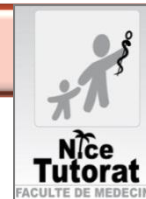


PROPRIETES ACIDO-BASIQUES DES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS



I- Généralités

- L'ion H^+ est le principal ion du corps humain
- **Potentiel hydrogène** = concentration en H^+ dans une solution :

$$pH = -\log[H^+] = \log(1/[H^+])$$

Les pH compatibles avec la vie humaine se situent **entre 7 et 7,7**

- ➔ il s'agit donc d'une variable **homéostatique**
- ➔ le pH **plasmatique** oscille entre **7,4 ± 0,02**. En particulier :
 - 7,38 < pH artériel < 7,42
 - 7,35 < pH veineux < 7,42

Exemples d'autres valeurs de pH trouvées dans l'organisme :

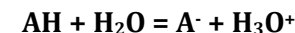
- **salive** : 6,5
- **urines** : 4,5 – 7
- **suc gastrique** : 1
- **sécrétions pancréatiques** : 8

- La connaissance du **pH plasmatique** permet d'en déduire le **pH intraCR**
- Des **modifications du pH** se répercutent sur l'état des **liaisons faibles** (hydrogène et de Van der Waals) au sein de l'organisme.

Rappels de la théorie de Brönsted et Lowry : Acide = base + H^+

ACIDE	BASE
= Espèce chimique, ionique ou moléculaire capable de céder : ➔ 1 H^+ : on parle alors de monoacide ➔ plusieurs H^+ : on parle alors de polyacide	= Espèce chimique, ionique ou moléculaire capable de capter : ➔ 1 H^+ : on parle alors de monobase ➔ plusieurs H^+ : on parle alors de polybase

La dissociat° complète d'un acide dans l'eau se fait selon l'équat° :



- ➔ Pour un acide **FORT**, la dissociation est **COMPLETE**
- ➔ Pour un acide **FAIBLE**, la dissociation est **PARTIELLE**

La molécule d'eau est un **ampholyte** (elle a un caractère amphotère) : c'est à la fois un acide et une base

- ➔ $H_2O = H^+ + HO^-$ → H_2O est l'**acide** conjugué de l'ion **hydroxyde HO^-**
- ➔ $H_2O + H^+ = H_3O^+$ → H_2O est la **base** conjuguée de l'ion **hydronium H_3O^+**
Rq : dans une solution, l'ion hydronium étant solvaté, on le note H^+_{aq}

Dans une **solution aqueuse diluée**, on mesure non pas $[H^+]$ mais $[H_3O^+]$:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

RELATION D'HENDERSON-HASSELBACH

La **constante d'acidité** ou **d'ionisation K_a** (indépendante de la température) détermine la **force** du couple acide/base :

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[AH]}$$

On obtient alors :

$$pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acide]}$$

pH neutre = 7 (c'est le pH de l'eau pure à 25°C)

- ➔ dans ce cas $[H^+] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1} \Leftrightarrow pH_{\text{eau}} = -\log(10^{-7}) = 7$

ACIDOSE	ALCALOSE
= ↗ de $[H^+]$ càd ↘ du pH	= ↘ de $[H^+]$ càd ↗ du pH
Conséquences physiopathologiques dès que $pH_{\text{plasma}} < 7,38$ = ↘ de l'excitabilité des neurones <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dépression du SNC ➤ Coma ➤ Décès (par atteinte des centres respiratoires) 	Conséquences physiopathologiques dès que $pH_{\text{plasma}} > 7,42$ = ↗ de l'excitabilité des neurones <ul style="list-style-type: none"> ➤ Contraction musculaire (ex : tétanos) ➤ Décès (par paralysie des muscles respiratoires)

II- Apports acido-basiques

L'ingestion et la production d'acides est supérieure à la production de bases.

LES SOURCES D'ACIDES

RESPIRATION \mathcal{C}^R AEROBIE : le CO_2 produit par les \mathcal{C} est retrouvé sous 3 formes :

- Dans les **globules rouges**, on trouve **93%** du CO_2 soit :
 - 23% du CO_2 conjugué à l'hémoglobine pour former la **carbhémoglobine** (Hb. CO_2)
 - 70% du CO_2 converti en $H_2CO_3^-$ par l'anhydrase carbonique puis qui se dissocie en $HCO_3^- + H^+$ selon l'équation : $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
- Dans le **sang veineux**, on trouve **7%** du CO_2 sous forme **dissoute**

LES ACIDES ORGANIQUES : ils sont apportés par :

- **L'alimentation** : acides aminés, acides gras
- Le **métabolisme \mathcal{C}^R** : par l'intermédiaire du cycle de **Krebs** (formation d'acide citrique) ou par le **métabolisme anaérobie** (formation d'acide lactique)

LES SOURCES DE BASES

- Apports **endogènes** (métabolisme \mathcal{C}^R) et **exogènes** (alimentation) faibles

⇒ En pathologie, le risque d'acidose étant plus fréquent, les mécanismes d'élimination des H^+ sont plus nombreux.

III- La régulation du pH

Il existe 3 grands systèmes de régulation du pH :

- 1- Les systèmes **tampons** (1^{ère} ligne de défense)
- 2- La **ventilation** (2^{ème} ligne de défense, contrôle reflexe)
- 3- **L'excrétion rénale** (régulation lente mais fine, en dernier lieu)

1) Les systèmes tampons

Ils s'opposent aux variations rapides du pH. Les tampons sont :

- Les ions **bicarbonates** (HCO_3^-) = tampon **extra \mathcal{C}^R** (très présent !)
- Le **phosphate** ($H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$) et **l'ammoniac** au niveau du rein, **l'hémoglobine** dans les GR et les **protéines** = tampons **intra \mathcal{C}^R**

LE TAMPON BICARBONATE

Loi d'action de masse: tout changement de la quantité de CO_2 , d' H^+ ou d' HCO_3^- dans une solution où a lieu la réaction fera que la réaction se déplacera jusqu'à atteindre un nouvel **équilibre**.

⇒ déplacement de l'équation $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ dans l'un ou l'autre des sens

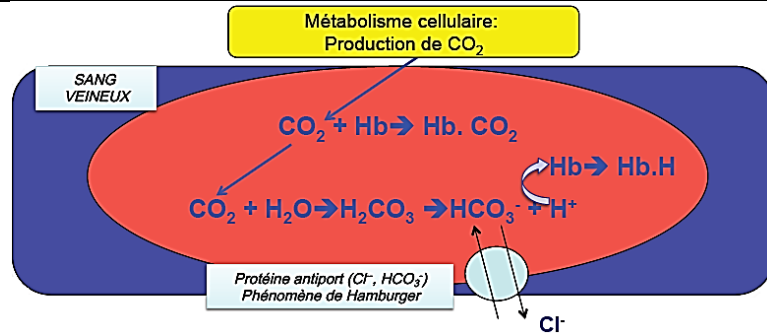
LE SYSTEME TAMPON ERYTHROCYTAIRE

1- Au niveau de l'extrémité veineuse capillaire

Passage du CO_2 issu du métabolisme cellulaire dans l'érythrocyte puis :

- formation de **carbhémoglobine** (Hb. CO_2)
- **OU** formation **d' HCO_3^-** et **d' H^+** par action de l'anhydrase carbonique.
 - **L' H^+** est **tamponné par l'hémoglobine** → formation d'Hb.H
 - **L' HCO_3^-** est **relâché dans le milieu extra \mathcal{C}^R** contre l'entrée d'un Cl^- pour maintenir l'électroneutralité (**phénomène d'Hamburger**)

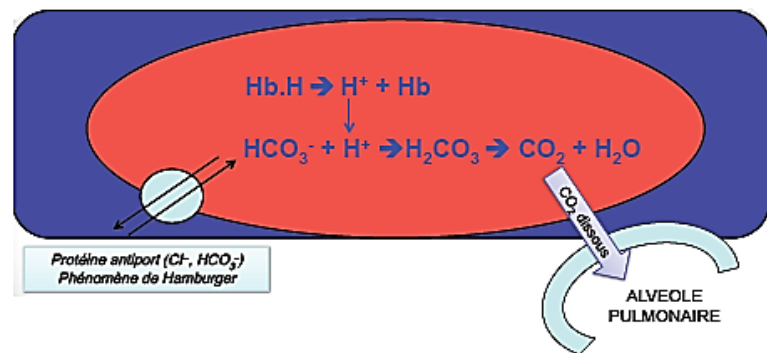
Intérêts = épargne d' HCO_3^- et tamponnement de l'excès d'acide dans le GR



2- Au niveau de la paroi alvéolo-capillaire (interface sang/poumons)

Dissociation de l'hémoglobine tamponnée et libération d'H⁺.

- ➔ l'H⁺ est **tamponné** par l'HCO₃⁻ dans le GR ➔ formation de **CO₂ + H₂O**
- ➔ puis **dissolution du CO₂** formé qui passe dans les alvéoles pour être **éliminé lors de la respiration**



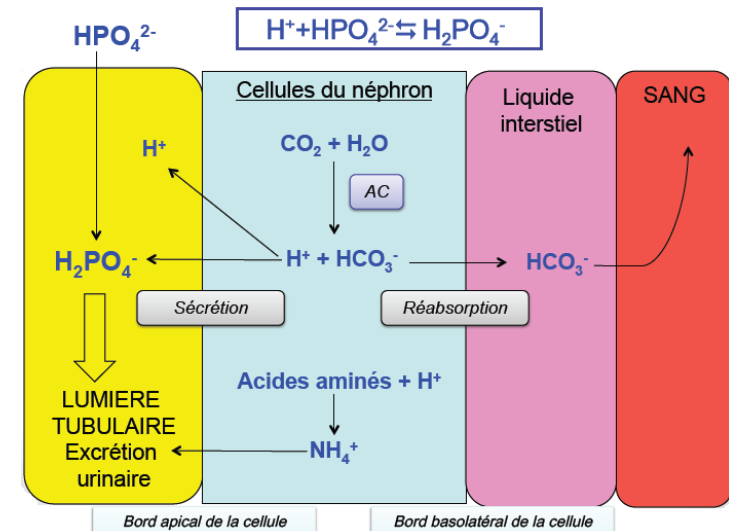
LE SYSTEME TAMPON RENAL

Au niveau du **TUBULE PROXIMAL** :

- Elimination de l'excès de CO₂ par formation **d'H⁺ et d'HCO₃⁻**
 - 3 moyens **d'élimination des H⁺** formés :
 - **sécrétion** directe dans l'urine
 - **tamponnement** par les **phosphates** dans de la lumière tubulaire
 - **tamponnement** par les **protéines** (AA) dans le néphron puis élimination de l'ammoniac NH₄⁺ dans les urines
 - **Elimination des bicarbonates** formés par l'anhydrase carbonique par **réabsorption** dans le liquide interstitiel puis dans le sang
- ⇒ Il existe un **transport apical indirect** par **antiport** Na⁺/H⁺ et un **transport basolatéral indirect** par **symport** Na⁺/HCO₃⁻

Au niveau du **TUBULE DISTAL** :

- Régulation fine du pH par les **C intercalaires**, riches en anhydrase carbonique
- Mise en jeu de 2 transporteurs apicaux : **H⁺-ATPase** (élimine les H⁺ contre e gradient de c°) & **H⁺/K⁺-ATPase** (responsable d'une dyskaliémie lors d'un trouble acido-basique)



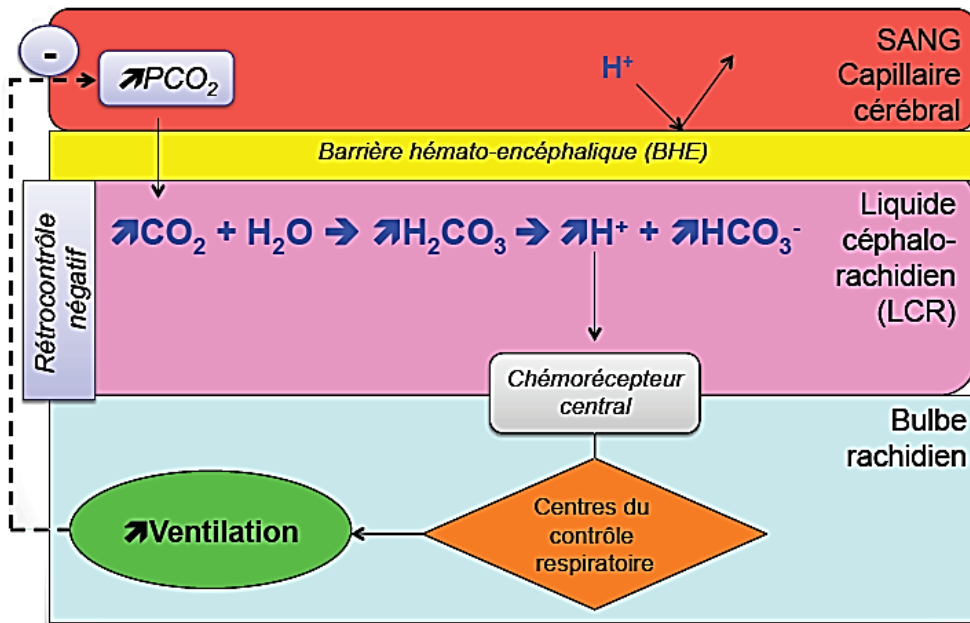
2) Régulation ventilatoire

REGULATION ENTILATOIRE CENTRALE :

- ➔ le SNC n'est **pas sensible à l'↑ de [H⁺]** dans le sang (car passage impossible à travers la barrière hémato-encéphalique) : elle est **uniquement** sensible aux variations de **pression partielle en CO₂**

Exemple de régulation en cas *d'hypoventilation* :

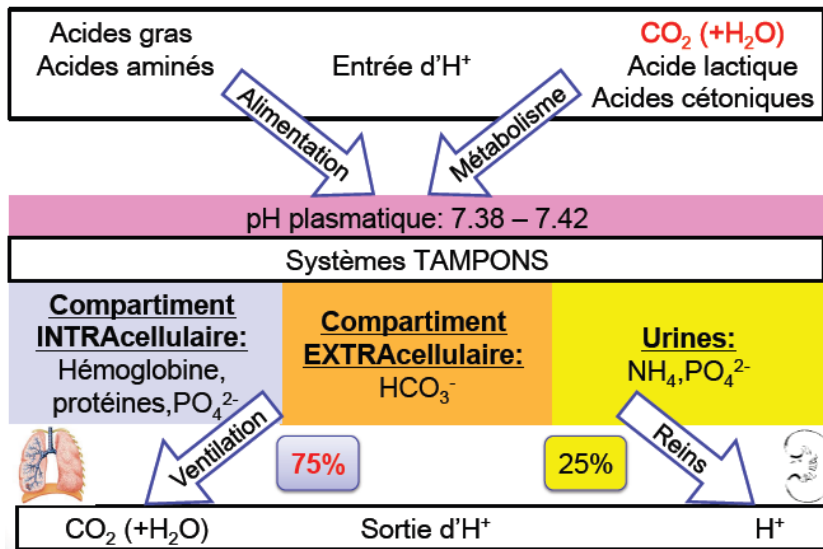
- ➔ ↑ de la pression partielle en CO₂ au niveau des capillaires cérébraux
- ➔ **Csq** = ↑ de [CO₂] dans le LCR donc ↑ des H⁺ et des HCO₃⁻ formés
- ➔ stimulat° des **chémo-récepteurs** du bulbe rachidien par les H⁺ formés
- ➔ information envoyée aux centres du contrôle respiratoire ➔ ↑ de la ventilation ➔ ↓ de [CO₂] (= **rétrocontrôle négatif**)



REGULATION VENTILATOIRE PERIPHERIQUE :

→ sensibilité aux **variations de pH ou de PO₂** mais **pas** à la **PCO₂**

RECAP :



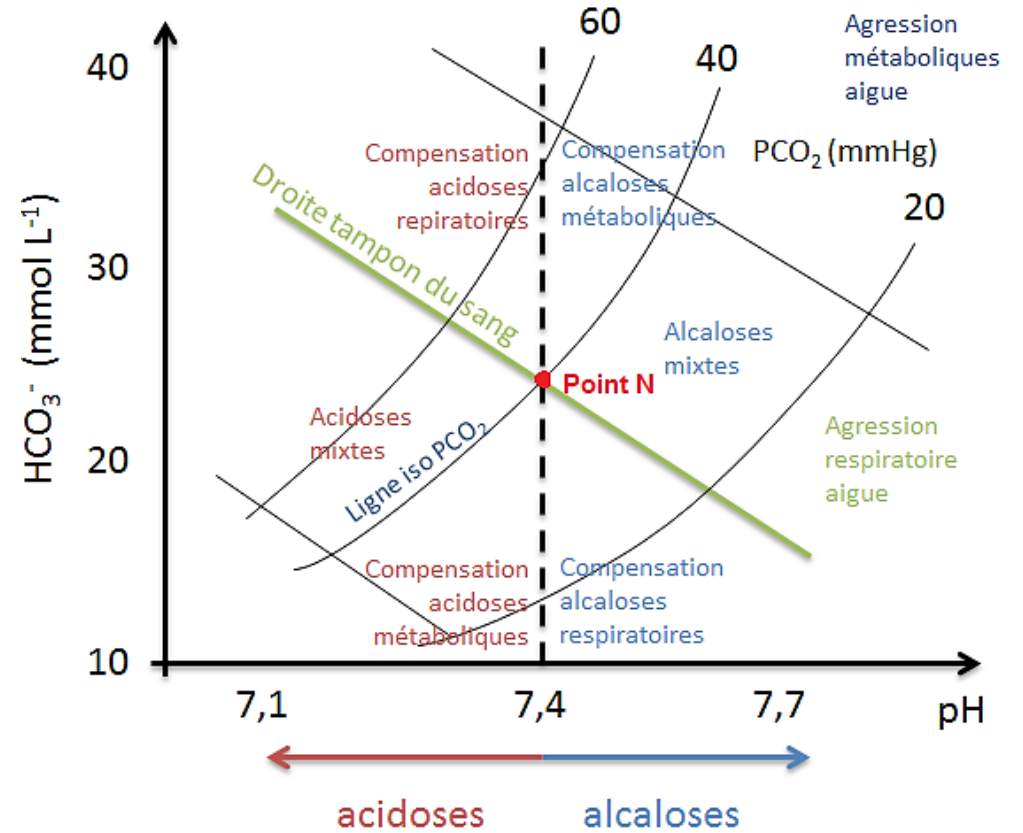
IV- Le diagramme de Davenport

Il donne l'évolution de **[HCO₃⁻]** en fonction du **pH de l'organisme**.

Valeurs normales (point N) :

➤ **pH = 7,4 ; [HCO₃⁻] = 24 mmol.L⁻¹ ; PCO₂ = 40 mmHg**

ACIDOSE : pH < 7,38
ALCALOSE : pH > 7,42



➔ Les courbes exponentielles correspondant à la PCO₂ sont des **isobares**

➔ La **droite tampon** est également appelée **droite d'équilibration**

<p>ACIDOSE RESPIRATOIRE</p>	<p>= acidose causée par un excès de CO₂</p> <ol style="list-style-type: none"> Graphiquement, ↗ de la PCO₂ perpendiculairement à l'isobare normale (on change d'isobare). ⇒ Conséquence = augmentation des bicarbonates par mise en jeu du système tampon acide carbonique/bicarbonate. Compensation par le rein en éliminant des ions H⁺ dans les urines et en réabsorbant des HCO₃⁻. Graphiquement, la compensation suit la courbe isobare de la nouvelle valeur de la PCO₂. <p>➔ Si le pH est situé entre 7,38 et 7,42, on parle d'une acidose respiratoire totalement compensée. Sinon, c'est une acidose respiratoire partiellement ou non compensée.</p>	
<p>ACIDOSE METABOLIQUE</p>	<p>= acidose causée par un excès d'acide qui peut être endogène ou exogène, OU par une perte excessive de bicarbonates.</p> <ol style="list-style-type: none"> Graphiquement, la diminution d'HCO₃⁻ part du point normal et suit la courbe isobare normale pour arriver à la valeur de HCO₃⁻ Compensation par le poumon qui va hyperventiler pour éliminer du CO₂. Cette compensation suit la droite tampon depuis la nouvelle valeur d'HCO₃⁻ <p>➔ Si le pH est situé entre 7,38 et 7,42, on parle d'une acidose métabolique totalement compensée. Sinon, c'est une acidose métabolique partiellement ou non compensée.</p>	
<p>ALCALOSE RESPIRATOIRE</p>	<p>= alcalose causée par une hyperventilation alvéolaire et donc une baisse du taux de CO₂ dans le sang.</p> <ol style="list-style-type: none"> Graphiquement, ↘ de la PCO₂ perpendiculairement à l'isobare normale (on change d'isobare). ⇒ Conséquence = diminution des bicarbonates par mise en jeu du système tampon acide carbonique/bicarbonate et par l'excrétion rénale de bicarbonates. Compensation par les reins qui éliminent les HCO₃⁻. Graphiquement, la compensation suit la courbe isobare de la nouvelle valeur de la PCO₂ <p>➔ Si le pH est situé entre 7,38 et 7,42, on parle d'une alcalose respiratoire totalement compensée. Sinon, c'est une alcalose respiratoire partiellement ou non compensée.</p>	
<p>ALCALOSE METABOLIQUE</p>	<p>= alcalose causée par une perte de protons H⁺ OU par un excès de bicarbonates.</p> <ol style="list-style-type: none"> Graphiquement, on part du point normal central et on suit la courbe isobare pour arriver à la nouvelle valeur d'HCO₃⁻ Le poumon compense cette alcalose par une hypoventilation alvéolaire, donc par une ↑ du CO₂. Cette compensation suit la droite tampon depuis la nouvelle valeur d'HCO₃⁻ <p>➔ Si le pH est situé entre 7,38 et 7,42, on parle d'une alcalose métabolique totalement compensée. Sinon, c'est une alcalose métabolique partiellement ou non compensée.</p>	