

# EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE

Préparée et présentée : Pr A-S SAADI -OUSLIM

## I. Introduction:

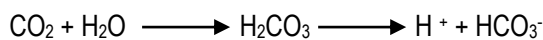
L'activité enzymatique est très sensible aux variations de pH. L'organisme humain doit maintenir le pH de son sang dans des limites étroites (7.38-7.42), seules de faibles variations sont compatibles avec la vie; en deca c'est l'acidose et au delà c'est l'alcalose.

Ce maintien du pH est soumis à une régulation des plus précises, c'est ce qu'on entend par: équilibre acido-basique.

## II. Bilan acido-basique:

### 1. Production d'acides:

**a. les acides volatils:** Le CO<sub>2</sub> est éliminé par les poumons. Il provient de l'oxydation des glucides et des lipides (10.000 à 20.000 mmoles/jour). En présence d'eau il se dissocie selon la réaction:



**b. acides fixes:** l'organisme en produit 100 mmoles/jr. éliminés par les reins.

Ils comprennent: 1- des acides inorganiques; ce sont des acides dont l'anion n'est pas métabolisable: acide sulfurique et l'acide phosphorique

2- Des acides organiques; ce sont des acides dont l'anion peut être métabolisé: acide lactique, acide acétylacétique et β hydroxybutyrique.

Remarque : Malgré une moindre quantité, les acides fixes sont plus agressifs car fortement dissociés.

### 2. Bilan des entrées et des sorties:

**a. Entrées:** Les entrées d'acides ou de bases peuvent être alimentaires ou métaboliques. Une alimentation riche en protides aboutit à une surcharge acide. Au contraire, une alimentation végétarienne conduit, à un excès d'alcalins.

En résumé, l'organisme est beaucoup plus exposé à une surcharge acide que basique.

**b. Sorties:** Elles sont assurées par deux voies: Le CO<sub>2</sub> est éliminé par les poumons et les acides fixes par le rein. En pathologie, on peut observer des pertes digestives anormales d'acides (vomissements, aspiration digestives), ou de bases (diarrhées sécrétoires).

Lorsque l'organisme est confronté à une agression acide ou basique, perturbant ainsi son pH, celui-ci met en place des systèmes visant à rétablir le pH dans les limites physiologiques. Les moyens de lutte comprennent:

- un moyen quasi instantané, automatique mais assez vite débordé: les systèmes tampons.
- la mise en jeu d'un couple d'organes plus lents à réagir, mais particulièrement puissants: les poumons et les reins.

### III. Les systèmes tampons:

**1. Définition:** Ce sont des mélanges de substances en équilibre chimique s'opposant aux variations de pH.

Un système tampon comprend généralement :

- un acide faible et sa base conjuguée.
- une base faible et son acide conjugué.

**$\text{pH} = \text{pKa} + \log (\text{base/acide})$ : c'est l'équation d'Henderson Hasselbach.**

#### .2. Les différents systèmes tampons:

**a. Tampon  $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ :** C'est le tampon le plus important quantitativement dans le milieu extracellulaire. Son pH s'exprime comme suit:  $\text{pH} = \text{pKa} + \log (\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2 \text{ dissous})$

le  $\text{pH} = 7.4$        $\text{pKa} = 6.1$       Donc:  $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2 \text{ dissous} = 20$

Ce tampon est efficace pour 3 raisons:

1. C'est un système ouvert== il ne se sature pas:

Addition d'un acide : Le  $\text{CO}_2$  sera éliminé par les poumons.

Addition d'une base : La  $\downarrow$   $\text{CO}_2$  est vite compensée par sa production

2. Le système agit en étroite collaboration avec le tampon Hb/Hbate.

3. Ce système est sous contrôle des poumons et des reins.

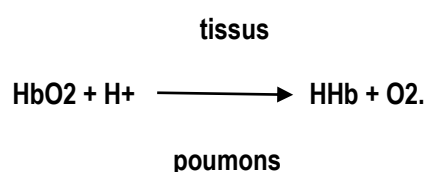
Tout ce dispositif permet le maintien à 20 le rapport entre les bicarbonates et le  $\text{CO}_2$  dissous.

#### Remarque:

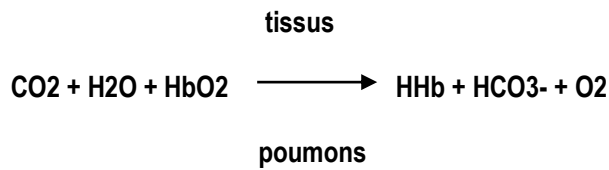
- 5% du  $\text{CO}_2$  se trouve sous forme dissous.
- 5% à l'état de carbamate par combinaison aux protéines plasmatiques ou à l'Hb.
- 90% sous forme de bicarbonate, synthétisé au niveau du GR sous l'action de l'anhydrase carbonique.

**b. tampon protéine/protéinate:** C'est le tampon le plus important au niveau intracellulaire. À pH physiologique, les protéines se comportent comme des anions et donc lient un  $\text{H}^+$ . En cas d'acidose, un  $\text{H}^+$  entre dans la cellule pour être fixé par les protéines tandis qu'un  $\text{K}^+$  prend le chemin inverse pour préserver la neutralité électrique. C'est ainsi qu'une acidose engendre une hyperkaliémie. L'effet de ce tampon dans le plasma est négligeable.

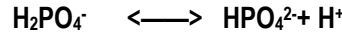
**c. Tampon Hb/Hbinate:** Ils interviennent de 2 manières: fixation du  $\text{CO}_2$  sur l'Hb pour former un dérivé carbaminé, Au niveau des tissus,  $\text{HbO}_2$  va libérer l' $\text{O}_2$  pour le délivrer aux cellules, et éponger les  $\text{H}^+$  produits par l'hydratation du  $\text{CO}_2$  provenant de ces mêmes cellules. Au niveau des poumons, l'Hb peut être oxygénée et libérer dans le milieu les  $\text{H}^+$ .



Ce ci permet de comprendre l'étroite interdépendance des tampons Hbinate et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> :



**d. Tampon phosphate:** C'est un tampon mineur dans le liquide extracellulaire mais il a une importance fondamentale dans l'urine



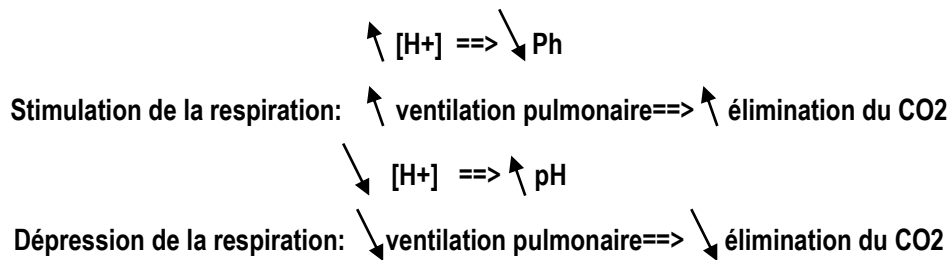
Il existe à 80% sous forme **monoacide**: HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et à 20% sous forme **diacide**: H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>

À coté de ces systèmes, il y a les tampons osseux, qui sont lentement mobilisables mais qui jouent un rôle majeur dans les surcharges acides chroniques (IRC).

#### IV. Régulation pulmonaire:

##### .1. centre respiratoire bulbaire:

Il existe des chémorécepteurs qui sont sensibles au pH, à la pCO<sub>2</sub> et à un moindre degré, à la pO<sub>2</sub> artérielle. Ils baignent dans le LCR et sont reliés au centre respiratoire bulbaire. Ils sont sensibles aux changements de concentration en H<sup>+</sup>:



Un excès d'élimination de CO<sub>2</sub>  $\implies$  alcalose respiratoire.

une insuffisance d'élimination de CO<sub>2</sub>  $\implies$  acidose respiratoire.

##### .2. Les échanges gazeux:

**a. Au niveau tissulaire:** Les tissus produisent du CO<sub>2</sub>; Les GR arrivent chargés d'oxyHb; Le CO<sub>2</sub> diffuse dans le plasma, se dissout avant de pénétrer l'hématie:

\*une petite quantité (5%) se lie à l'oxyHb pour former un carbamate et libérer l'O<sub>2</sub>;

\*une grande partie (90%) réagit avec l'eau sous l'action de l'anhydrase carbonique pour donner un H<sup>+</sup> et des HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

L'accumulation des H<sup>+</sup> fait baisser le pH, l'HbO<sub>2</sub> libère l'O<sub>2</sub>. Les H<sup>+</sup> se fixent alors sur l'Hb devenue libre.

Les bicarbonates sortent de l'hématie en échange de chlorures.

Le CO<sub>2</sub> tissulaire a donc été transformé en bicarbonates et sera transporté par le plasma vers les poumons (ou les reins) pour son élimination.

**b. au niveau pulmonaire:** Les GR arrivent chargés principalement de HbH, et pour une petite part chargés de carbaminoHb; L'O<sub>2</sub> alvéolaire, après s'être dissout dans le plasma va:

\*une petite partie se fixe sur la carbaminoHb et libère le CO<sub>2</sub>;

\*une grande partie se fixe sur l'Hb et libère les H<sup>+</sup>.

Les HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> plasmatiques reviennent dans les GR en échange des Cl<sup>-</sup>, et reforment avec les H<sup>+</sup> le CO<sub>2</sub> qui sera éliminé lors de la ventilation.

## **V. Régulation rénale:**

La régulation ultime de l'équilibre acido-basique revient aux reins. Cette régulation comprend 3 étapes:

- Réabsorption des bicarbonates filtrés;
- Excrétion des acides fixes ou acidité titrable;
- Formation de chlorure d'ammonium NH<sub>4</sub>Cl.

**.1. réabsorption des bicarbonates:** Les bicarbonates filtrés par le glomérule sont presque totalement réabsorbés au niveau du tube proximal.

Les H<sup>+</sup> sont sécrétés dans l'urine primitive en échange d'un Na<sup>+</sup>.

Les H<sup>+</sup> se combinent avec les HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> filtrés pour donner de l'eau et du CO<sub>2</sub>, qui va diffuser à l'intérieur de la cellule.

La réabsorption des bicarbonates dépend en particulier de la pCO<sub>2</sub> dont une élévation entraîne une réabsorption accrue et réciproquement.

**.2. Excrétion des acides fixes:** Elle se déroule au niveau du tube distal. Toute addition d'un acide, entraîne la soustraction d'un HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> qui sera transformé en CO<sub>2</sub>. Dans la cellule rénale, sous l'action de l'AC, le CO<sub>2</sub> est reconverti pour donner un H<sup>+</sup> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Sous l'action de l'aldostérone, la cellule élimine un H<sup>+</sup> en l'échangeant contre un Na<sup>+</sup>.

À ce niveau, il n'y a pas de sécrétion nette d'acide, vu que les H<sup>+</sup> sécrétés servent à la réabsorption des bicarbonates.

La réabsorption des bicarbonates dépend en particulier de la pCO<sub>2</sub> dont une élévation entraîne une réabsorption accrue et réciproquement.

C'est à ce niveau qu'il existe une compétition entre le H<sup>+</sup> et le K<sup>+</sup> :

- Une acidose est génératrice d'hyperkaliémie et réciproquement;
- Une alcalose est génératrice d'hypokaliémie et réciproquement.

Une fois les H<sup>+</sup> dans les urines: Ils se fixent sur les phosphates monoacides et sont donc tamponnés, c'est l'acidité titrable; Ou Ils se lient à l'ammoniac NH<sub>3</sub> pour former NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Ils sont éliminés sous forme de NH<sub>4</sub>Cl.

## **VI. Exploration biochimique:**

**.1. Prélèvement:** ponction de l'artère radiale, fémorale ou humérale; prélèvement sur héparine, échantillon maintenu en anaérobiose stricte; analyse immédiate ou échantillon maintenu au froid pendant maximum 1h.

3 paramètres biologiques sanguins permettent de quantifier et de comprendre les anomalies de l'équilibre acido-basique. Il s'agit du: pH, PCO<sub>2</sub>, les bicarbonates. Il suffit de mesurer 2 paramètres et le 3ème est calculable par l'équation d'Henderson-Hasselbach.

**.2. Mesure du pH:** faite à l'aide d'une électrode de verre. Les valeurs normales sont de  $7.4 \pm 0.02$ . Limites compatibles avec la vie: 6.8-7.8

**.3. Mesure de la PCO<sub>2</sub>:** faite grâce à l'électrode de Severinghaus

Valeurs physiologiques: 35 à 44 mmHg sang A.

42 à 48 mmHg sang V.

**.4. Mesure des bicarbonates:** déduite à l'aide de l'équation d'Henderson Hasselbalch ou par ionogramme

Valeurs normales : 22 à 27 mmol/l

**Excès de bases:** C'est la différence entre la valeur des bases tampons calculée du sujet étudié et celle des bases tampons d'un individu normal (47 mmol/l).

Valeurs normales :  $0 \pm 2 \text{ mmol/l}$ .

- une valeur positive ==> un excès de base ou un déficit d'acide.
- une valeur négative ==> un déficit en base ou un excès d'acide.

L'excès de base dénote un dérangement métabolique.

\* Il est dit primaire dans un déséquilibre métabolique;

\* Il est dit secondaire lors d'un déséquilibre respiratoire compensé.