Module de Biophysique

SERIE 5

Biophysique des solutions (4)

Flux convectifs du solvant et du soluté

Pr. Bouteïna Boutabia-Chéraitia

Faculté de Médecine d'Annaba

1 **SERIE 5 -avec corrigé-** *Pr B. Boutabia-Chéraitia*

Exercice 1:

Une cuve horizontale est séparée par une membrane sélective, en deux compartiments (1) et (2) de même volume. Chacun contient une solution de glucose, l'une de concentration $C_1 = 8mmol/l$ et l'autre de concentration $C_2 = 3mmol/l$. La température de l'ensemble est de $20°C$. On exerce sur (1) une pression $P_1 = 12.5kPa$ et sur (2) une pression $P_2 = 5kPa$. La perméabilité diffusive de la membrane vis à vis du glucose est $P = 6.10^{-7}m/s$ et son coefficient de réflexion est $\sigma = 0.2$. Le coefficient de filtration hydraulique est $P_f = 10^{-11}m/s$.

$1)$ $a)$ Calculer en (m/s) le flux convectif et le flux diffusif de l'eau. Dans quel sens s'établit chacun d'eux?

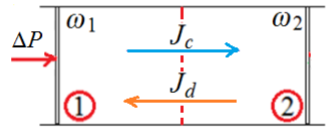
$b)$ Calculer le flux net d'eau, et donner son sens.

$2)$ Calculer le flux net du glucose et donner son sens.

Réponses

2 **SERIE 5 -avec corrigé-** ***Pr B. Boutabia-Chéraitia***

$1)\ a) * P_1 > P_2$



$\Rightarrow \Delta P : (1) \rightarrow (2)$ et $\Delta P = P_1 - P_2$

$\Rightarrow J_c : (1) \rightarrow (2)$

J_c : flux convectif du solvant.

$$J_c = \frac{P_f V_{me}}{RT}\Delta P = \frac{10^{-11}\times 18\times 10^{-6}}{8.31\times 293} \times 7.5 \times 10^3 = 5.5 \times 10^{-16} m/s$$

$V_{me} = 18cm^3$: volume molaire de l'eau.

$* \ \omega_1 > \omega_2 \Rightarrow \Delta\pi : (2) \rightarrow (1) \Rightarrow J_d : (2) \rightarrow (1)$

J_d : flux diffusif du solvant.

$$J_d = \frac{P_f V_{me}}{RT}\sigma\Delta\pi = \frac{P_f V_{me}}{RT}\sigma RT\Delta\omega$$

$$= P_f V_{me}\sigma\Delta\omega = 10^{-11} \times 18 \times 10^{-6} \times 0.2 \times 5 = 1.8 \times 10^{-16} m/s$$

$b)\ \vec{J} = \vec{J_c} + \vec{J_d}$

$J_c > J_d \Rightarrow J : (1) \rightarrow (2)$

$J = J_c - J_d = L(\Delta P - \sigma\Delta\pi) = 3.7 \times 10^{-16}\ m/s$

$L = \frac{P_f V_{me}}{RT}$: perméabilité convective de la membrane.

3 **SERIE 5 -avec corrigé-** ***Pr B. Boutabia-Chéraitia***

$2) *$ Le flux net $\vec{J}$ du solvant entraîne avec lui un flux convectif du soluté, qui s'écrit:

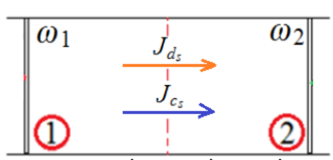
$$J_{c_s} = (1-\sigma)J\overline{C_s} = 0.8 \times 3.7 \times 10^{-16} \times 5.5 = 16.28 \times 10^{-16}\ mol/m^2.s$$

$J_{c_s} : (1) \rightarrow (2)$

$$\overline{C_s} = \frac{C_{1s}+C_{2s}}{2} = \frac{8+3}{2} = 5.5 mol/m^3$$

$* \ C_1 > C_2 \Rightarrow J_{d_s}$: flux diffusif du soluté de $(1) \rightarrow (2)$.

$$J_{d_s} = P|\Delta C_{is}| = 6 \times 10^{-7} \times 5 = 3 \times 10^{-6} mol/m^2.s$$



$*$ Le flux net $\vec{J_s}$ du soluté: $\vec{J_s} = \vec{J_{d_s}} + \vec{J_{c_s}}$

J_{d_s} et J_{c_s} de même sens $\Rightarrow J_s : (1) \rightarrow (2)$

$$J_s = J_{d_s} + J_{c_s} = P|\Delta C_{is}| + (1-\sigma)J\overline{C_s} = 3 \times 10^{-6} mol/m^2.s$$

4 **SERIE 5 -avec corrigé-** **Pr B. Boutabia-Chéraitia**

Exercice 2:

Un réservoir est séparé en deux compartiments par une membrane poreuse de perméabilité convective $L = 1.25 \times 10^{-11} m/Pa.s$. Les deux compartiments contiennent une solution de glucose aux concentrations $C_1 = 3mmol/l$ et $C_2 = 1mmol/l$. Vis à vis du glucose, le coefficient de réflexion de la membrane vaut $\sigma = 0.6$, et sa perméabilité diffusive est $P = 4.9 \times 10^{-9} m/s$.
On exerce sur ces compartiments les pressions $P_1 = 3.7kPa$ et $P_2 = 5.1kPa$. La température est de $25°C$.
Calculer en précisant leur sens, les flux net d'eau (J) et de glucose (J_G).

Réponses

Pour l'eau:

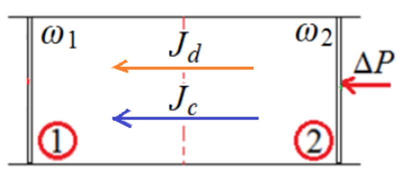
$* P_2 > P_1 \Rightarrow \Delta P : (2) \rightarrow (1) \Rightarrow J_c : (2) \rightarrow (1)$ $\Delta P = P_2 - P_1$

$J_c = L\Delta P = 1.25 \times 10^{-11} \times 1.4 \times 10^3 = 1.75 \times 10^{-8} m/s$

5 **SERIE 5 -avec corrigé-** **Pr B. Boutabia-Chéraitia**

$* \omega_1 > \omega_2 \Rightarrow J_d : (2) \rightarrow (1)$

$J_d = L\sigma\Delta\pi = 1.25 \times 10^{-11} \times 0.6 \times 8.31 \times 298 \times 2 = 3.71 \times 10^{-8} m/s$



$* \vec{J} = \vec{J_c} + \vec{J_d}$

J_c et J_d de même sens $\Rightarrow J : (2) \rightarrow (1)$

$J = J_c + J_d = L(\Delta P + \sigma\Delta\pi) = 5.46 \times 10^{-8} m/s$

Pour le glucose:

$*$ Le flux net d'eau entraîne lui un flux convectif du glucose:

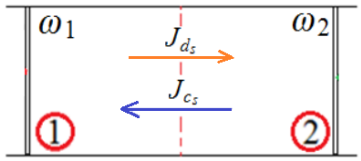
$J_{c_s} = (1-\sigma)J\overline{C_s} = 0.4 \times 5.46 \times 10^{-8} \times \frac{3+1}{2} = 4.3 \times 10^{-8} mol/m^2.s$

$J_{c_s} : (2) \rightarrow (1)$

6 **SERIE 5 -avec corrigé-** **Pr B. Boutabia-Chéraitia**

$* \; C_1 > C_2 \Rightarrow J_{d_s} : (1) \rightarrow (2)$

$J_{d_s} = P|\Delta C_{is}| = 4.9 \times 10^{-9} \times 2 = 0.98 mol/m^2.s$



$*$ Le flux net $\overrightarrow{J_s}$ du soluté: $\overrightarrow{J_s} = \overrightarrow{J_{d_s}} + \overrightarrow{J_{c_s}}$

$J_{c_s} > J_{d_s} \Rightarrow J_s : (2) \rightarrow (1)$

$J_s = J_{c_s} - J_{d_s} = (1-\sigma)J\overline{C_s} - P|\Delta C_{is}| = 3.32 \times 10^{-8} mol/m^2.s$

7 **SERIE 5 -avec corrigé-** **Pr B. Boutabia-Chéraitia**

Exercice 3:

Une membrane poreuse sépare un réservoir en deux compartiments de même volume contenant du lactose aux concentrations $C_1 = 0.5 mol/l$ et $C_2 = 0.1 mol/l$, à la température de $20°C$. Pour empêcher tout flux initial de liquide on doit exercer une pression hydrostatique de $682 kPa$.

1) Calculer le coefficient de réflexion de la membrane vis à vis du lactose.

2) En l'absence de cette pression hydrostatique, le débit volumique initial par m^2 de membrane étant de $7.56 \times 10^{-6}\ m/s$, calculer le coefficient de filtration P_f en mm/s.

3) Toujours en l'absence de cette pression hydrostatique, le flux net du lactose vaut $0.17 mmol/m^2 s$ et est dirigé de $(2) \rightarrow (1)$. Calculer la perméabilité diffusive vis à vis du lactose en $(\mu m/s)$.

Réponses

8 **SERIE 5 -avec corrigé-** **Pr B. Boutabia-Chéraitia**

1) *Pour le solvant:*

$* \ \omega_1 > \omega_2 \Rightarrow J_d : (2) \rightarrow (1)$

$J_d = L\sigma\Delta\pi$

$*$ Pour empêcher tout flux d'eau, càd pour avoir un flux net d'eau $J = 0$, on doit exercer $\Delta P = 682kPa$.

$\vec{J} = \vec{J_c} + \vec{J_d}$

$J = 0 \Rightarrow J_c = J_d$ avec J_c et J_d de sens contraires.

$\hookrightarrow J_d : (2) \rightarrow (1) \ \Rightarrow J_c : (1) \rightarrow (2) \ \Rightarrow \Delta P : (1) \rightarrow (2)$

$\hookrightarrow J_c = J_d \Rightarrow L\Delta P = L\sigma\Delta\pi$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{\Delta P}{\Delta\pi} = \frac{\Delta P}{RT\Delta\omega} = \frac{682\times10^3}{8.31\times293\times0.4\times10^3} = 0.7$$

2) Si $\Delta P = 0 \Rightarrow J_c = 0$

$$\Rightarrow J = J_d = 7.56\times10^{-6}\ m/s$$

$$J : (2) \rightarrow (1)$$

9 **SERIE 5 -avec corrigé-** **Pr B. Boutabia-Chéraitia**

$* \ J_d = L\sigma\Delta\pi$

$$\Rightarrow J_d = \frac{P_f V_{me}}{RT}\sigma\Delta\pi = \frac{P_f V_{me}}{RT}\sigma RT\Delta\omega = P_f V_{me}\sigma\Delta\omega$$

$$\Rightarrow P_f = \frac{J_d}{V_{me}\sigma\Delta\omega} = \frac{7.56\times10^{-6}}{18\times10^{-6}\times0.7\times0.4\times10^3} = 1.5\times10^{-3}\ m/s = 1.5mm/s$$

3) *Pour le soluté:*

$* \ C_1 > C_2 \Rightarrow J_{d_s} : (1) \rightarrow (2)$

$J_{d_s} = P|\Delta C_{is}|$

$*$ Le flux net du solvant entraîne avec lui un flux convectif du soluté.

$J_{c_s} : (2) \rightarrow (1) \qquad J_{c_s} = (1-\sigma)J\overline{C_s}$

$* \ \vec{J_s} = \vec{J_{d_s}} + \vec{J_{c_s}} \qquad J_{d_s}$ et J_{c_s} de sens opposés.

$$\left.\begin{array}{l} J_s : (2) \rightarrow (1) \\ J_{c_s} : (2) \rightarrow (1) \end{array}\right\} \Rightarrow J_s = J_{c_s} - J_{d_s} = (1-\sigma)J\overline{C_s} - P|\Delta C_{is}|$$

$$\Rightarrow P = \frac{J(1-\sigma)\overline{C_s} - J_s}{|\Delta C_{is}|} = \frac{7.56\times10^{-6}\times0.3\times0.3\times10^3 - 0.17\times10^{-3}}{0.4\times10^3} = 1.27\times10^{-6}m/s$$

$$= 1.27\mu m/s$$