

Activité 3 : Le sang, un milieu tamponné

L'équilibre acido-basique de l'organisme est essentiel à la vie.

La présence de CO_2 dissous dans le sang est une des résultantes de l'activité cellulaire. De cette activité cellulaire résulte aussi une production d'ions H_3O^+ non négligeable, largement suffisante pour faire descendre le pH sanguin à des valeurs rapidement incompatibles avec la survie cellulaire si le sang n'était pas tamponné.

De multiples réactions enzymatiques sont dépendantes du maintien dans une étroite limite du pH : entre 7,35 et 7,45.

Document 1 : Régulations de l'acidité dans le corps humain

Le stock d'acide de l'organisme est maintenu constant par deux systèmes régulateurs indépendants : les reins et les poumons. Chacun est spécialisé dans l'élimination d'un type d'acide bien précis : les acides forts pour les reins et le CO_2 pour les poumons. Ces systèmes régulateurs sont toutefois situés loin des tissus où se produit l'agression acido-basique; ils ont un délai d'intervention de quelques minutes pour le poumon à quelques heures pour le rein. Compte tenu de la grande sensibilité des processus métaboliques au pH, les cellules ne peuvent pas se permettre d'attendre, d'où la nécessité d'avoir des systèmes tampons présents partout dans l'organisme.

D'après http://spcfa.spip.ac-rouen.fr/IMG/pdf/5a_la_synthese_argumente_2013_exemple.pdf

Document 2 : Influence du pH sur les processus métaboliques

La majorité des processus métaboliques sont réalisés à l'aide d'enzymes. Ce sont des macromolécules qui catalysent (accélèrent) des réactions chimiques au sein de l'organisme. Ces macromolécules, chaînes d'acides aminés, portent des fonctions chimiques qui sont sensibles aux variations de pH. Ces groupes fonctionnels peuvent se protonner ou se déprotonner selon le pH du milieu dans lequel se trouve l'enzyme. Ainsi, en modifiant le pH on modifie la structure tridimensionnelle des enzymes : ces dernières perdent alors leurs pouvoirs catalytiques.

Document 3 : Solution tampon

Une solution tampon est une solution qui maintient approximativement le même pH :

- malgré l'addition de petites quantités d'un acide ou d'une base
- malgré une dilution

Dans le sang, ce sont des couples acide/base particuliers, qui permettent la régulation du pH. Par exemple, le couple ion dihydrogénophosphate / ion hydrogénophosphate présent dans le sang, est appelé tampon plasmique mais on trouve également d'autres couples comme celui du dioxyde de carbone.

Document 4 : Couples acide/base et pKa associés à 25°C

-pKa ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$) = 6,8

-pKa ($\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{HCO}_3^-$) = 6,1

-pKa ($\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$) = 10,3

-pKa couple de l'acide lactique ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}/\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2^-$) = 3,9

Un acide α -aminé appartient à deux couples ayant chacun un pKa:

-couple 1: $\text{H}_3\text{N}^+-\text{CRH}-\text{COOH} / \text{H}_2\text{N}^+-\text{CRH}-\text{COO}^-$

-couple 2: $\text{H}_2\text{N}^+-\text{CRH}-\text{COO}^- / \text{H}_2\text{N}-\text{CRH}-\text{COO}^-$

pKa₁ est proche de 2 et pKa₂ est autour de 9-10

Document 5 : Loi de Henry

La concentration d'un gaz dissous est relié à sa pression partielle par la loi de Henry:

$$[\text{CO}_2]_{\text{dissous}} = a \cdot P_{\text{CO}_2}$$

Avec a: le coefficient de solubilité aqueuse du CO_2 et P_{CO_2} : la pression partielle en CO_2 .

1. Quels sont les différents régulateurs de pH du corps humain ?
2. Lors d'un effort physique violent ou prolongé, de l'acide lactique est formé et libéré dans le sang , cet acide est notamment responsable des crampes musculaires. Quel problème cela entrainerait-t-il s'il n'y avait pas de régulation de pH ?
3. Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec les ions hydrogénocarbonate présents dans le sang.
4. Expliquer alors pourquoi la respiration est indirectement un élément de contrôle important du pH sanguin.
5. Sur l'exemple des acides aminés, expliquer pourquoi une modification importante du pH peut avoir une influence sur la structure moléculaire. Vous préciserez la forme prédominante des acides aminés au pH sanguin.
6. Dans les conditions physiologiques normales, on a les valeurs suivantes :
 $[\text{HCO}_3^-]_{\text{physio}} = 24 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$
 $P_{\text{CO}_2} = 40 \text{ mm (Hg)}$
 $a = 0,03 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}(\text{Hg})$
Calculer alors la valeur du pH sanguin associée dans ces conditions et en déduire si cela est viable ou non.
7. En déduire la valeur de la concentration des ions hydronium dans le sang dans ce cas.
8. Justifier que le couple correspondant au tampon plasmique soit adapté pour fixer le pH du sang.
9. Calculer le rapport des concentrations de l'acide et de la base du couple correspondant au tampon plasmique dans ce cas. Traduire votre résultat par une phrase.