



Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département: Sciences biologiques



Homéostasie du sang et du milieu intérieur

Équilibre acido-basique

Mm Berzou

Année universitaire 2021/2022

II- Homéostasie du sang et du milieu intérieur

❖ Pour Claude Bernard : «l'homéostasie est l'équilibre dynamique qui nous maintient en vie».

❖ C'est la capacité d'un organisme vivant à maintenir à un niveau constant, certaines caractéristiques internes de son corps (température, pH, Glycémie..).

❖ L'équilibre acido-basique est l'équilibre entre l'acidité et l'alcalinité du corps. Celui-ci est influencé en grand partie par l'alimentation, chaque aliment pouvant être classifié selon qu'il est acide ou basique.

❖ Notre propre métabolisme produit également des déchets acides.

❖ L'organisme humain est confronté régulièrement à un afflux d'acides provenant de l'alimentation et de la respiration cellulaire.

➤ La tendance permanente à l'acidose explique que l'organisme lutte plus efficacement contre les baisses de pH que contre l'alcalose.

□ Rappels physicochimiques

❖ Le pH exprime l'acidité ou l'alcalinité d'un milieu (solution). Il est égal au logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H^+ .

$$pH = \text{Log } 1/H^+$$

❖ Le fonctionnement des cellules est optimal pour un PH compris entre:

$$pH = 7,35 - 7,45.$$

❖ Variations maximales compatibles avec la vie = 6,90 - 7,70

❖ Le pH varié inversement avec la concentration des ions H^+

Si $pH > 7,45$ → Alcalose physiologique (Métabolique et respiratoire).

Si $pH < 7,35$ → Acidose physiologique (Métabolique et respiratoire).

1-Valeurs du pH dans l'organisme:

Le milieu extracellulaire	PH
la lymphe	7,3 à 7,4
le liquide céphalo-rachidien	
le liquide synovial des articulations	
Le milieu intracellulaire	
Les cellules sanguines Tissulaires	7,2 à 7,3
L'estomac.	1,2 à 3
Le suc pancréatique.	7,8 à 8
Le sang artériel	7,37 à 7,43
Les urines	4,5-8,5

2-Pourquoi la concentration d' H^+ est-elle étroitement régulée?

- ❖ Les protéines intracellulaires, les enzymes et les canaux membranaires sont très sensibles aux variations du pH. La fluctuation de celui-ci entraîne une modification dans la structure tertiaire des protéines et de son activité biologique.
- ❖ Induit à des perturbations et un dysfonctionnement de l'excitabilité du système nerveux. Lors d'une acidose provoque **une dépression du système nerveux central**. Par ailleurs dans des situations physiologiques d'alcalose induit **une hyperexcitabilité**.
- ❖ Le déséquilibre potassique crée des troubles de l'excitabilité cardiaque.

2-Pourquoi la concentration d' H^+ est-elle étroitement régulée?

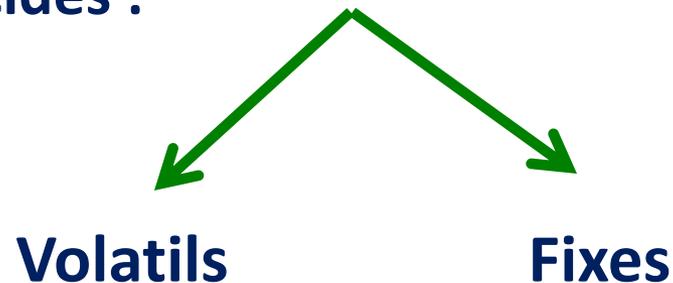
- ❖ Cette fluctuation en pH induit à la modifications de la structure tertiaire des protéines et de son l'activité biologique.
- ❖ Entraîne une modifications de l'excitabilité neuronale. Par conséquence provoque une **dépression du système nerveux central en acidose** et conduit à une **hyperexcitabilité en alcalose**.
- ❖ Le déséquilibre potassique crée des troubles de l'excitabilité et cardiaque.

3-Définition de l'acidité :

- **L'acidose** se définit comme étant un processus physiopathologique pouvant être à l'origine d'une diminution anormale du pH sanguin.
- **Deux mécanismes** principaux peuvent en être à l'origine de l'acidose physiologique. D'une part une diminution des bicarbonates (HCO_3^-) plasmatiques, induisant ainsi à une acidose métabolique, ou un excès de CO_2 dans le sang, définissant une acidose respiratoire.

4-Origine des protons H^+ :

- L'organisme humain est exposé en permanence à une surcharge de deux types d'acides :



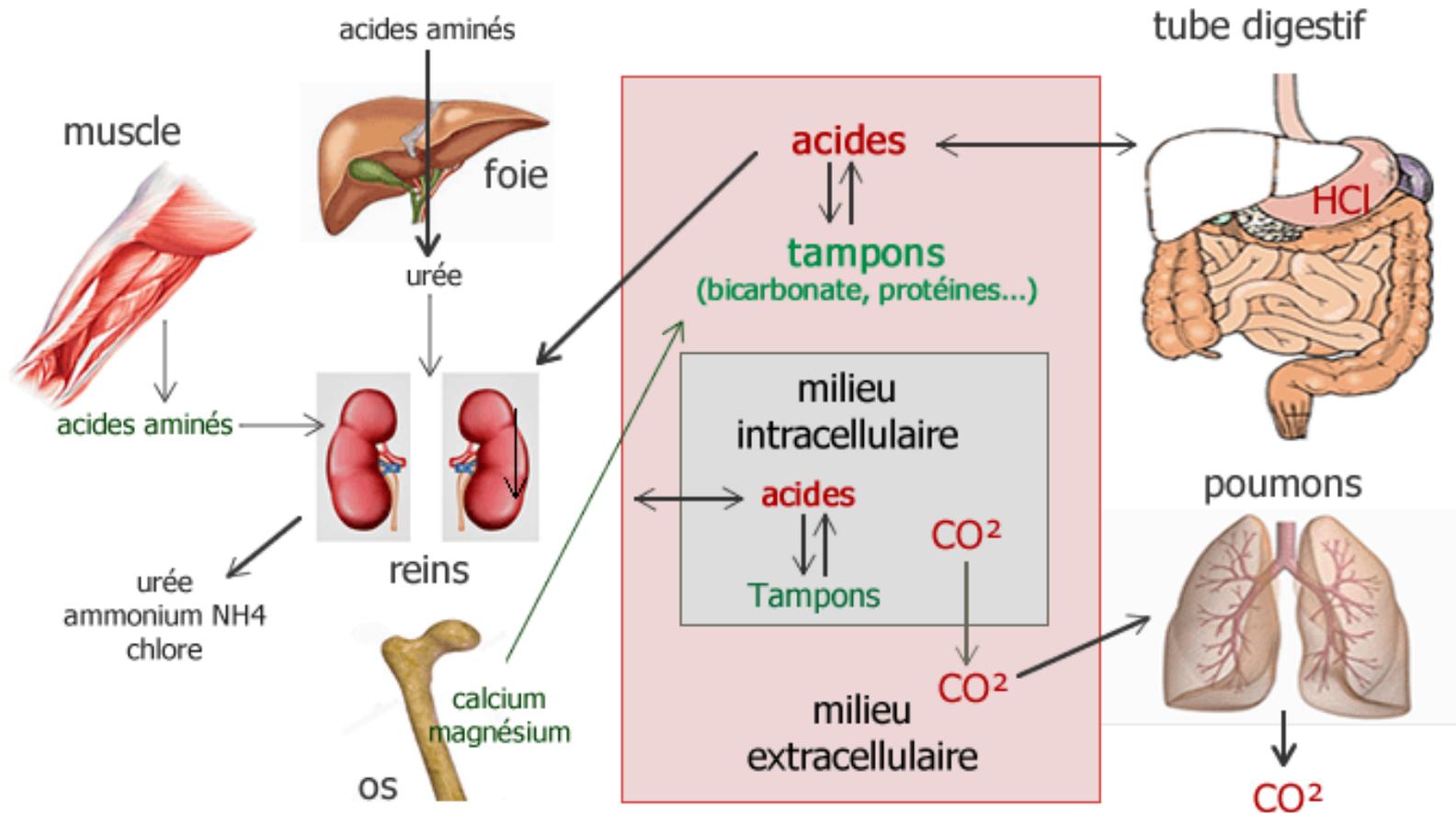


Fig. 6 Origine de l'acidité et alcalinité

**En rouge les facteurs d'acidité.*

**En vert les facteurs alcalinisants.*

4.1. Source des acides dite volatile (H^+) : 13000-20000 mEq/m²/J

➤ Catabolisme cellulaire : **Métabolisme oxydatif**

➤ Ionisation des molécules d'eau en H^+ et OH^-

➤ Une molécule qui libère des ions H^+ est un acide.

Exp : acide carbonique issu de l'interaction entre eau et CO_2 dans l'organisme



Anhydrase carbonique

(CO_2 = acide faible)

4.2. Source des acides dite fixes

➤ Origine métabolique des ions H^+ :

❖ Certains acides ont une origine métabolique (**des acides forts**) ils proviennent du métabolisme cellulaire et aussi de l'alimentation pour la plupart :

- **Acide sulfurique** provient des acides aminés soufrés ($H^+ + SO_4^{2-}$).
- **Acide phosphorique** est une molécule libérée des phospholipides membranaires ($H^+ + HPO_4^{2-}$).
- **Acide lactique** est dégradé à partir de glucose en anaérobie ou lors d'un choc cardiocirculatoire.
- **Acide cétonique** suite à la dégradation des acides gras (ou dans un cas d'acidose diabétique).
- **Acide chlorhydrique HCL**, ils proviennent de l'estomac.

III- L'organisation générale de l'équilibre acido-basique

- Homéostasie acido-basique est extrêmement contrôlé grâce à des systèmes tampons particulièrement efficaces.
- Les tampons font partie des premiers acteurs intervenant dans la correction de troubles acidobasiques. De plus, il existe, à l'échelle de l'organisme entier, des mécanismes de régulation complexes faisant intervenir la ventilation pulmonaire, la filtration rénale et les synthèses hépatiques.

1. Les systèmes tampons sanguin

- Les systèmes tampons sont la première ligne de défense, limitant de grandes variations du pH.

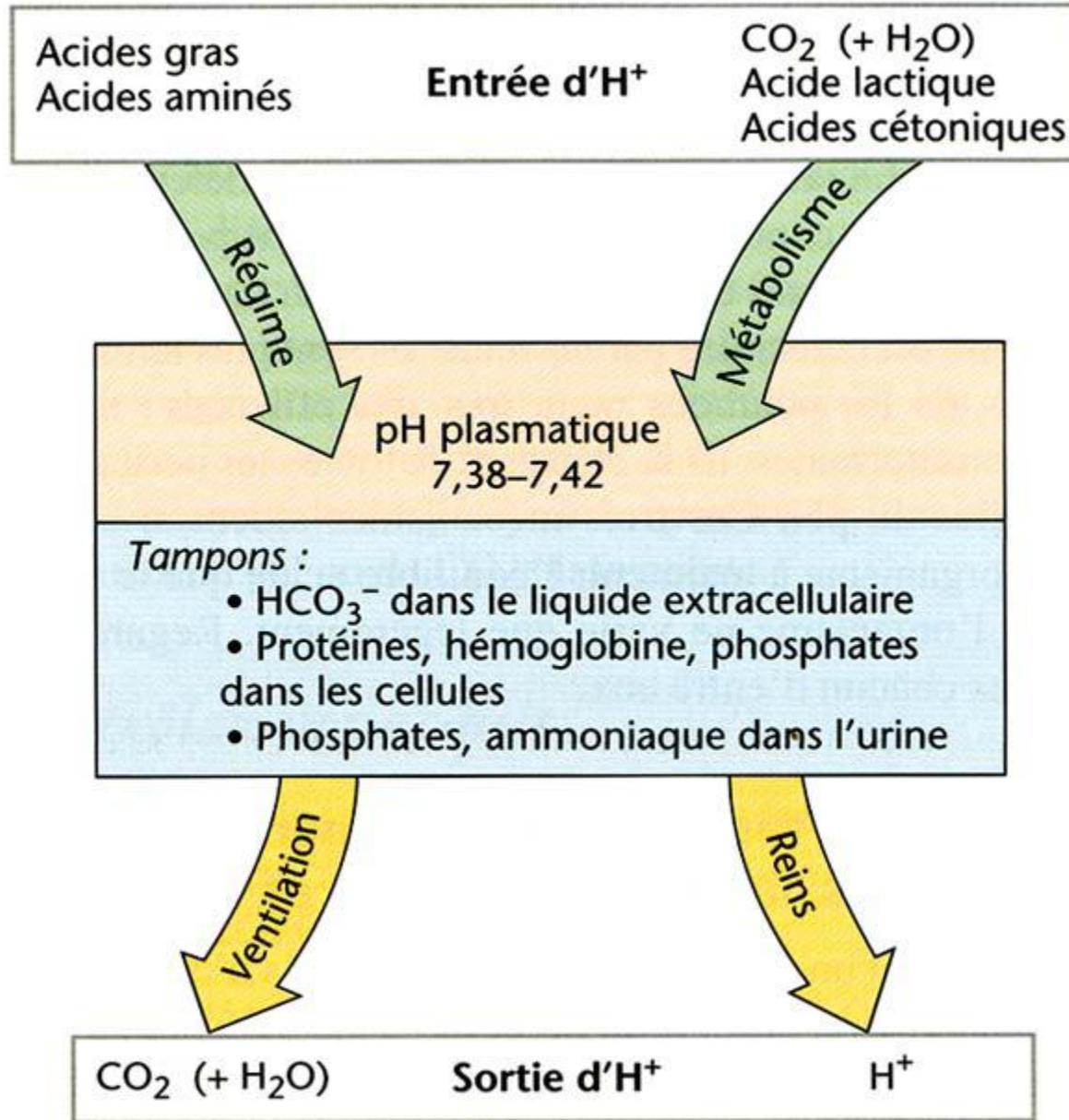
2. La régulation pulmonaire du CO_2 (La ventilation)

- Régulation agit a court terme et rapide, pouvant prendre en charge près de 75% des perturbations de l'équilibre acide-base suite a une forte respiration.

3. La régulation rénale

- Les reins sont beaucoup plus lents dans la mise en œuvre
 - Élimination les acides (H^+)(base, HCO_3^-) en excès.
 - Régénère les bicarbonates.

Fonctionnement général



1-Les systèmes tampons du sang

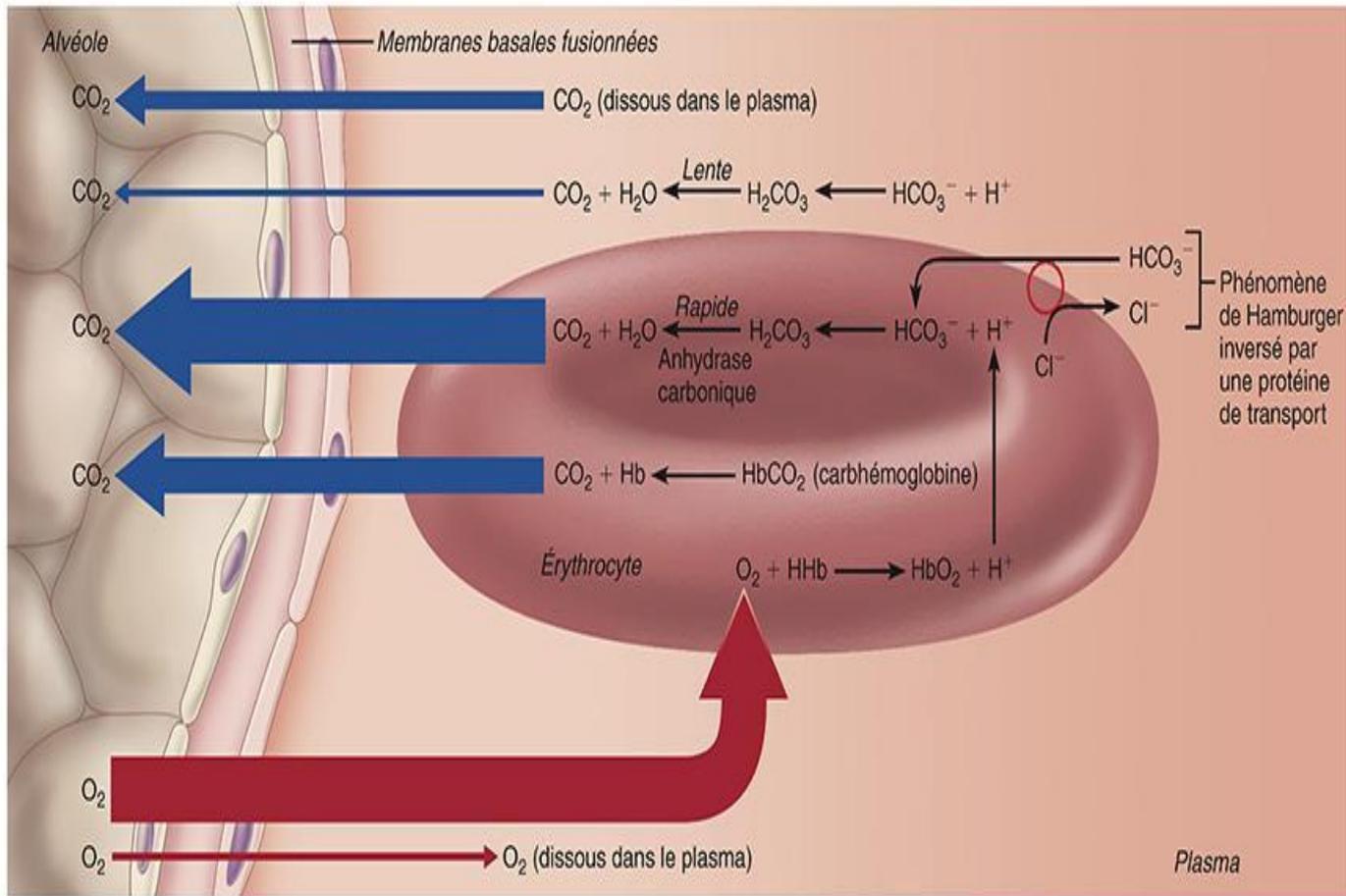
➤ Le tampon comme son nom l'indique n'empêche pas le changement de pH mais il en limite l'amplitude. La plupart des tampons de l'organisme ont comme fonctions de fixer les ions H^+ .

□ Les différents systèmes tampons sanguin sont :

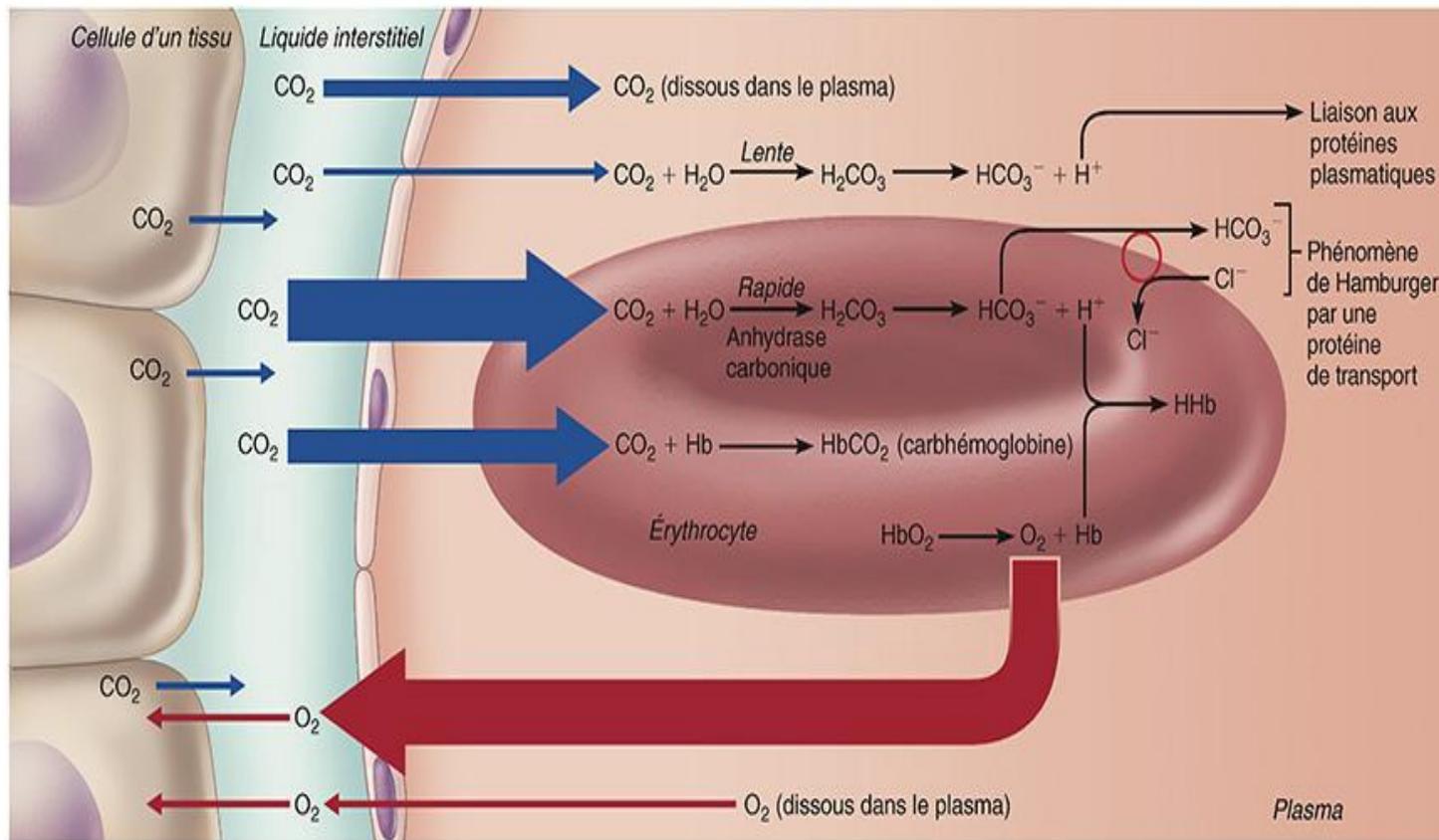
1.1 Intracellulaires :

- Les protéines,
 - Les ions phosphates (HPO_4^{-2}),
 - L'hémoglobine (Hb),(Hématie)
- Le tamponnement des ions H^+ par l'hémoglobine libre dans les globules rouges un ion HCO_3^- qui va gagner le plasma (échange avec un Cl^-).

Tampons intracellulaires : Hémoglobine



Au niveau des poumons



(a)

Au niveau des tissus

1.2 Extracellulaires : Le système tampon bicarbonate/acide Carbonique $\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_2$.

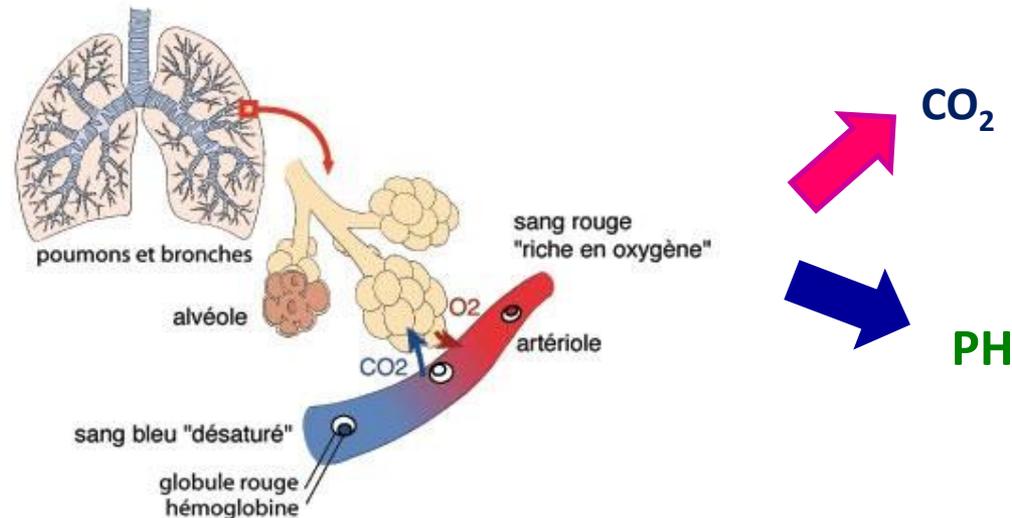
- ❖ C'est quantitativement le plus important des systèmes tampons plasmatiques. Il représente 25 à 30 mmol/L.
- ❖ Ce système est surtout puissant pour lutter contre l'acidose puisque le rapport bicarbonates/acide carbonique est de l'ordre de 20.
- ❖ 5 % du CO_2 du sanguin peuvent se trouver sous forme de carbamate par combinaison aux protéines plasmatiques ou à l'hémoglobine globulaire ($\text{Hb} \cdot \text{CO}_2$).
- ❖ 90 % du CO_2 sanguin se trouvent sous forme de bicarbonates de sodium ou de potassium ($\text{HCO}_2 \text{Na}$ et $\text{HCO}_2 \text{K}$).

2. Régulation pulmonaire (Régule à 70% a court terme et rapide)

❖ La ventilation va pouvoir ajuster le pH par l'intermédiaire de deux stimuli: H^+ et PCO_2

2.1 Chémorécepteurs aortiques et carotidiens :

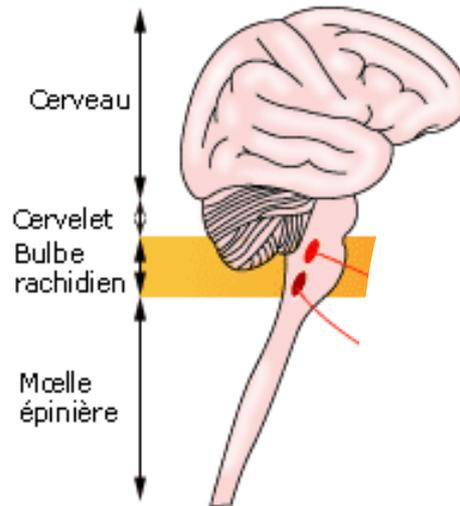
- Stimulés par l'augmentation de $[H^+]$ plasmatique
- Stimulation des centres respiratoires bulbaires
- Augmentation de la ventilation pour une bonne élimination de plus de CO_2 et transformation des ions H^+ en H_2CO_3



2.2 Chémorécepteurs centraux

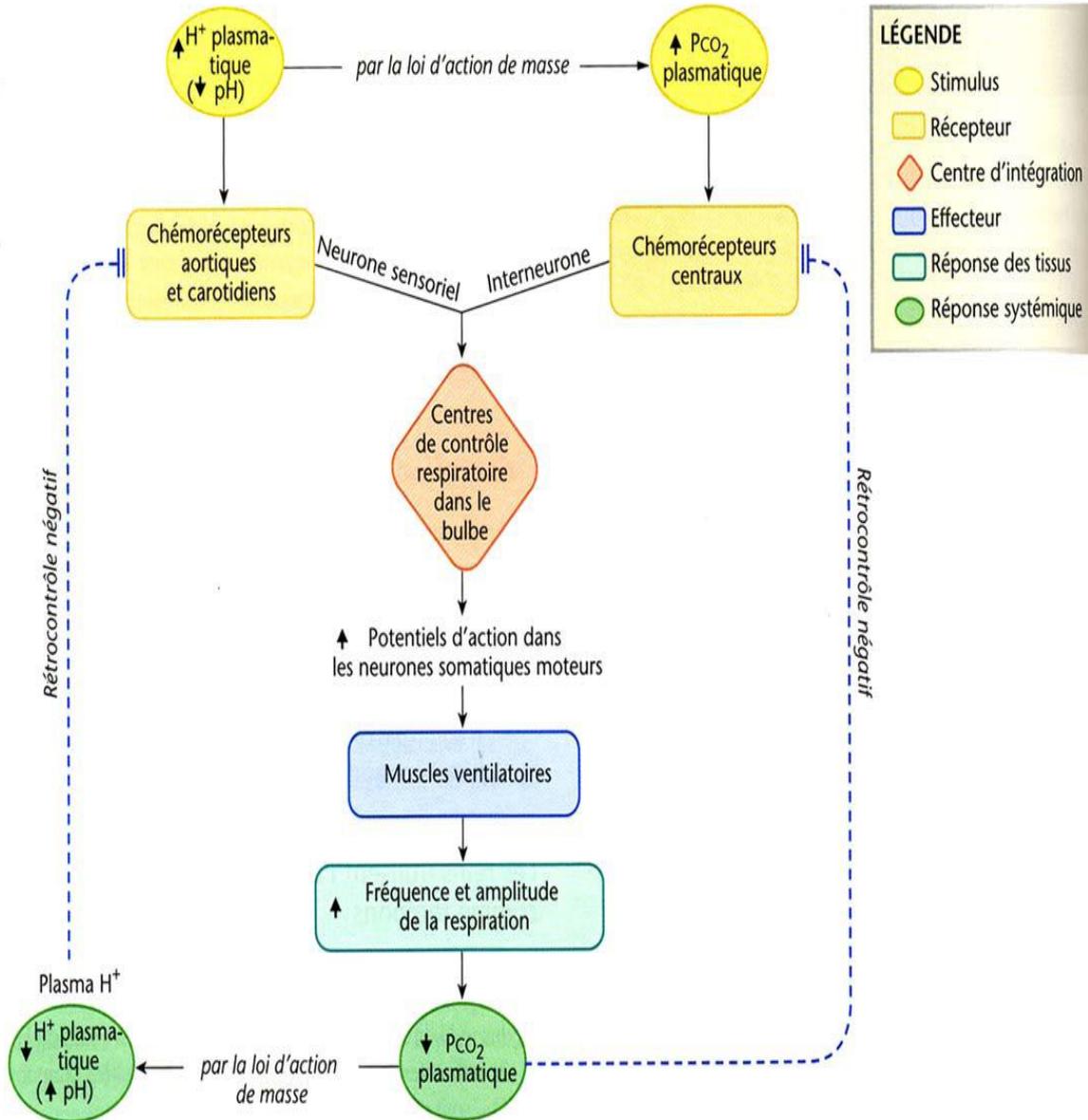
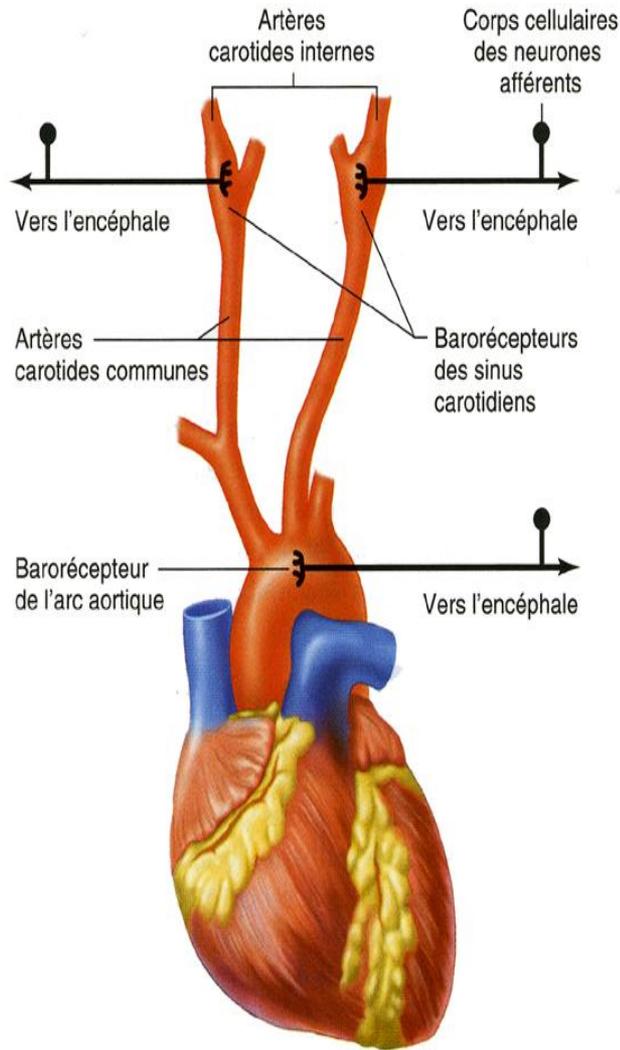
➤ H^+ ne traversent pas la barrière hémato-encéphalique. Mais les changements de pH modifient la PCO_2 et le CO_2 stimule les chémorécepteurs centraux.

➤ Ils sont situés dans le bulbe rachidien (ou médulla) au niveau du système nerveux central.



❖ Cette stimulation chémosensible va permettre de répondre à toute modification du pH et du CO_2 plasmatique.

❖ Modifications de la ventilation liées à des modifications métaboliques



2.2. La ventilation et le pH

➤ Tout changement de la ventilation va modifier l'équilibre acido-basique

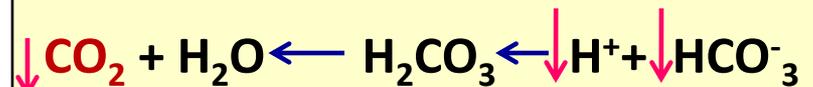


☐ **Hypoventilation** (baisse de la ventilation alvéolaire). Elle conduit à une augmentation de la PCO_2 , cela va augmenter la quantité du CO_2 et celle des ions H^+ .



Augmentation du CO_2 induit à une acidose respiratoire

☐ **Hyperventilation** (augmentation de la ventilation alvéolaire). Le sujet expire plus de CO_2 diminue ainsi la PCO_2 .



Diminution du CO_2 induit à une alcalose respiratoire

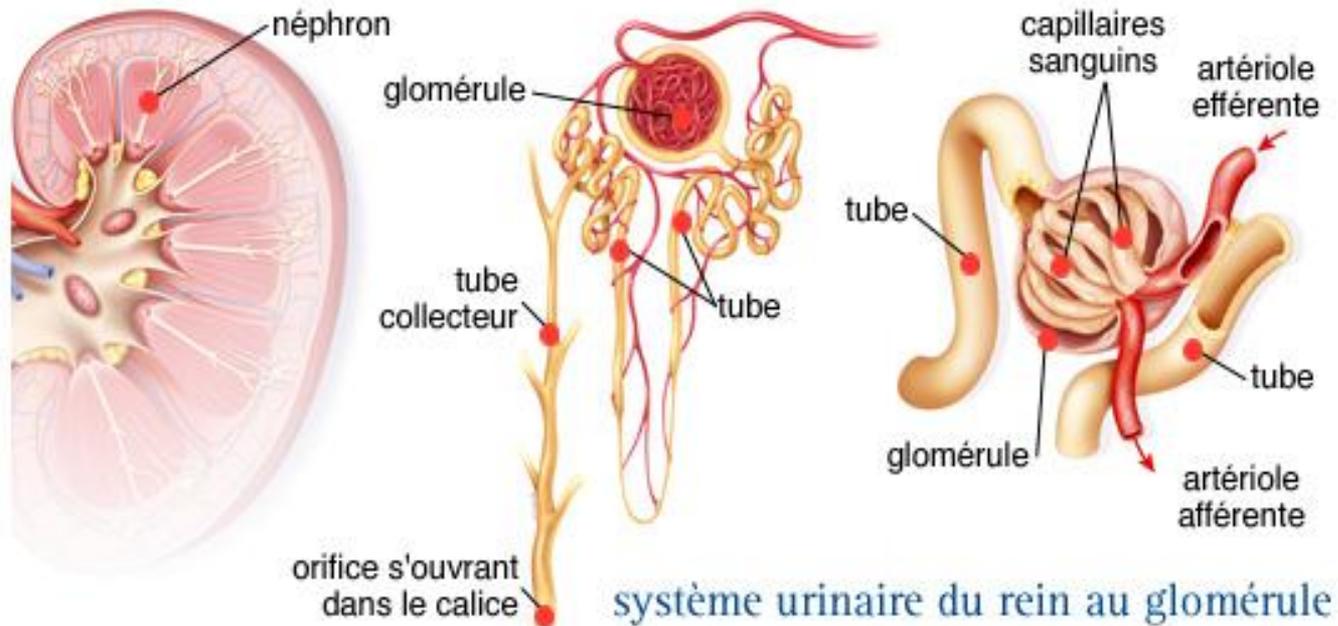
3. Régulation rénale du pH

➤ Les reins prennent en charge les 25% de compensation que les poumons n'ont pas effectué.

➤ Ils le font de deux façons:

1) En excréant ou en réabsorbant des ions H^+

2) En augmentant ou diminuant le taux de réabsorption des ions HCO_3

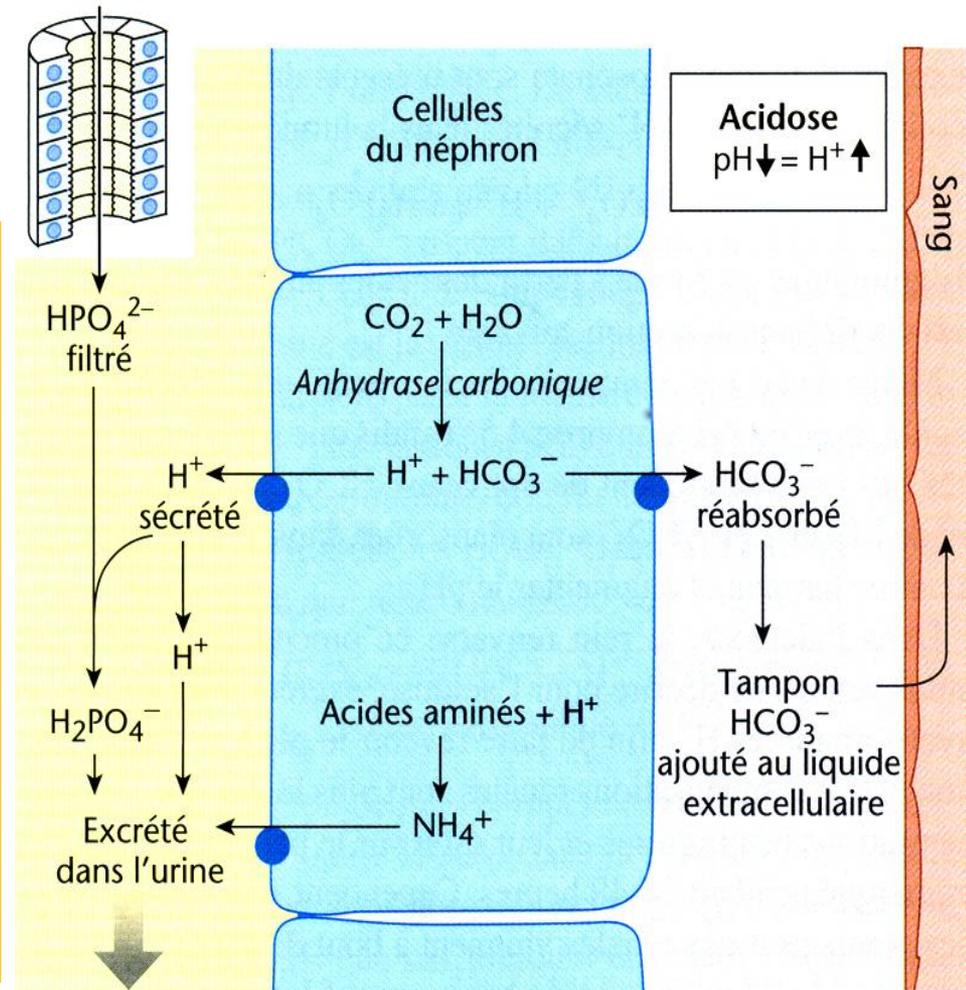


3.1 Acidose métabolique

❑ Les ions H^+ sont sécrétés dans la lumière tubulaire en utilisant un transport actif direct et indirect.

❖ Les ions H^+ excrétés dans la lumière tubulaire pouvant se combiner à HPO_4^{2-}

❖ Les ions NH_4^+ provenant de la combinaison des acides aminés avec les ions H^+



❖ Les ions HCO_3^- sont réabsorbés au niveau du capillaire péri-tubulaire, ce qui permet également d'augmenter le pH.

3.2 Alcalose métabolique

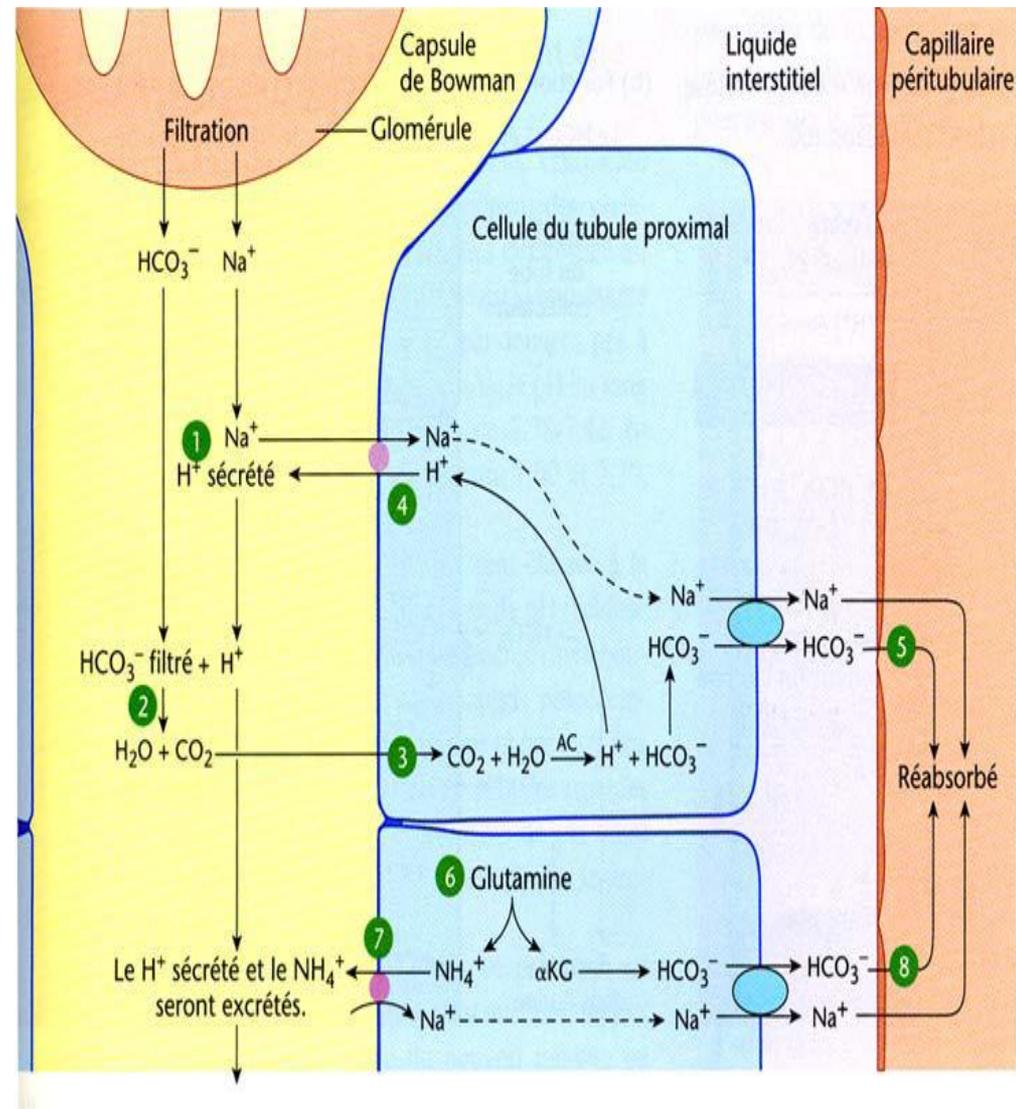
❖ Les ions HCO_3^- sont excrétés et les ions H^+ sont réabsorbés ce qui tend à diminuer le pH.

❖ Les ions HCO_3^- sont majoritairement réabsorbés au niveau du tubule proximal.

❖ Les ions H^+ sont également excrétés au niveau du tubule proximal.

❖ Les voies de réabsorption et d'excrétion sont illustrées dans la figure suivante

Réabsorption des bicarbonates



4. Le contrôle d'acidose et alcalose métabolique

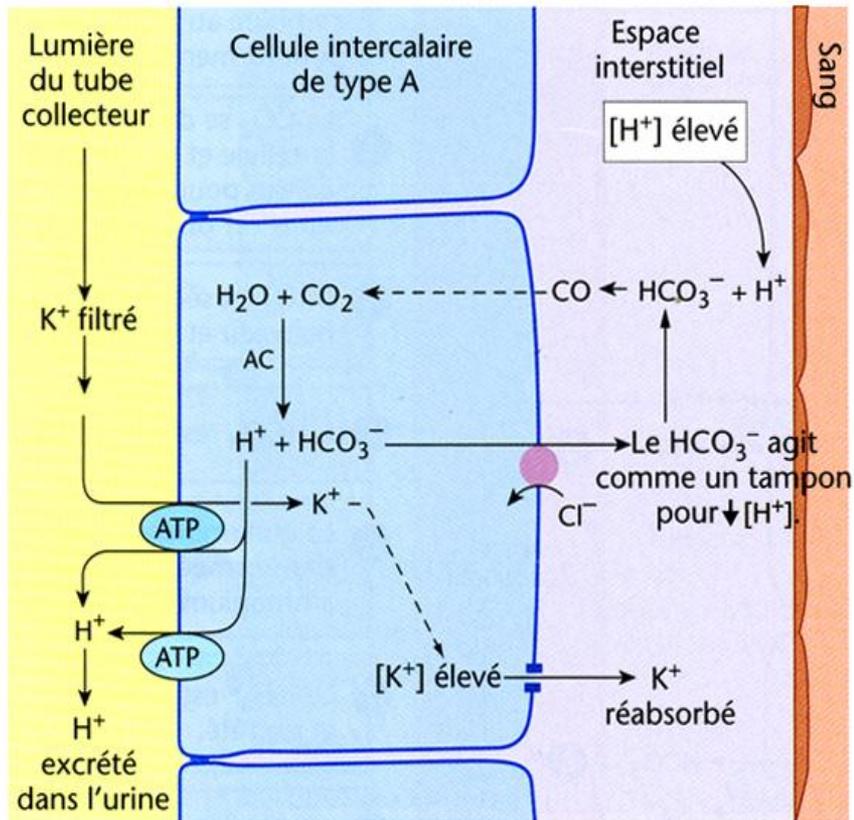
- ❖ Le contrôle de l'acidose et alcalose métabolique par les reins est effectué par des cellules spécialisées dites intercalaires qui se trouvent dans la partie distale du néphron.
- ❖ Ces cellules sont riches en **anhydrase carbonique** et comportent des H^+ ATPase ou des ATPases échangeant H^+ contre K^+ .
- ❖ Les bicarbonates sont mobilisés par des contre transports $HCO_3^-:Cl^-$
- ❖ Les cellules de type A interviennent en cas d'acidose plasmatique, alors que les cellules de type B sont activées en cas d'alcalose.

Le rein et le PH (suite)

❖ Cellule intercalaire de type A

(a) Fonction des cellules intercalaires de type A dans l'acidose.

Le H^+ est excrété ; le HCO_3^- et le K^+ sont réabsorbés.



❖ Cellule intercalaire de type B

(b) Fonction des cellules intercalaires de type B dans l'alcalose.

Le HCO_3^- et le K^+ sont excrétés ; le H^+ est réabsorbé.

