

Corrigé du 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

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

La consommation du poisson est ici de 7,2 mL d'O₂ par heure.

Dans l'eau, la respiration cutanée représente environ 15 % (1/7) de l'approvisionnement en dioxygène du poisson, contre 85 % pour les branchies. La vessie gazeuse n'est pas utilisée comme apport pour les organes (au contraire, elle stocke le dioxygène).

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

Lorsqu'elle quitte le milieu aquatique, la consommation totale diminue : elle est réduite de 40 % en 4 heures, de **façon non linéaire** car la décroissance est accrue lors de la première heure. On constate que la courbe est parallèle à celle de la consommation du dioxygène de la vessie gazeuse : cette corrélation permet de supposer que la consommation du stock d'O₂ s'amenuise, ce qui conduit à une diminution globale de la consommation (sans doute liée à une baisse de l'activité du poisson ou à la mise en place de processus fermentaires).

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

Passée dans l'air, l'anguille voit la répartition des organes dans la respiration se modifier :

- dès la sortie hors de l'eau, la vessie gazeuse fournit 3 mL d'O₂·h⁻¹, la respiration cutanée est multipliée par 2,5 (passant de 0,9 à 2,5 mL d'O₂·h⁻¹) et la respiration branchiale chute de 6,2 à 1,8 mL d'O₂·h⁻¹, soit une division par 3,5 environ ; il y a donc une **redistribution du sang vers les organes respiratoires** (différente de la distribution lorsque le poisson est dans l'eau) ;
- la vessie gazeuse n'est qu'un **organe d'appoint** qui se vide rapidement, fournissant moins de 1 mL d'O₂·h⁻¹ au bout d'une heure ;
- les respirations cutanée et branchiale restent stables : la peau fournit 1,5 fois plus d'O₂ que les branchies.

La consommation totale tend à diminuer si bien que l'apport des différents organes change.

Proportions des apports de dioxygène dans la consommation totale

Organe	À la sortie de l'eau	après 1h	après 2h	après 3h	après 4h
Vessie gazeuse	40 %	28 %	15 %	5 %	< 1%
Peau	30 %	44 %	50 %	55 %	60 %
Branchies	20 %	28 %	35 %	40 %	40 %

Après une heure, la peau domine donc l'apport en dioxygène.

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

Le pH va diminuer, étant donné l'accumulation d'un acide, l'acide lactique.

PARTIE 2 – LES HÉMOGLOBINES DES POISSONS

1) L'effet Root, un effet du pH propre à certaines hémoglobines

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 ».

Il n'y a pas d'effet du pH sur la fixation d' O_2 par le plasma sanguin, qui reste très faible dans toutes les conditions testées.

La fixation du dioxygène par le sang total montre un enrichissement lié à la pression en dioxygène du milieu : le sang est beaucoup plus riche que le plasma seul, ce qui est cohérent avec la mise en jeu de l'hémoglobine contenue dans les globules rouges.

L'effet du pH est double :

- une diminution de la capacité totale maximale du sang à fixer O_2 lorsque le pH diminue : le **volume maximal** de dioxygène passe de 16 % pour un pH de 8,2 à environ 8 % (soit la moitié) pour un pH de 6,99 ; c'est l'effet **Root** ;
- une baisse de l'affinité lorsque le pH diminue, connue chez les Mammifères sous le nom de l'effet **Bohr**. La P_{50} à pH 8,2 est un peu inférieure à 10 mm Hg contre environ 30 mm Hg à pH 6,99.

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

L'augmentation de la capacité totale du sang à fixer le dioxygène augmente en parallèle de la dissolution d' O_2 dans le plasma, permise par la très forte pression en dioxygène du milieu, en adéquation avec la loi de Henry ($[O_2] = \alpha P_{O_2}$). La part fixée par l'hémoglobine ne semble plus intervenir dans la hausse du pouvoir oxyphorique (les molécules d'hémoglobine sont déjà saturées à $P_{O_2} = 150$ 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 ?

Lorsque le poisson est plus actif, il produit de l'acide lactique qui acidifie le sang. Or cette acidification semble limiter la capacité maximale du sang à fixer le dioxygène. Le poisson aura alors moins de dioxygène disponible dans le sang alors qu'il en consomme plus.

2) Chromatographie échangeuse d'ions et purification de l'hémoglobine des poissons

Question 8 – Quelles informations peut-on tirer de la figure 2 concernant les hémoglobines de l'anguille ?

L'anguille possède 2 sortes d'hémoglobine.

- une hémoglobine neutre ou chargée positivement qui sort en premier (pic I), lors du lavage : elle ne s'est pas liée à la résine ;
- une hémoglobine chargée négativement : elle se lie à la résine et sort en dernier (Hb IV).

Il est possible d'estimer les proportions des 2 hémoglobines : 1/3 de Hb de type pic I et 2/3 de type pic IV.

3) Analyse de l'effet du pH sur les 2 hémoglobines

Question 9 – Comparez la sensibilité des hémoglobines au pH.

Les deux sortes d'hémoglobine présentent des résultats différents :

- Hb du pic IV = sensible au pH, elle n'atteint pas sa capacité maximale à bas pH : elle est donc sensible à l'effet Root ;
- Hb du pic I = insensible au pH (pas d'effet Root) : sa saturation est maximale quel que soit le pH.

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

L'hémoglobine du pic I est insensible au pH donc elle peut être saturée même en cas de baisse de pH liée à l'activité du poisson : elle assure une hématoxémie importante au niveau des branchies. L'hémoglobine de type IV étant sensible au pH permet quant à elle de mieux approvisionner les tissus en activité, qui acidifient le milieu.