

Définitions:

L'équilibre acido-basique de l'organisme est maintenu constant grâce au rein et au poumon.

Le rein maintient en permanence un bilan nul entre la formation de protons issus du métabolisme cellulaire et leur élimination par excrétion urinaire.

Le poumon assure l'élimination d'une très grande quantité d'acide volatil formé par la respiration cellulaire.

Les systèmes tampon présents dans les milieux extracellulaire, intracellulaire et dans le tissu osseux permettent d'atténuer les variations du pH. Ces systèmes tampons sont régis par l'équation d'Henderson-Hasselbach selon laquelle :

$$\text{pH} = \text{pK} + \log (\text{base conjuguée} / \text{acide conjugué})$$

Le tampon étant bicarbonate/acide carbonique plasmatique dont le pK est de 6,1, l'acide conjugué est l'acide carbonique H_2CO_3 , la base conjuguée est le bicarbonate HCO_3^- .

L'acide carbonique est très volatil et dans le poumon se décompose en CO_2 et H_2O .

L'équation d'Henderson Hasselbach devient :

$$\text{pH} = 6,1 + \log (\text{base conjuguée} / \text{acide conjugué})$$

$$\text{pH} = 6,1 + \log (\text{bicarbonatémie} / a * \text{PCO}_2)$$

$7,40 = 6,1 + \log (26 / 0,03 * 40)$ où la bicarbonatémie normale est de $26 \pm 1 \text{ mM/L}$, a est une constante : le coefficient de solubilité du CO_2 soit 0,03 et la normocapnie est de $40 \pm 2 \text{ mmHg}$.

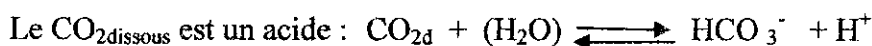
De ce fait, Le pH du sang artériel du sujet normal est remarquablement stable grâce aux tampons, remarquablement constant ($\text{pH} = 7,40 \pm 0,02$ soit $41 \pm 2 \text{ nmol/L}$ d'ions H^+) malgré une agression acide continue grâce à une régulation particulièrement efficace.

Les limites du pH compatible avec la vie sont : 6,8 - 7,8 ($16\text{-}160 \text{ nmol/L H}^+$)

I) Métabolisme des ions H^+ **1) Origine des ions H^+**

Apportés essentiellement par des acides qui peuvent être :

a) **volatils** : peuvent s'échapper de la solution qui les contiennent.



Le H_2CO_3 n'est pas totalement dissocié ($\text{pK}=6,1$) au pH de l'organisme, sa production est importante lors de $20\ 000 \text{ mmol/j}$.

b) fixes : ne peuvent s'échapper de la solution qui les contiennent, ce sont des acides forts, totalement dissociés au pH de l'organisme parmi les quels, on note des acides fixes minéraux non métabolisables exemple acide phosphorique et des acides fixes organiques métabolisables exemple acide lactique.

2) Elimination des ions H⁺

a) Le poumon

L'acide carbonique (H₂CO₃) est constitué à partir du CO₂ qui est le produit terminal du métabolisme oxydatif. Il s'agit d'une source majeure d'acide : 13 000 à 20 000 mmol de CO₂ sont formées par jour.

Quand le CO₂ est métabolisé, il fournit un ion H⁺ par des réactions d'hydratation et d'hydroxylation. Le CO₂ est rapidement éliminé par le poumon, d'où la notion d'acide volatil.

Mécanisme : $H^+ + HCO_3^- \longrightarrow CO_{2d} \longrightarrow CO_2 \longrightarrow \text{éliminé par le poumon}$

Ce mécanisme consomme du bicarbonate.

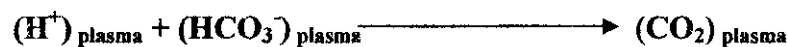
b) Le rein

Le rôle du rein dans l'équilibre acide-base est double :

- réabsorber les HCO₃⁻ filtrés ;
- régénérer des HCO₃⁻ en excréant la charge acide sous forme de NH₄⁺ et d'acidité titrable.

Une très faible quantité d'H⁺ est libérée et détermine le pH des urines.

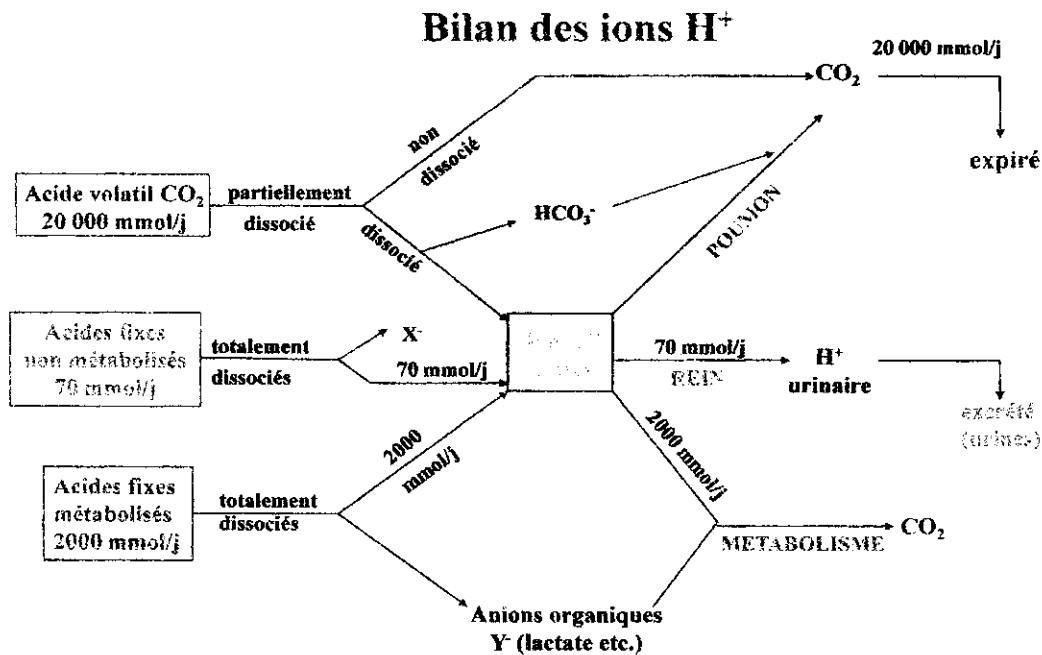
Mécanisme : $(CO_2)_{\text{plasma}} \xrightarrow{\text{anhydrase carbonique}} (HCO_3^-)_{\text{plasma}} + (H^+)_{\text{urine}}$



Bilan:

(H⁺)_{plasma}

(H⁺)_{urine}



c) le transport :

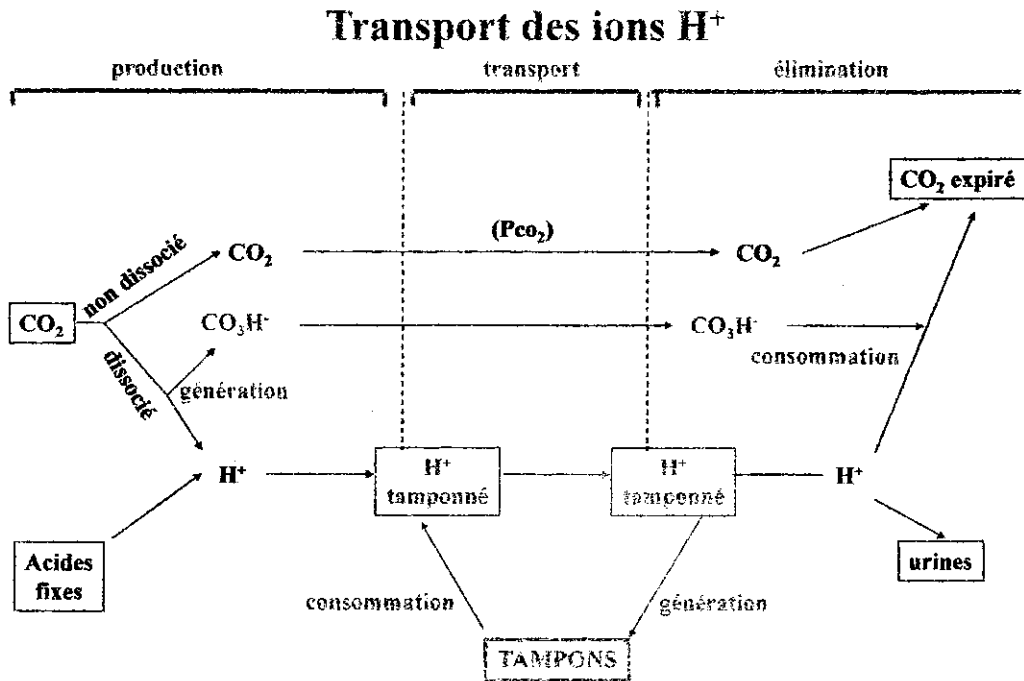
Le transport est régi par les systèmes tampons de l'organisme qui ne régulent pas le pH, mais tamponnent ses variations, leur action est immédiate.

On note différents systèmes tampons :

- Les tampons extracellulaires sont représentés essentiellement par le tampon bicarbonate/acide carbonique :

$\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} \text{ et } \text{CO}_2$. Le tampon $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ est un bon tampon car il appartient à un système ouvert en relation avec le poumon qui élimine le CO_2 et avec le rein qui réabsorbe et régénère les HCO_3^- ;

- Les tampons intracellulaires sont les protéines : hémoglobine dans les globules rouges, protéines et phosphate dans les autres cellules. Par ailleurs, le squelette est un immense réservoir de sels alcalins. L'os se dissout sous l'effet d'une acidose aiguë ou chronique, ce qui libère des tampons phosphate et carbonate.



II) Exploration:

Pour explorer l'équilibre acido-basique, on se sert du tampon bicarbonate/acide carbonique plasmatique.

L'exploration des désordres acido-basiques repose sur la gazométrie artérielle qui mesure grâce à 3 électrodes: le pH, la PCO_2 et la PO_2 .

La bicarbonatémie évalue principalement la part métabolique du désordre acido-basique, mais elle dépend également de la PCO_2 .

Valeurs normales

Le pH dépend des concentrations en acide volatil $[\text{CO}_2]_d$ et en acides fixes.

	MOYENNE	VARIATIONS NORMALES
pH	7,40	7,35 – 7,45
PCO_2	40	35 – 45 mm Hg
$[\text{HCO}_3^-]$	24	22 – 29 mEq / L

D'autres examens complémentaires sont indispensables, tels que :

- Un ionogramme sanguin et urinaire, systématique à la recherche d'une dysnatrémie et d'une dyskaliémie.
- La créatininémie et l'urée sanguine.
- La glycémie et la recherche de corps cétoniques.
- La lactatémie et/ou des analyses toxicologiques ciblées en cas d'acidose métabolique.

III) Troubles de l'équilibre acido-basique : acidoses, alcaloses

Définition et caractérisation

$\text{pH} < 7,38 \Rightarrow$ acidose $> 7,42 \Rightarrow$ alcalose

$\text{pH} < 7,38$ et $\text{HCO}_3^- < 22 \text{ mMol/L} \Rightarrow$ acidose métabolique

$\text{pH} > 7,42$ et $\text{HCO}_3^- > 30 \text{ mMol/L} \Rightarrow$ alcalose métabolique

$\text{pH} < 7,38$ et HCO_3^- normale ou augmentée \Rightarrow acidose respiratoire

$\text{pH} > 7,42$ et HCO_3^- normale ou diminuée \Rightarrow alcalose respiratoire

Principales anomalies de l'équilibre acido-basique

Etiologies et diagnostic des désordres acido-basiques

1) Acidose Respiratoire

Elle est due à une baisse du pH liée à une hypercapnie. Les bicarbonates peuvent être normaux ou élevés.

L'hypercapnie traduit l'hypoventilation alvéolaire et donc l'insuffisance respiratoire.

Forme aiguë:

à développement rapide, la compensation rénale n'a pas le temps de se développer pour la réabsorption des HCO_3^- .

Exemples : étouffement, bronchopneumonie, poussée aiguë d'asthme.

Forme chronique:

On observe une compensation rénale : réabsorption des HCO_3^- , échange Na^+/H^+ (natrémie augmente, H^+ est davantage sécrétés).

Exemples : Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), bronchite chronique, Asthme, AVC, mucoviscidose ...

2) Alcalose Respiratoire

On note une élévation du pH liée à une hypocapnie. L'hypocapnie traduit l'hyperventilation alvéolaire. Les bicarbonates peuvent être normaux lors de situation récente ou diminués si l'hyperventilation alvéolaire se prolonge.

Causes:

Hypoxémie avec hyperventilation alvéolaire quelle qu'en soit l'étiologie (Déresse respiratoire aiguë).

- iatrogénie : mauvais réglage d'une ventilation mécanique,
- hyperstimulation du centre respiratoire d'origine centrale : anxiété, agitation,

3) Acidose Métabolique

Diminution du pH liée à une baisse des bicarbonates qui sont soit consommés, soit perdus. L'acidose métabolique est associée à une hypocapnie par mécanisme chimique et surtout par une hyperventilation alvéolaire compensatrice.

Causes:

Acidose lactique: hypoxie cellulaire

IR avec excrétion insuffisante

Acidocétose diabétique

Intoxication: surdosage de salicylés.

Pertes gastro-intestinales de HCO₃⁻

4) Alcalose Métabolique.

Augmentation du pH liée à une augmentation des bicarbonates. L'alcalose métabolique est associée à une hypercapnie ou une normocapnie par mécanisme chimique et par hypoventilation alvéolaire compensatrice modérée et peu efficace. Elle résulte de:

- excès d'apport : perfusion de bicarbonates,
- perte de chlore d'origine digestive (vomissements acides, aspiration gastrique abondante de pH < 3) ou rénale (diurétiques).
- accumulation d'alcalins d'origine rénale par absorption de bicarbonates liée à une hypovolémie.