

# Equilibres acido-basiques

## Cours n°3



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

# Sommaire

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine

# A) Couple acide base

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine

➤  $\text{H}_2\text{O}$  est une molécule faiblement ionisée en  $\text{H}^+$  et  $\text{OH}^-$  et avec un équilibre :  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$  ou  $100 \text{ nmol/L}$   $25^\circ\text{C}$ .

## Etat acido-basique

- ♥ Solution neutre →  $[\text{H}^+] = 100 \text{ nmol/L}$
- ♥ Solution acide →  $[\text{H}^+] > 100 \text{ nmol/L}$
- ♥ Solution basique →  $[\text{H}^+] < 100 \text{ nmol/L}$

➤ Un couple acido-basique est une molécule capable dans l'eau de déplacer l'équilibre entre les ions  $\text{H}^+$  et les ions  $\text{OH}^-$ .

**Les fonctions cellulaires sont influencées par l'état acido-basique d'où la nécessité d'une fine régulation**

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine

Le PH influe sur des fonctions vitales de l'organisme :

- Ouverture des canaux membranaires
- Vitesse des interactions enzymatiques
- Interaction entre les protéines (modification de forme)
- **Transport de l'oxygène par l'hémoglobine**

**Le PH du milieu extracellulaire varie peu : 7,38 à 7,42**

# Mais ..

- L'organisme est soumis en permanence à une « **charge acide** » due au métabolisme énergétique (phosphorylation oxydative ++).
- Ce métabolisme produit principalement des protons qui vont donner du CO<sub>2</sub> (car  $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) mais aussi des acides lactiques, sulfuriques, corps cétoniques..
- Le CO<sub>2</sub> sera éliminé par les poumons alors que les protons libres seront associés à des anions organiques et éliminés par les reins sous forme d'ammonium ou d'acide phosphorique.

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine

# B) Rôles des rein/poumons

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine

## ➤ AU REPOS

- Métabolisme de base : énergie produite principalement par lipolyse mais rejette des  $H^+$
- Déplacement équilibre de la réaction vers la création de  $CO_2 \Rightarrow$  Elimination par les poumons
- les reins peuvent **sécréter les protons dans les urines et rejeter des bicarbonates ( $HCO_3^-$ ) dans le sang.**  
Recyclage ++

## ➤ A L'EFFORT

- Demande énergétique augmente ainsi que la production de  $H^+$
- $H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$  équilibre déplacé ++ vers la production de  $CO_2$
- **Adaptation des poumons qui augmentent la fréquence ventilatoire d'un facteur 15 maximum**
- On évite l'acidose
- **ATTENTION : LES REINS NE S'ADAPTENT PAS DURANT L'EFFORT**

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine



## ➤ A L'ARRET DE L'EFFORT

- On revient à un métabolisme de base
- Le rein augmente sa capacité de sécrétion des protons et fabrique des bicarbonates qu'il rejette dans le milieu extracellulaire
- Le  $\text{NH}_4^+$  (ammonium) résultant du trappage des protons par le  $\text{NH}_3$  (ammoniac) dans l'urine primitive, **augmente d'un facteur 5 au maximum.**
- **ON PARLE DE COUPLAGE FONCTIONNEL POUMON/REIN ABOUTISSANT A UN EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE.**

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine



- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine

Les bicarbonates sont fabriqués par les reins

$$\text{pH} = 6,10 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 6,10 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\alpha \text{ PCO}_2}$$

$\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Le gaz carbonique est éliminé par les poumons

$\text{H}_2\text{CO}_3 =$  coefficient de solubilité ( $\alpha$ ) x pression partielle du  $\text{CO}_2$ .

La régulation de la  $\text{PCO}_2$  et des bicarbonates permet une régulation de la concentration de protons donc du PH.

La  $\text{PCO}_2$  est régulée par la ventilation

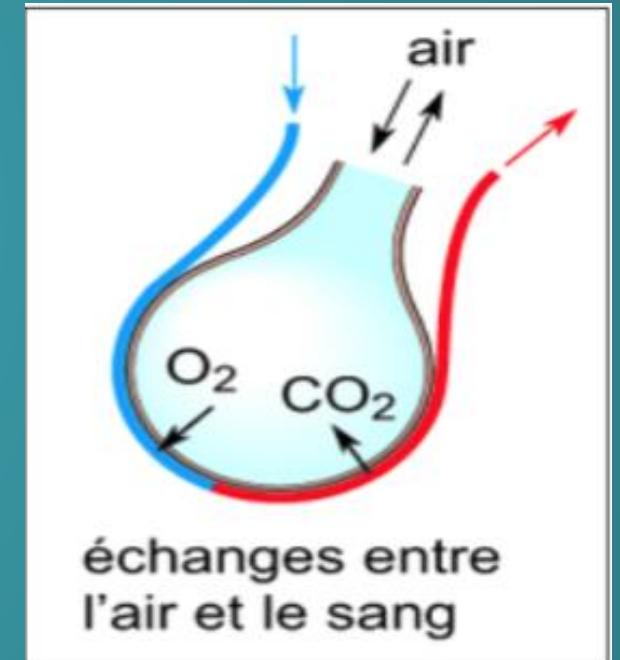
# A) Les alvéoles pulmonaires

L'hématose (oxygénation) et l'épuration du CO<sub>2</sub> va se faire au niveau de la membrane alvéolo-capillaire de l'alvéole pulmonaire.

Les échanges gazeux se font selon la **loi de FICK**. La diffusion du CO<sub>2</sub> de du sang vers l'air va alors s'exprimer :  
*S : surface d'échange de la membrane/  $\Delta PCO_2$  : gradient de pression partielle du CO<sub>2</sub> entre l'air et le sang/ e : épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire.*

$$\frac{S \times \Delta PCO_2}{e}$$

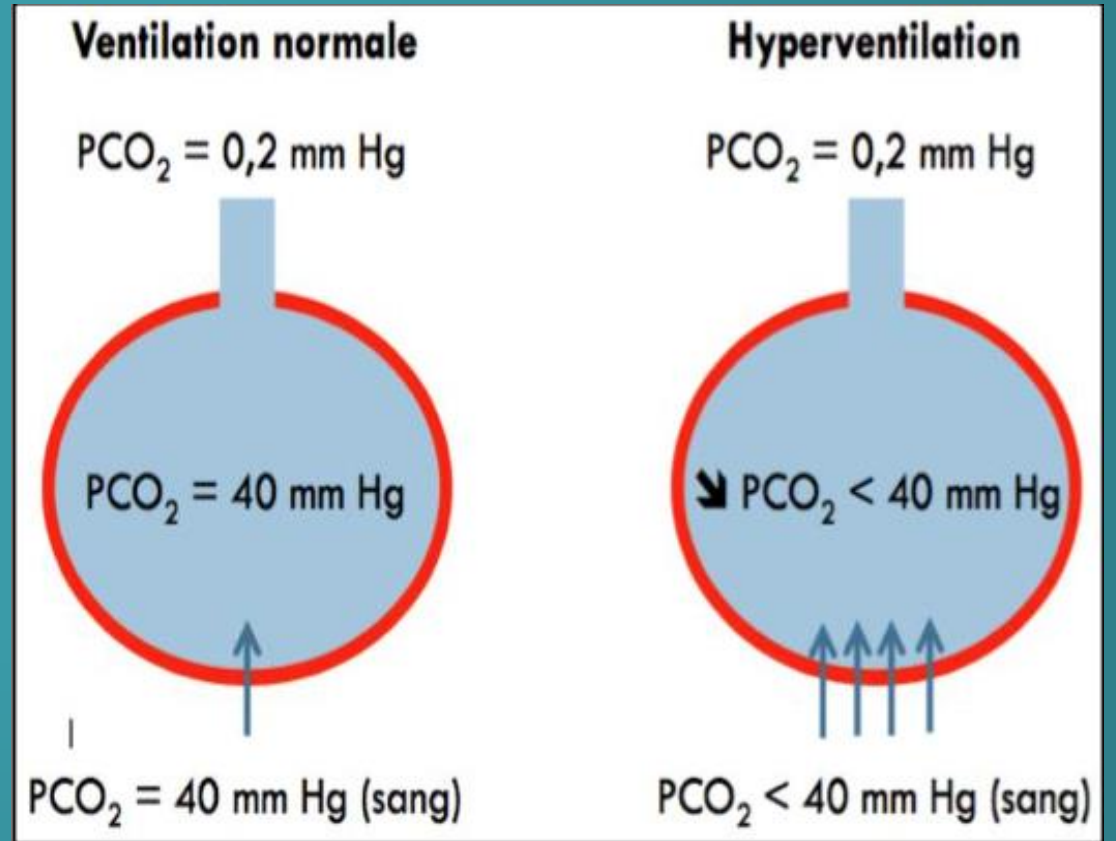
- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine



# B) Diffusion du CO<sub>2</sub> et ventilation

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine

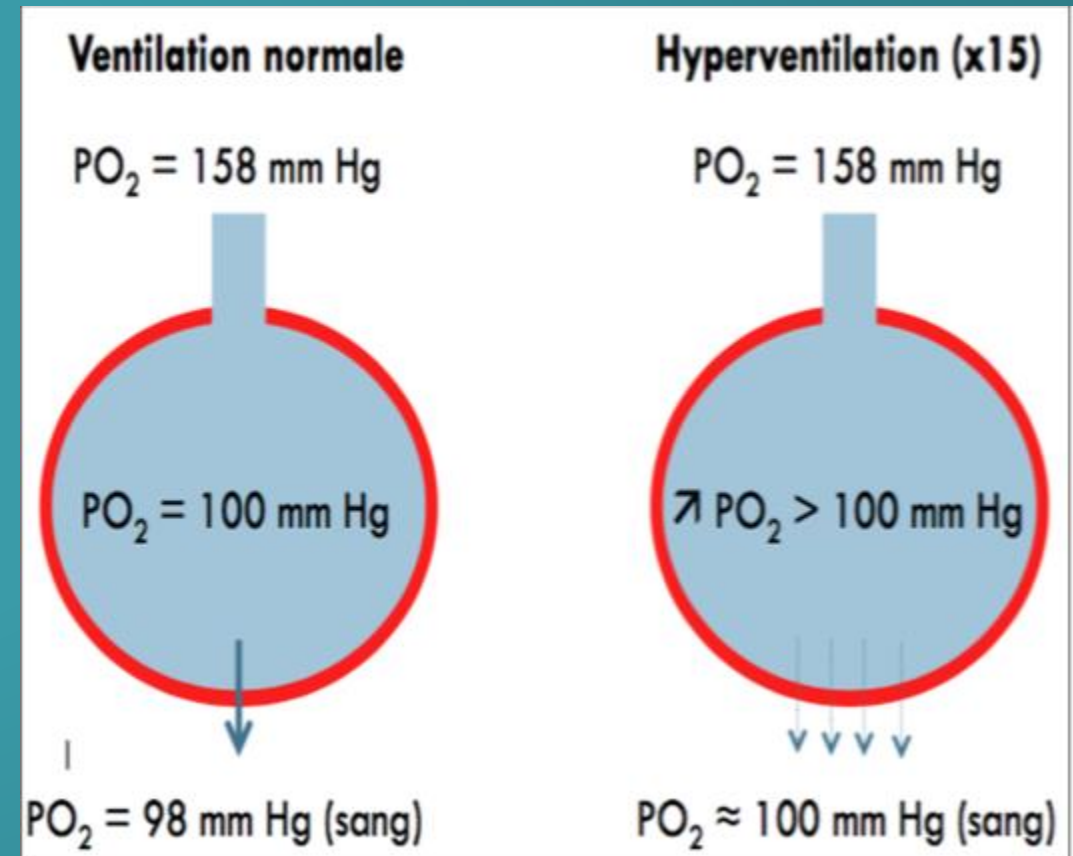
- Le renouvellement de l'air alvéolaire partir de l'air atmosphérique permet de faire baisser la PCO<sub>2</sub> de l'air alvéolaire et donc d'augmenter le gradient de diffusion du CO<sub>2</sub> du sang vers l'alvéole.
- En cas d'**hyperventilation**, ↗ diffusion du CO<sub>2</sub> vers l'extérieur => ↘ PCO<sub>2</sub> alvéolaire => ↗ diffusion CO<sub>2</sub> du sang vers l'alvéole.



# C) Diffusion de l'O<sub>2</sub> et ventilation

- faible gradient de PO<sub>2</sub> entre l'air alvéolaire et atmosphérique
- Le renouvellement de l'air alvéolaire à partir de l'air atmosphérique **augmente peu la PO<sub>2</sub>** dans les alvéoles.
- Cette fois ci, on cas d'hyperventilation on aura une **faible augmentation de la PO<sub>2</sub> sanguine** mais une forte épuration en CO<sub>2</sub>.

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine



# Crise de tétanie

- Le  $\text{Ca}_{2+}$  et les  $\text{H}^+$  sont en équilibre dynamique avec les anions protéiques selon l'équation :  $\text{H}^+ + \text{Ca}_{2+} + \text{Pr}^- \rightarrow \text{PrCa} + \text{PrH}$ .
- L'hyperventilation diminue la quantité de  $\text{CO}_2$  et donc de  $\text{H}^+$  ce qui libère des sites protéiques qui vont capter encore plus de calcium ionisé.
- La diminution de la calcémie ionisée entrave le fonctionnement des muscles striés squelettiques.
- On ne modifie pas le calcium total!

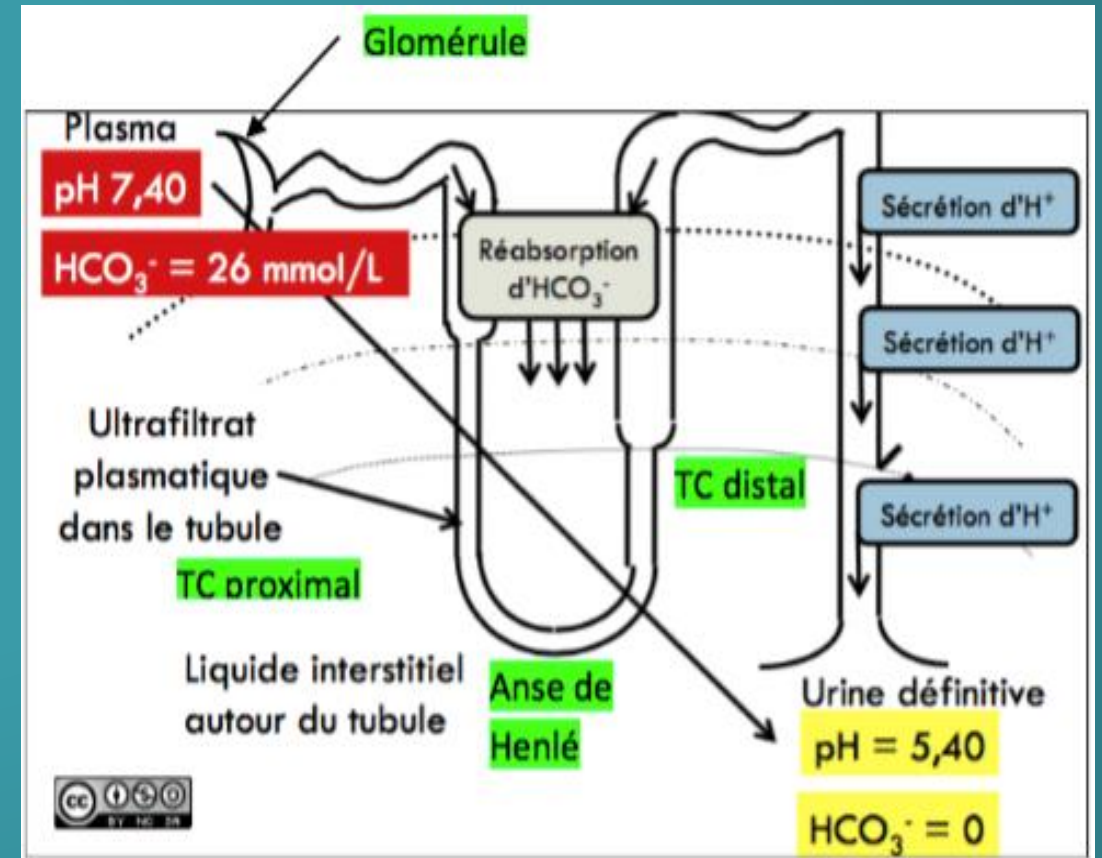
- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine



# D) Reins et bicarbonates

- Sécrétion de protons dans l'urine primitive (pompe  $H^+$ /ATPase) et réabsorption de bicarbonates = recyclage ++
- Les protons sécrétés ne restent pas à l'état libre mais s'associent avec la base de 2 principaux couples acido-basiques de l'urine : **l'acide phosphorique et l'ammoniac**.
- La sécrétion de protons est modulable car permet la régulation du PH du milieu intérieur.

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine



# D) Capacité à fabriquer des bicarbonates

- I) Généralités
- II) Acide carbonique
- III) Pouvoir tampon
- IV) Analyse du pouvoir tampon
- V) Applications en médecine

➤ Le couple  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  est le principal accepteur de protons de l'urine. En effet, l'ammoniac est facilement renouvelable car c'est un gaz qui diffuse librement selon son gradient de concentration.

$\text{NH}_4^+ = 75\%$  des bicarbonates → Augmentation possible de la production x5

$\text{H}_2\text{PO}_4^- = 25\%$  des bicarbonates → Pas d'augmentation