l'eau de l'animal.

Question 1 – Décrivez succinctement l'apport en dioxygène de l'anguille en milieu aquatique.

Question 2 – Décrivez l'évolution de la consommation totale de l'anguille lors de sa sortie hors de l'eau.

Question 3 – Analysez le graphique afin de mettre en évidence les différents organes de respiration mis en jeu et leurs proportions d'usage.

Question 4 – Indiquez comment évolue le pH sanguin de l'anguille lors d'une sortie de l'eau à 20°C.

PARTIE 2 – LE CONTENU EN HÉMOGLOBINE DE L'ANGUILLE

2.1. L'effet Root, un effet du pH propre à certaines hémoglobines

Chez les poissons Téléostéens et quelques Céphalopodes, le pH présente un effet différent à celui observé chez les Mammifères.

Le volume de dioxygène fixé dans le sang total (plasma et globules rouges) s'appelle le **pouvoir oxyphorique** du sang. Il a été mesuré chez une anguille dans différentes conditions de pH, en fonction de la disponibilité en dioxygène du milieu. Le volume de dioxygène fixé par une solution de plasma seul est également mesuré et donné par la courbe noire.

La référence pour un milieu aquatique bien oxygéné est de $P_{O_2} = 155$ mm Hg.

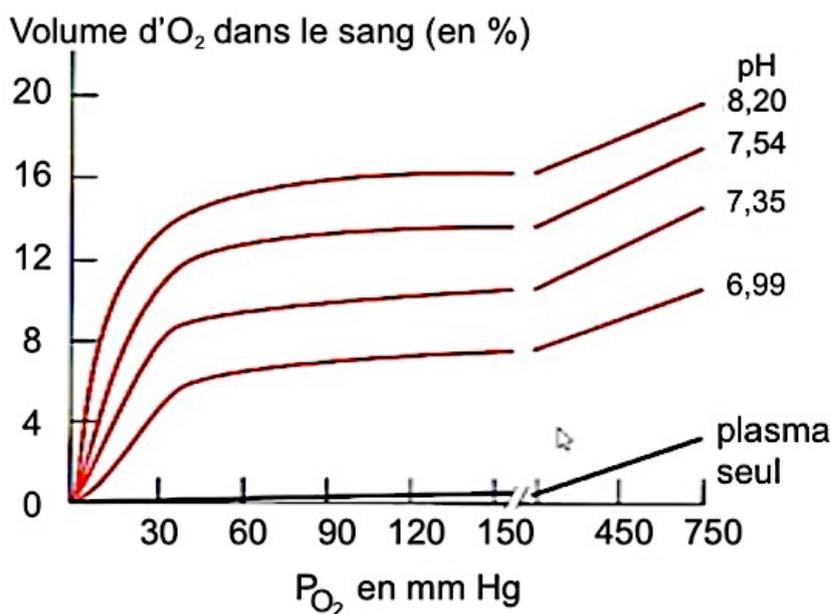


Figure 2 – Effet du pH sur le pouvoir oxyphorique du sang total dans différentes conditions d'oxygénation du milieu. La courbe du plasma seul est identique pour tous les pH testés. La forme est sigmoïde pour toutes les courbes rouges, même si l'échelle ne permet pas de le voir clairement à faible P_{O_2} .
(Source : Yves Muller – Université Montpellier 2)

Question 5 – Décrivez les 2 effets du pH observés dans la gamme de P_{O_2} de 0 à 150 mm Hg. Nommez l'un des deux phénomènes. L'autre s'appelle « effet Root ».

Question 6 – Comment expliquer l'évolution du pouvoir oxyphorique du sang observé pour de fortes P_{O_2} (de 150 à 750 mm Hg) ?

Question 7 – Dans une gamme normale de P_{O_2} entre 120 et 150 mm Hg, lorsque l'activité des poissons augmente, quel est le paradoxe soulevé par l'effet Root ?

2.2. Chromatographie échangeuse d'ions et purification de l'hémoglobine des poissons

Les poissons Téléostéens ont la particularité de posséder plusieurs hémoglobines différentes dans leurs globules rouges (de 1 à 6 sortes selon l'espèce). Le modèle utilisé ici est celui de l'anguille.

Des globules rouges d'anguille sont récoltés par centrifugation de sang de poisson puis éclatés aux ultrasons, afin de recueillir leur contenu en hémoglobine.

La solution ainsi obtenue est tamponnée à un pH de 8,4 puis placée dans une colonne de chromatographie échangeuse d'ions contenant un gel de Séphacel constitué de billes chargées positivement.

Après lavage (fractions 1 à 20), une élution est réalisée en faisant passer une solution tampon progressivement enrichie en NaCl. L'hémoglobine absorbe les longueurs d'onde de 540 nm. Un spectrophotomètre a servi mesuré la densité optique des fractions récoltées lors de la chromatographie.

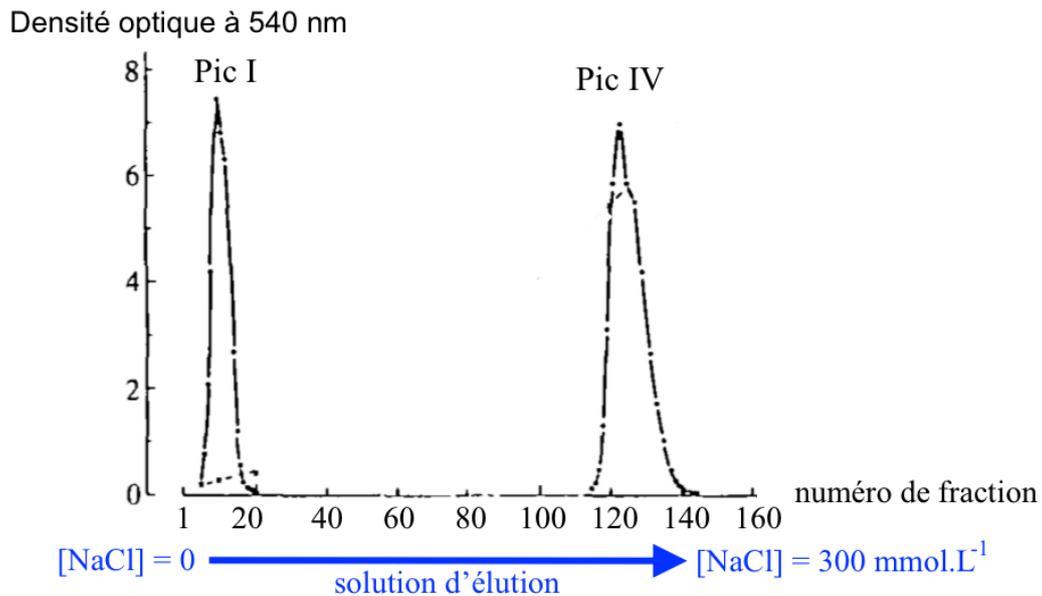


Figure 3 – Mesure de la densité optique dans les fractions d'élution de la chromatographie échangeuse d'ions réalisée sur un gel de Séphacel chargé positivement (Source : B. Pelster & R. Weber, *Journal of experimental Biology*, 1990).

La surface sous les pics permet de déterminer la proportion en nombre de chaque type d'hémoglobine. La surface sous le pic I vaut 11 UA (unités arbitraires) contre 19 UA sous le pic IV.

Question 8 – Quelles informations peut-on tirer de la figure 3 concernant les hémoglobines de l'anguille ?

2.3. Analyse de l'effet du pH sur les hémoglobines de l'anguille

Les mesures de saturation des molécules d'hémoglobine purifiées dans la partie précédente sont réalisées à haute P_{O_2} (200 mm Hg) afin d'être dans les conditions de saturation maximale.

% de saturation de l'hémoglobine du pic I de l'Anguille

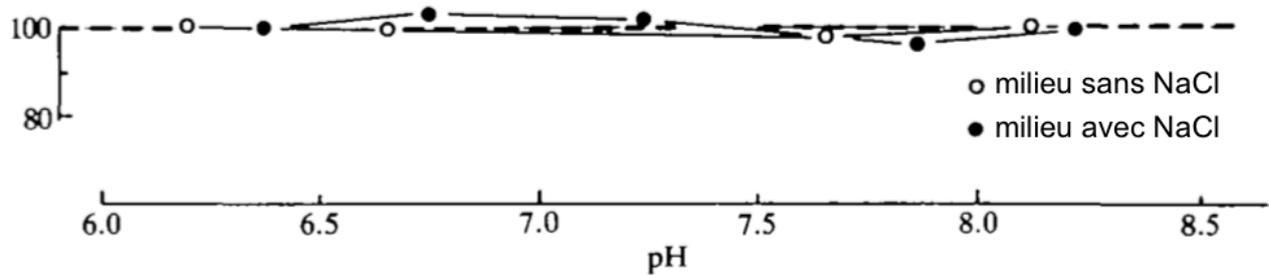


Figure 4 – Mesure de la saturation de l'hémoglobine du pic I en fonction du pH

% de saturation de l'hémoglobine du pic IV de l'Anguille

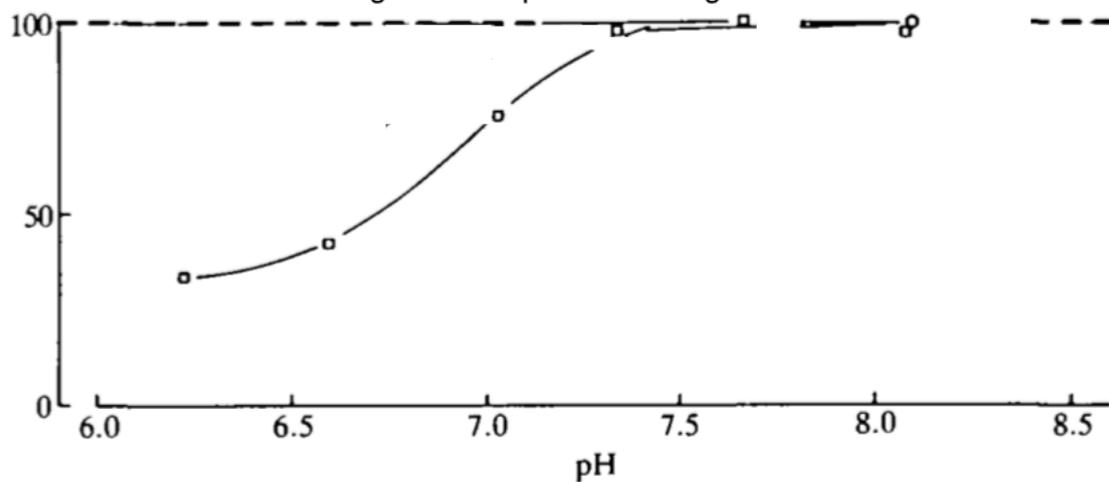


Figure 5 – Mesure de la saturation de l'hémoglobine du pic IV en fonction du pH
(Source : B. Pelster & R. Weber, *Journal of experimental Biology*, 1990).

Question 9 – Comparez la sensibilité des hémoglobines au pH. L'effet du NaCl ne sera pas analysé.

Question 10 – Indiquez l'importance de la coexistence des hémoglobines en cas d'activité musculaire intense de l'anguille.