

LET'S PLAY TOGETHER

# EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE

START

YoungmiNa+



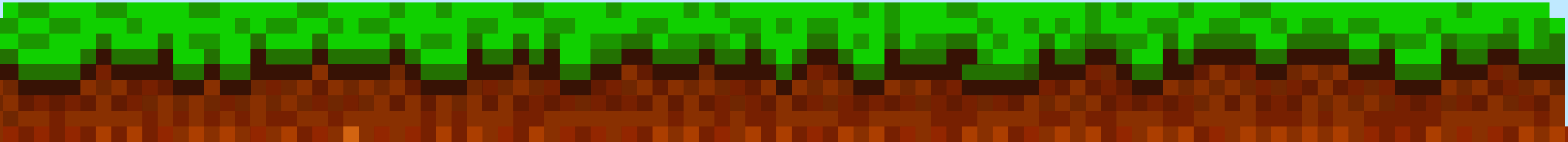
# DÉFINITIONS +++



Acide : espèce capable de céder un ou plusieurs protons

Base : espèce capable de capter un ou plusieurs protons

Couple acido-basique : molécules capables de déplacer l'équilibre entre les ions  $H^+$  et les ions  $OH^-$  en solution aqueuse en s'ionisant dans l'eau ( exemple :  $NH_3 / NH_4^+$  )



# IONISATION DE L'EAU

$$K_{H_2O} = \frac{[H^+] \times [OH^-]}{[H_2O]}$$

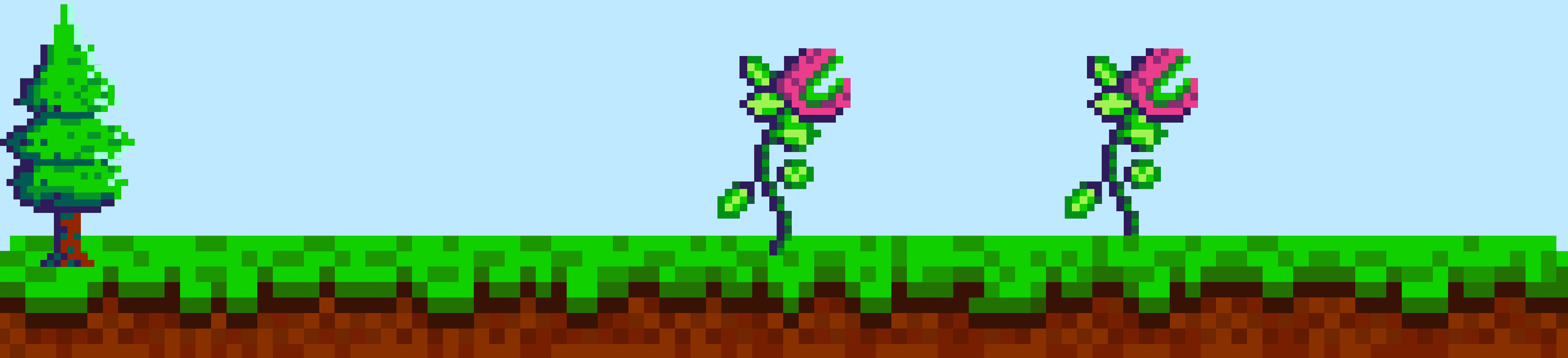


Trois cas de figures :

- La solution est **neutre** lorsque **pH = 7**, ( $[H^+] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ )
- La solution est **acide** lorsque **pH < 7**, ( $[H^+] > 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ )
- La solution est **basique** lorsque **pH > 7**, ( $[H^+] < 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ )

## RÉCAP +++ :

- Une solution **s'acidifie** quand la concentration en protons **augmente** (le pH DIMINUE)
- Une solution **s'alcalinise** quand la concentration en protons **diminue** (le pH AUGMENTE)

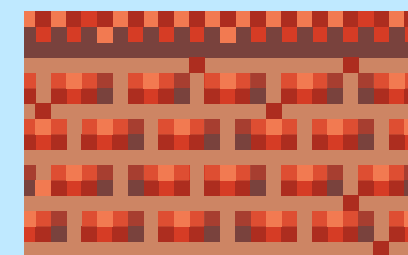
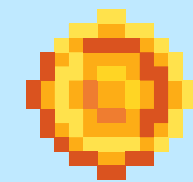
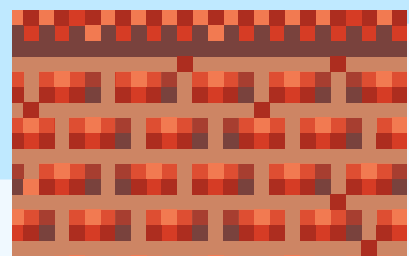
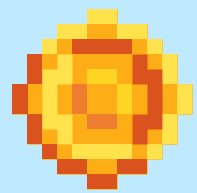


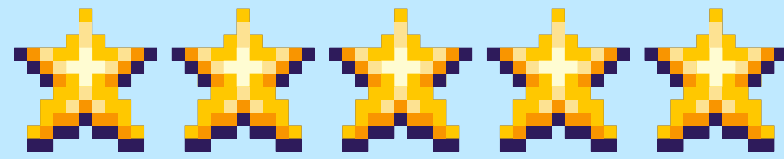
# ECHELLE LOGARYTHMIQUE :

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

On tire deux formules importantes a connaitre :

- $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$
- $\text{p}K = -\log K$





## LIQUIDES BIOLOGIQUES :

Lieu concerné	Caractéristique de pH
<b>Estomac</b>	Le pH est très bas, environ $100 \text{ mmol.L}^{-1}$ . C'est l'endroit le plus acide de l'organisme ° <b>pH = 1</b>
<b>Cellules</b>	La concentration en protons est à $100 \text{ nmol.L}^{-1}$ ° <b>pH = 7</b>
<b>Milieu extracellulaire</b>	La concentration en protons est à $40 \text{ nmol.L}^{-1}$ ° <b>pH = 7,40</b>
<b>Urine</b>	Possède un pH extrêmement variable. Elle est un émonctoire variant sa composition selon les besoins de l'organisme ° <b><math>5 &lt; \text{pH} &lt; 8</math></b>

Tableau à connaître +++

# QCM !!!

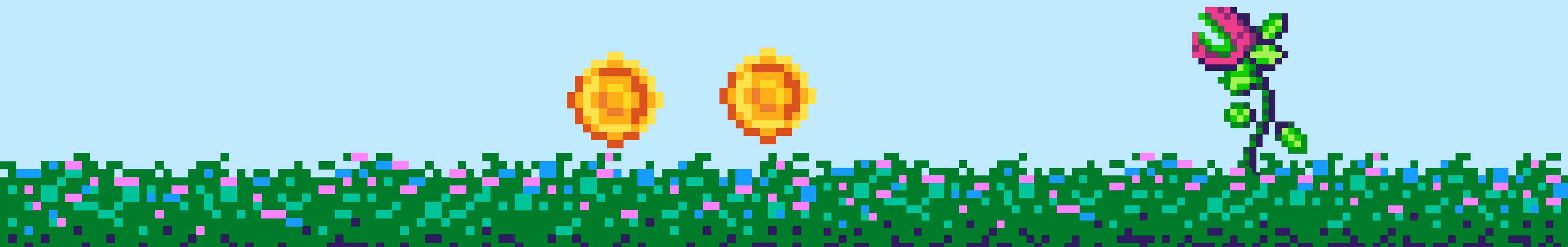


indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :

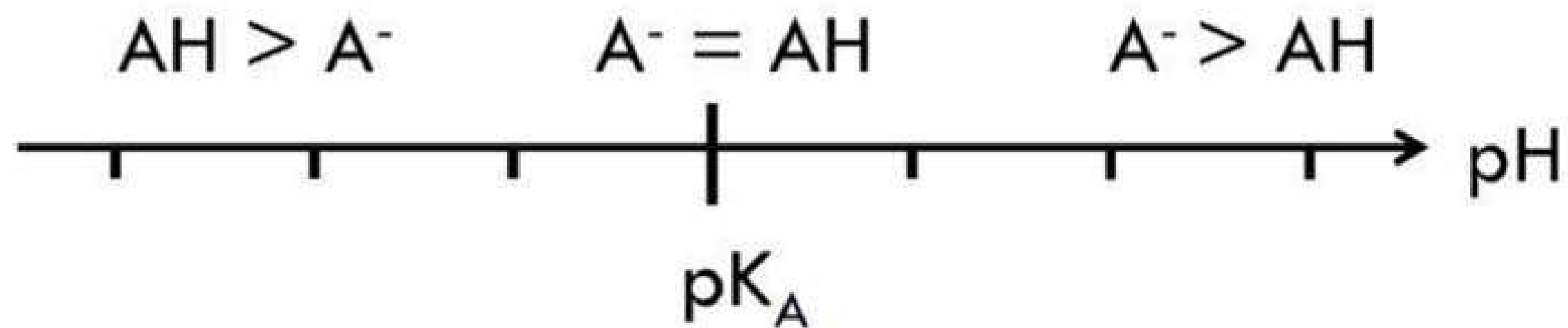
- A) Une solution est acide pour un  $\text{pH} = 9$
- B) Une solution s'acidifie quand la concentration en protons diminue
- C) Une base est une espèce capable de capter un ou plusieurs protons
- D) Le milieu extracellulaire à un  $\text{pH}$  de 7
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

# CORRECTION :

- A) **FAUX** : une solution est acide pour un **pH < 7**
- B) **FAUX** : Une solution s'acidifie quand la concentration en protons **augmente**
- C) **VRAI**
- D) **FAUX** : Le milieu extracellulaire à un pH de **7.40 +++** c'est les cellules qui ont un pH de 7
- E) **FAUX**



## ECHELLE DE PH ET PKA :



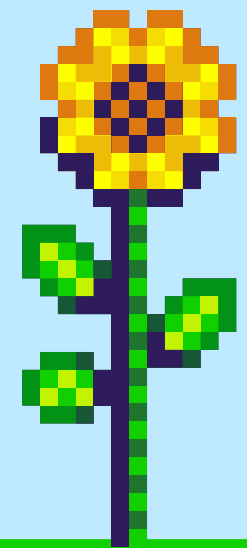
- Si le  $\text{pH} < \text{pK}_A$  alors la forme liée AH (l'acide du couple) prédomine
- Si le  $\text{pH} > \text{pK}_A$  alors la forme, dissociée A<sup>-</sup> (la base du couple) prédomine

# IMPORTANCE DE L'ÉQUILIBRE ACIDO-BASIQUE :

Le pH physiologique du milieu intérieur est compris entre : **7.38 < pH < 7.42**  
.Il est extrêmement régulé.

L'individu peut se trouver en danger de mort  si :

- **pH  $\leq$  7,00**
- **pH  $\geq$  7,80**



Certaines fonctions sont influencées par l'état acido-basique ainsi de trop grandes variations pourraient endommager leur fonctionnement :

- Ouverture des canaux membranaires
- Vitesse de réactions enzymatiques
- Conformation et interactions de certaines protéines
- Transport de l'oxygène par l'hémoglobine

**La régulation du pH du milieu INTERIEUR c'est très IMPORTANT pour le bon fonctionnement de l'organisme +++**

## EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE DANS L'ORGANISME

**++ L'organisme est soumis à une charge acide permanente et inéluctable ++**

→ La charge acide provient de la dégradation des acides aminés et du métabolisme énergétique ( cf bioch )

Il existe deux types de métabolisme :

- ° Le métabolisme **aérobic** : production de CO<sub>2</sub> exclusivement (acide volatil)
- ° Le métabolisme **anaérobic** : production de CO<sub>2</sub> et d'acide lactique (acide fixe)

## Acide carbonique H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> :

- Au coeur de la régulation du pH du sang et des cellules
- Extrêmement abondant dans l'organisme
- Régulé par les **poumons** et les **reins**
- **Acidifie** via l'**ionisation** de l'acide carbonique
- **Alcalinise** via l'**hydratation** du gaz carbonique

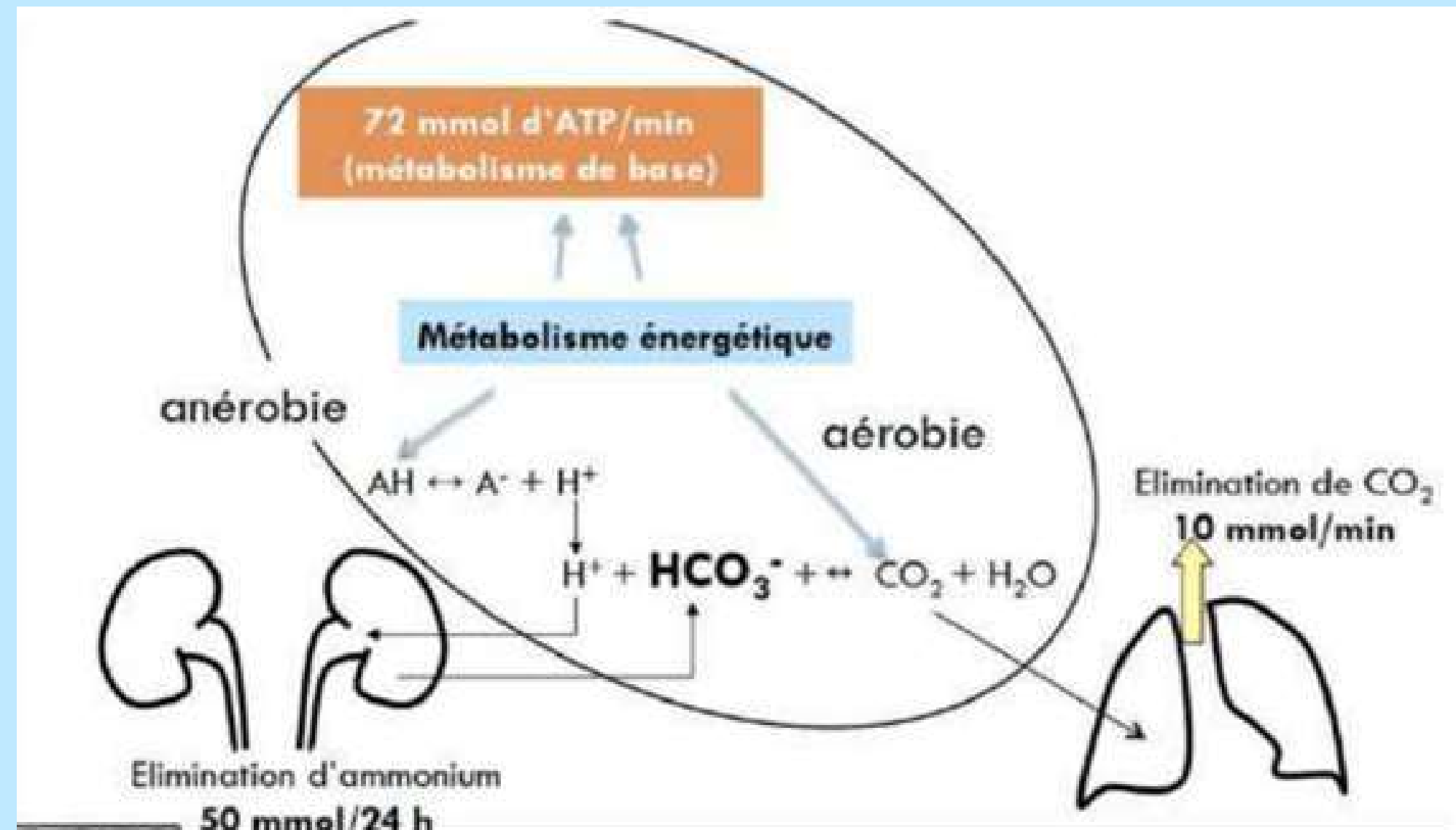
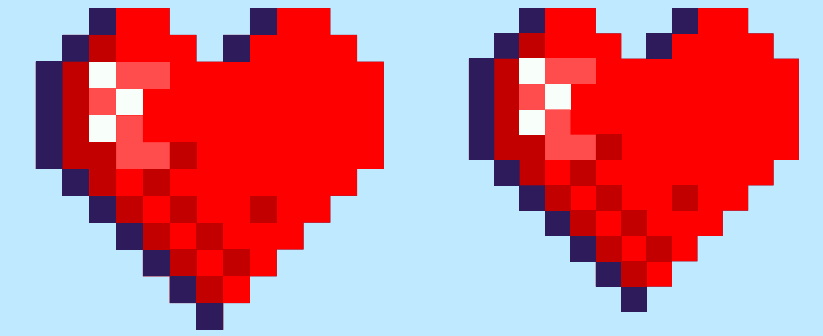




# RÔLES DES REINS ET DES POUMONS

## 1) AU REPOS

- Les poumons expulsent le CO<sub>2</sub>
- Les reins éliminent les H<sup>+</sup> dans l'urine et produisent du bicarbonate
- Les poumons ont une capacité de régulation supérieure à celle des reins
- Métabolisme aérobie > anaérobie



## Elimination des protons H<sup>+</sup>

Poumons

- **trappés par un bicarbonate** pour former H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> qui se dissociera finalement en H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>, ce-dernier pouvant être lui-même exhalé par les **poumons ++**

reins

- **Associés à un NH<sub>3</sub>** formant du NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (ammonium) qui peut être éliminé par les **reins ++**

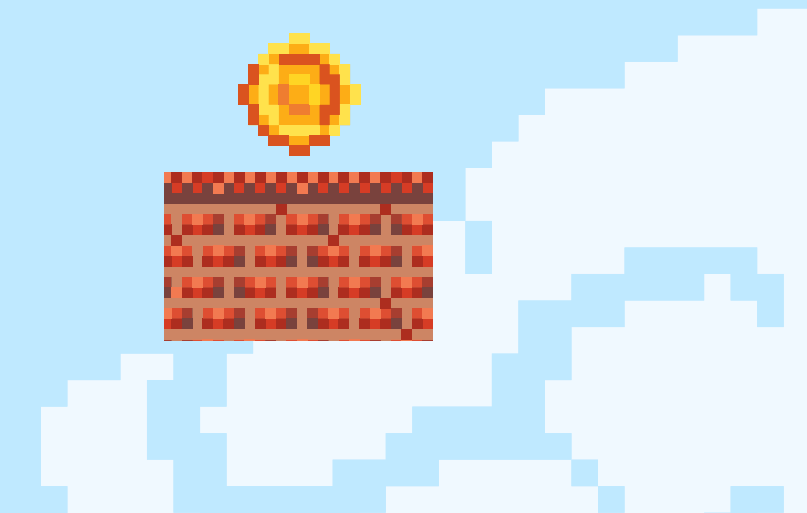
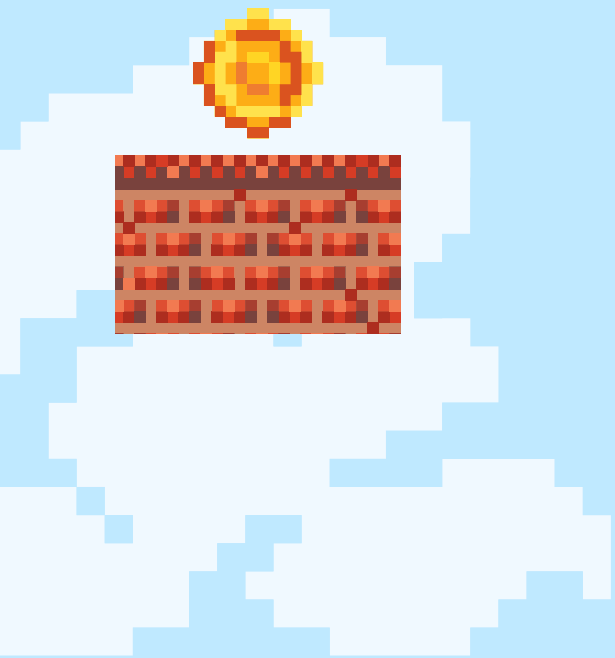


## CHARGE ACIDE : ALIMENTS ET MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE :

	H <sup>+</sup> et HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sup>+</sup> et anions organiques
Production	14 400 mmol/jour	70 mmol/jour
Élimination	Pulmonaire sous forme de CO <sub>2</sub>	Rénale sous forme d'ammonium et d'acide phosphorique

Dégradation des nutriments et charge acide :

- Protéines → glucose + urée + **acide phosphorique** + **acide sulfurique** + **CO<sub>2</sub>**
- Glucose → **CO<sub>2</sub>** ± **acide lactique** + ATP
- Acides gras → **CO<sub>2</sub>** ± **corps cétoniques** + ATP



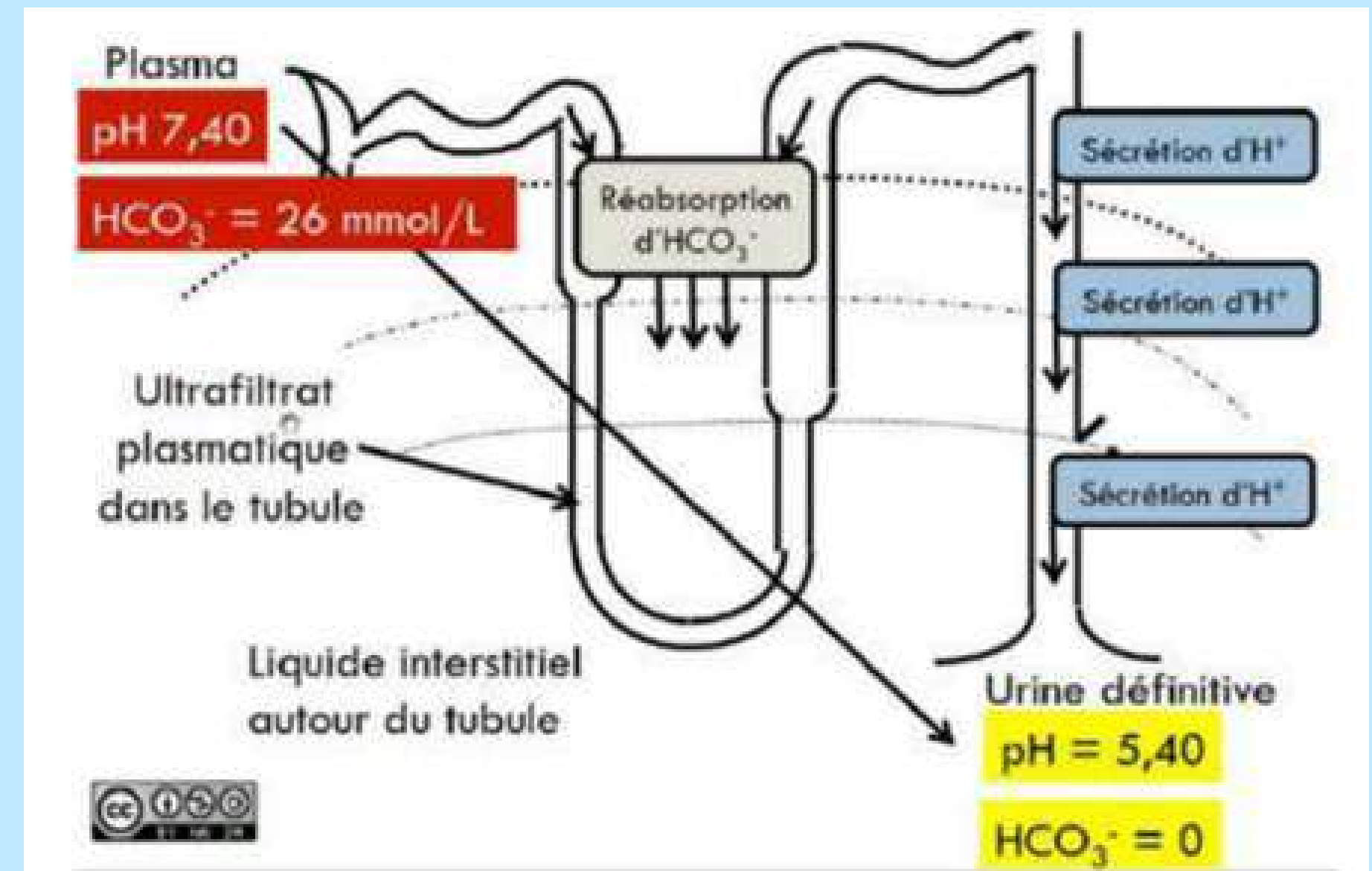
## LES REINS :

La réabsorption des bicarbonates se fait à partir du fluide dans le tubule vers le liquide interstitiel

L'urine définitive est dépourvue de bicarbonate -> **TOUS les bicarbonates sont réabsorbés**

En distalité du tubule les protons vont être sécrétés du liquide interstitiel vers le fluide tubulaire, ainsi le pH de l'urine est bas. La réabsorption de protons est variable et dépend de l'état acido basique

Suivant les besoins de l'organisme l'urine est plus ou moins enrichis en protons +

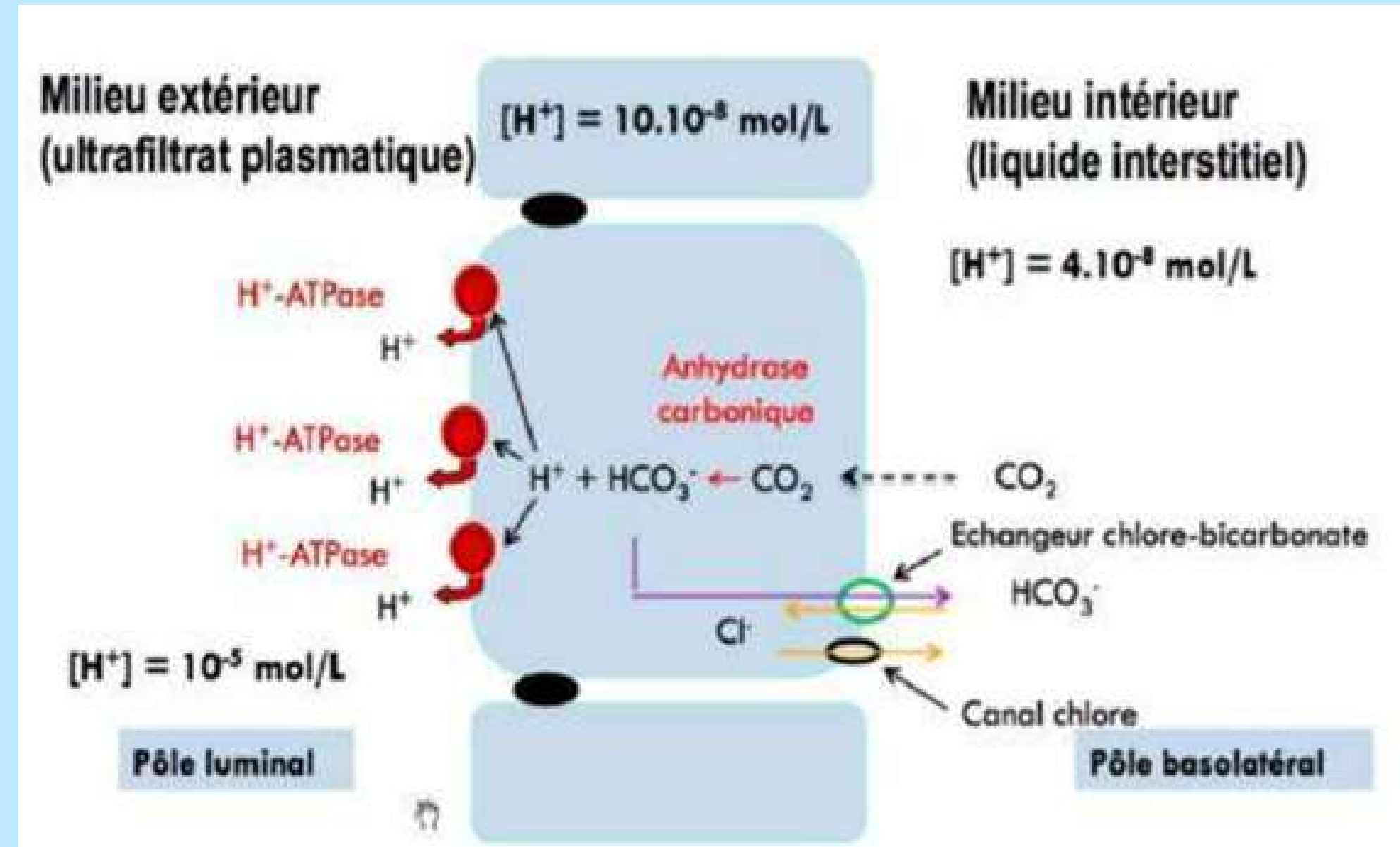


## SÉCRÉTION DES PROTONS :

-> Phénomène **actif** utilisant les pompes H<sup>+</sup>ATPases situés aux pôles lumineux des cellules rénales

La sécrétion de protons va pouvoir se faire contre le flux de diffusion soit vers l'urine primitive

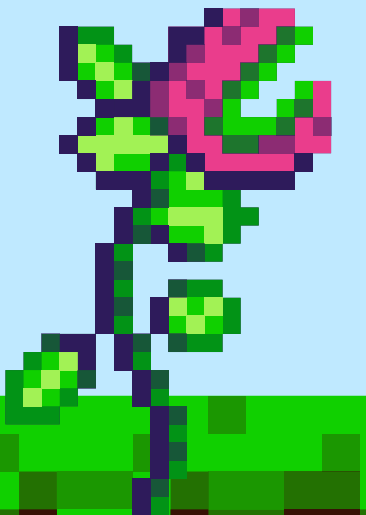
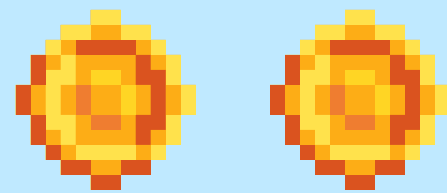
**Pour chaque ion H<sup>+</sup> sécrété, un bicarbonate est régénéré**



## FIXATION DES PROTONS DANS L'URINE :

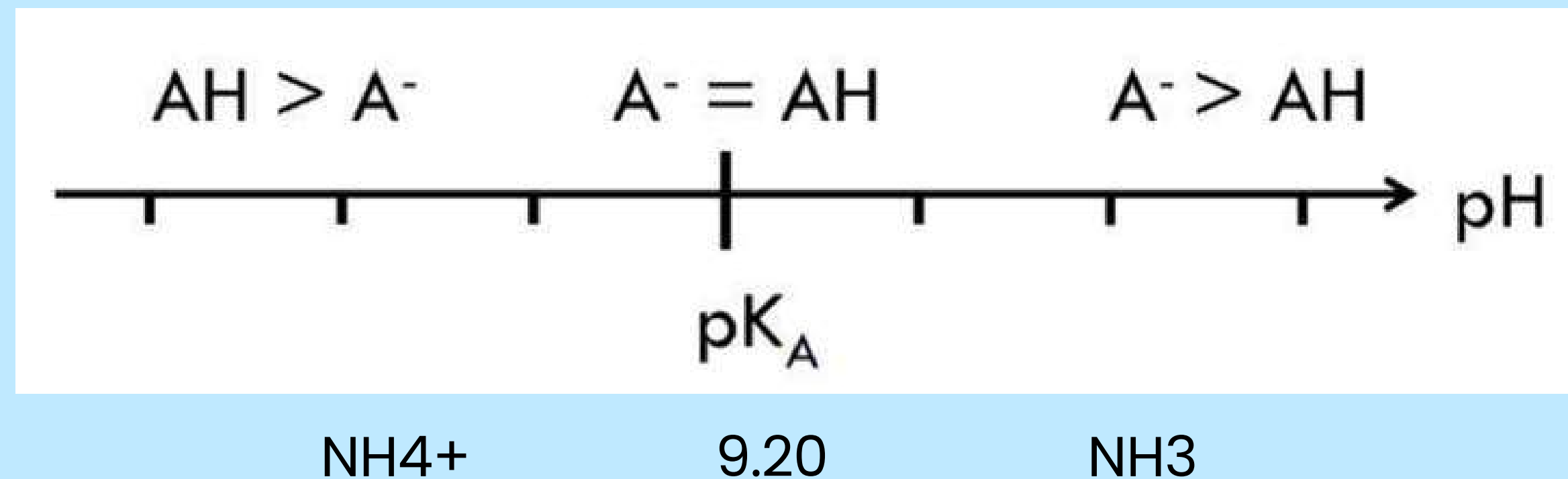
La fixation des protons dans l'urine passe par deux couples acidobasiques :

- Le couple **ammonium/ammoniac** a un **pKA = 9,20**. L'urine primitive à un pKa inférieur. Donc la forme liée (= acide) prédomine (extrêmement efficace. Fabriqué par les reins (donc adaptation possible))
- L'**acide phosphorique** à un **pKA= 6,80**. L'urine définitive, a un pKA généralement inférieur. Provient de l'alimentation (donc pas adaptable)



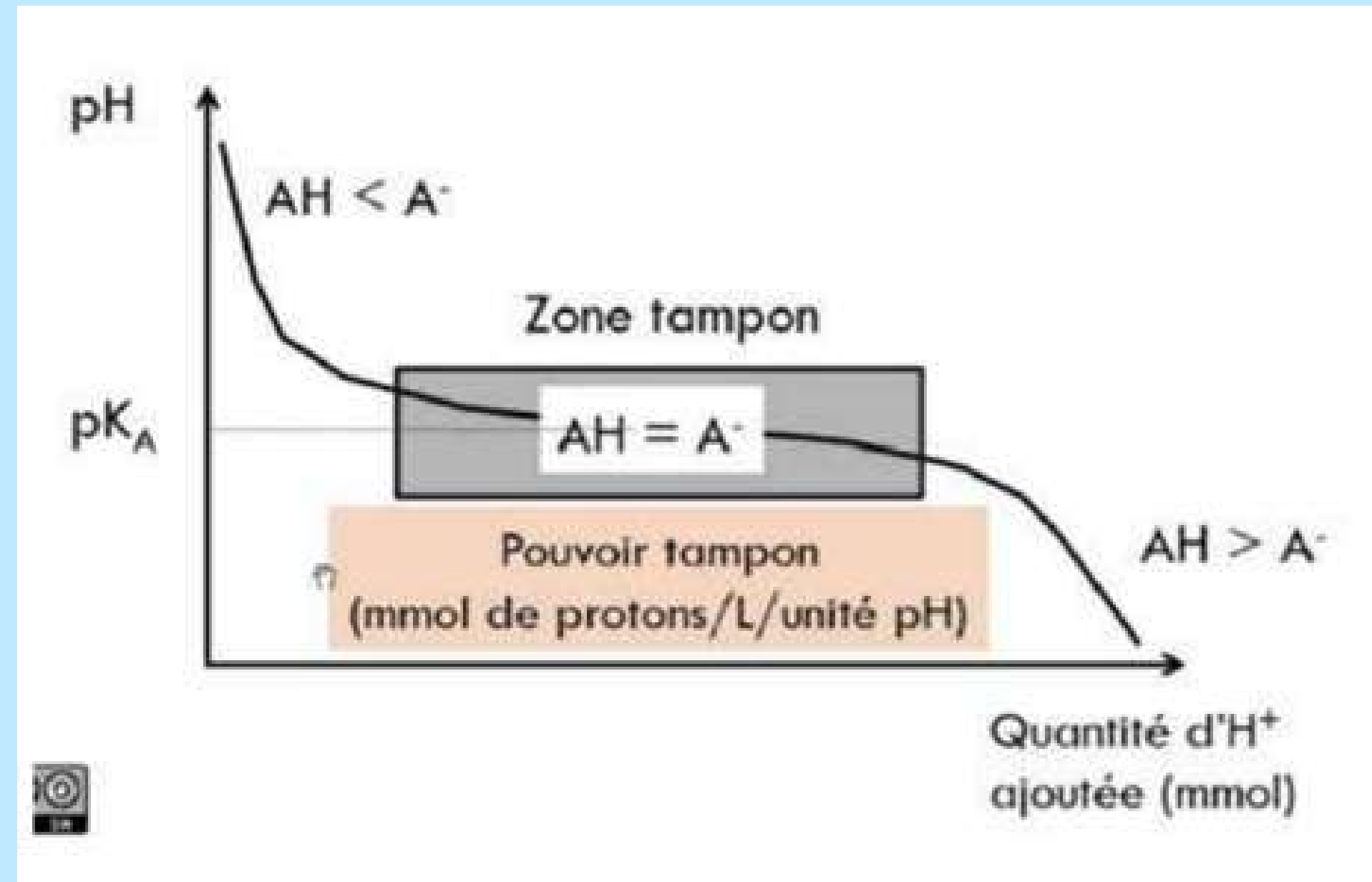
## SCHÉMA DU COUPLE AMMONIUM / AMMONIAC :

Forme liée acide  
qui  
prédomine (donc  
se lie aux H<sup>+</sup> de  
l'urine)



# LES SYSTÈMES TAMPONS PLASMATIQUE ET CELLULAIRE :

- MULTIPLES
- INTERDÉPENDANTS
- Zone tampon : zone proche du  $pK_A$  du couple acidobasique. C'est une zone où il faut ajouter beaucoup de protons pour faire varier très légèrement le pH



TROIS COUPLES ACIDOBASIQUES COEXISTENT (ZONE TAMPON) LARGE.

CES PRINCIPAUX TAMPONS CELLULAIRES ET PLASMATIQUES SONT :

- **LE BICARBONATE ( $\text{HCO}_3^-$ )**
- **L'ACIDE CARBONIQUE ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )**
- **LES PROTÉINES ET ACIDES ORGANIQUES FAIBLES**



## POUVOIR TAMPON GLOBAL :

<b>Tissu / Compartiment</b>	<b>Système tampon</b>	<b>Pouvoir tampon (<u>mmol H<sup>+</sup></u> / L / unité de pH)</b>
<u>Milieu extracellulaire</u>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / H <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	55
	Acide phosphorique	0,7
	Protéines	7
<u>Milieu cellulaire</u>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / H <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	18
	Protéines	60
<u>Hématies</u>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / H <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> Hémoglobine	30

**++ Les systèmes tampons sont en collaboration et en équilibre afin de trapper les protons de la manière la plus efficace ++**

# POUVOIR TAMPON D'UNE SOLUTION D'ACIDE CARBONIQUE

## 1) MILIEU FERMÉ

Etat initial



$$7,40 = 6,10 + \log \frac{24}{1,2}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 7,40 \\ [\text{H}^+] &= 40 \text{ nmol/L} \\ [\text{HCO}_3^-] &= 24 \text{ mmol/L} \\ \alpha P_{\text{CO}_2} &= 1,2 \end{aligned}$$

Etat final



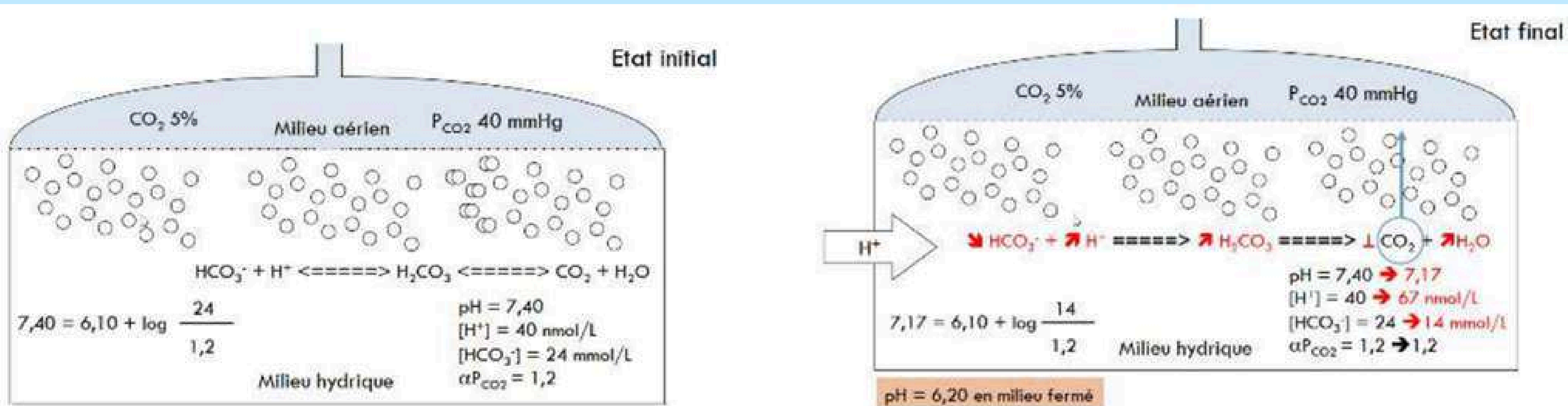
$$6,20 = 6,10 + \log \frac{14}{11,7}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 7,40 \rightarrow 6,20 \\ [\text{H}^+] &= 40 \rightarrow 630 \text{ nmol/L} \\ [\text{HCO}_3^-] &= 24 \rightarrow 14 \text{ mmol/L} \\ \alpha P_{\text{CO}_2} &= 1,2 \rightarrow 11,7 \end{aligned}$$

- Le pH diminue
- La PCO2 augmente

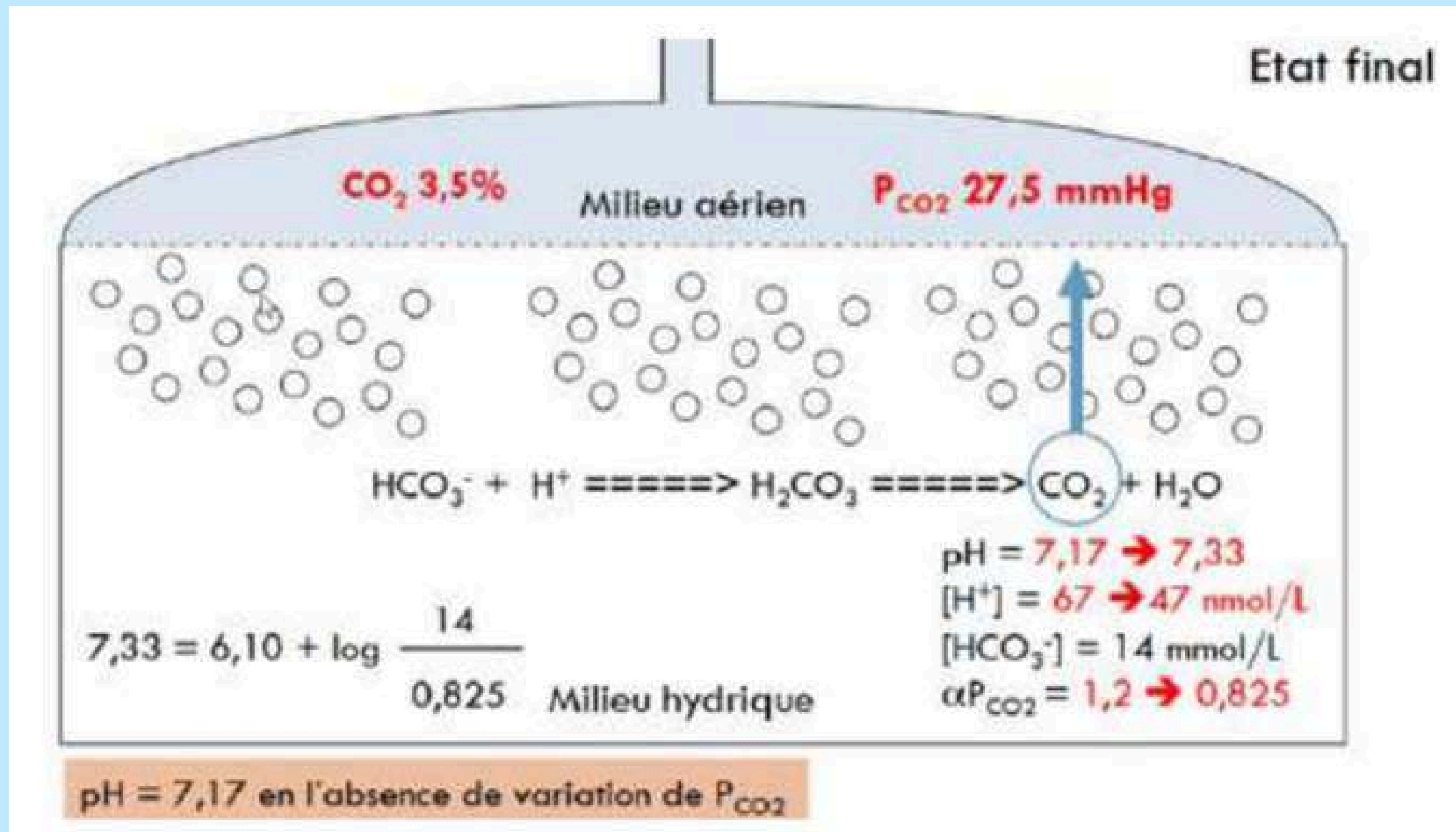
- Les bicarbonates sont consommés
- La solution s'acidifie

## 2) MILIEU OUVERT



- Le CO<sub>2</sub> pourra diffuser → la P<sub>CO<sub>2</sub></sub> ne change pas
- Les bicarbonates sont consommés
- Production de CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O
- Le pH diminue peu

### 3) AJOUT DE PROTONS EN MILIEU OUVERT AVEC DIMINUTION DE LA PRESSION PARTIELLE EN CO2 DU MILIEU AÉRIEN :



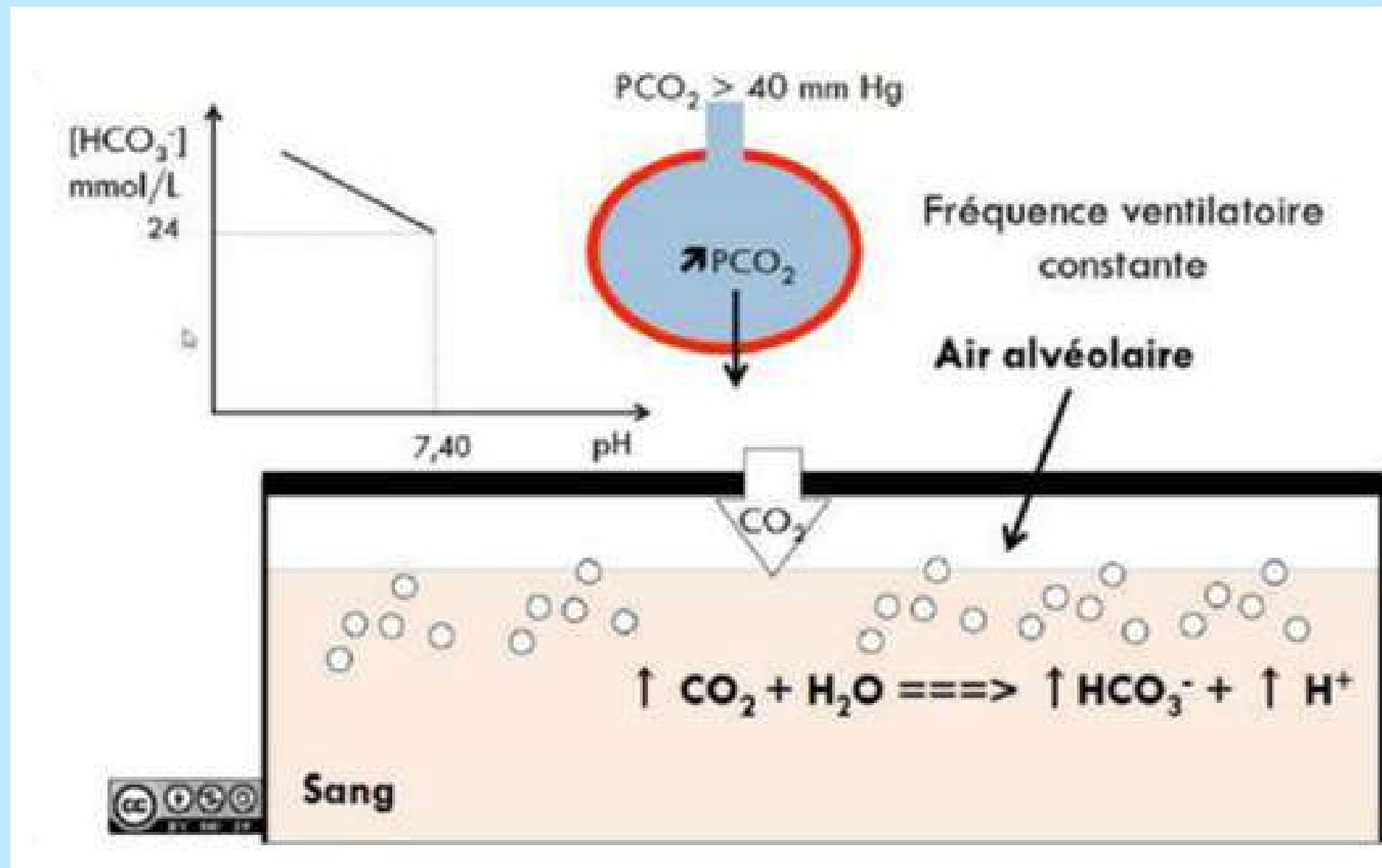
- Le CO2 diffuse mieux
- PCO2 diminue
- Le pH diminue encore moins



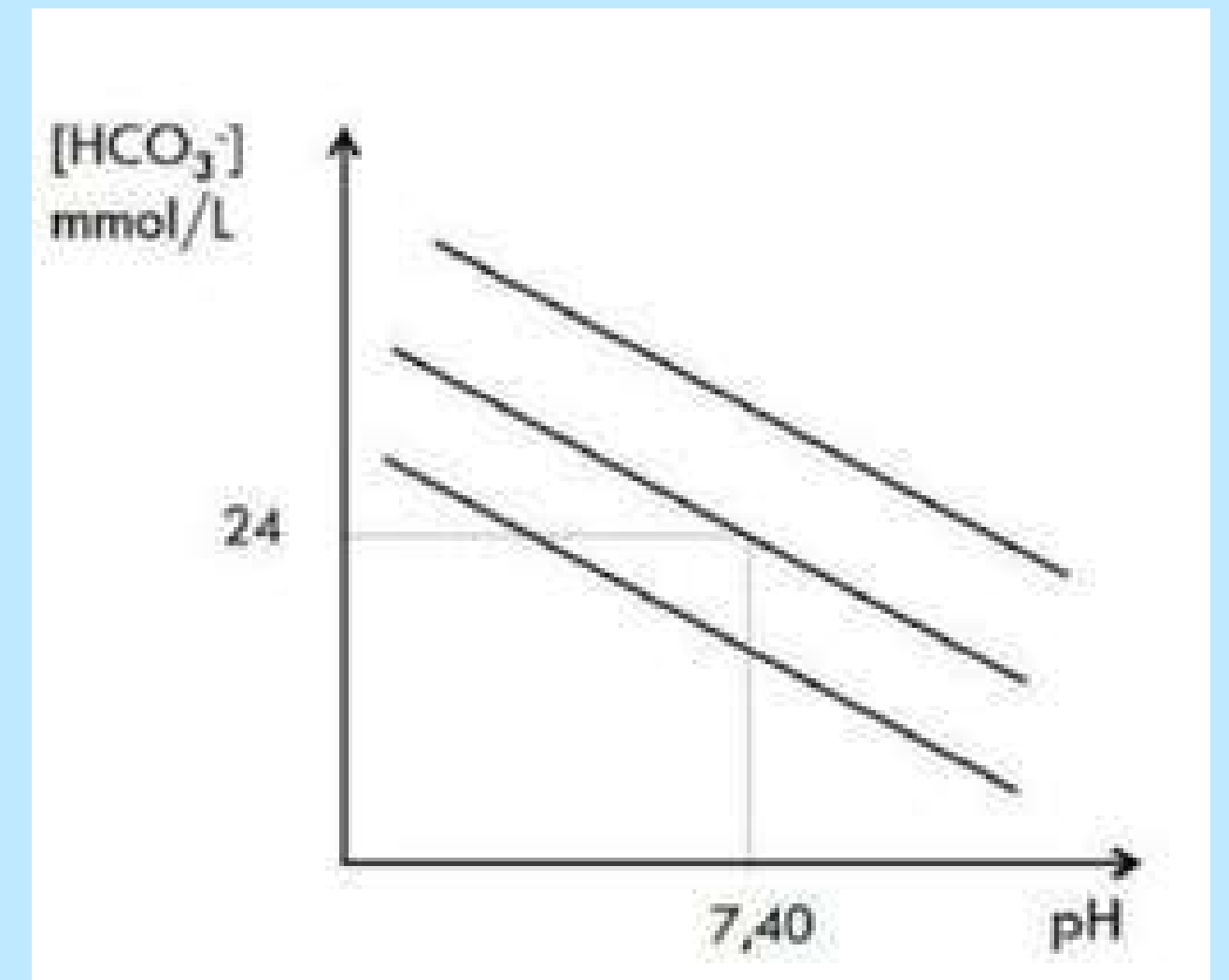
# ETUDE DU POUVOIR TAMPON IN VIVO

## 1) ETUDE DU POUVOIR TAMPON DE L'ORGANISME EN MILIEU FERMÉ

° Modélisation: Situation 1 : augmentation de PCO<sub>2</sub>



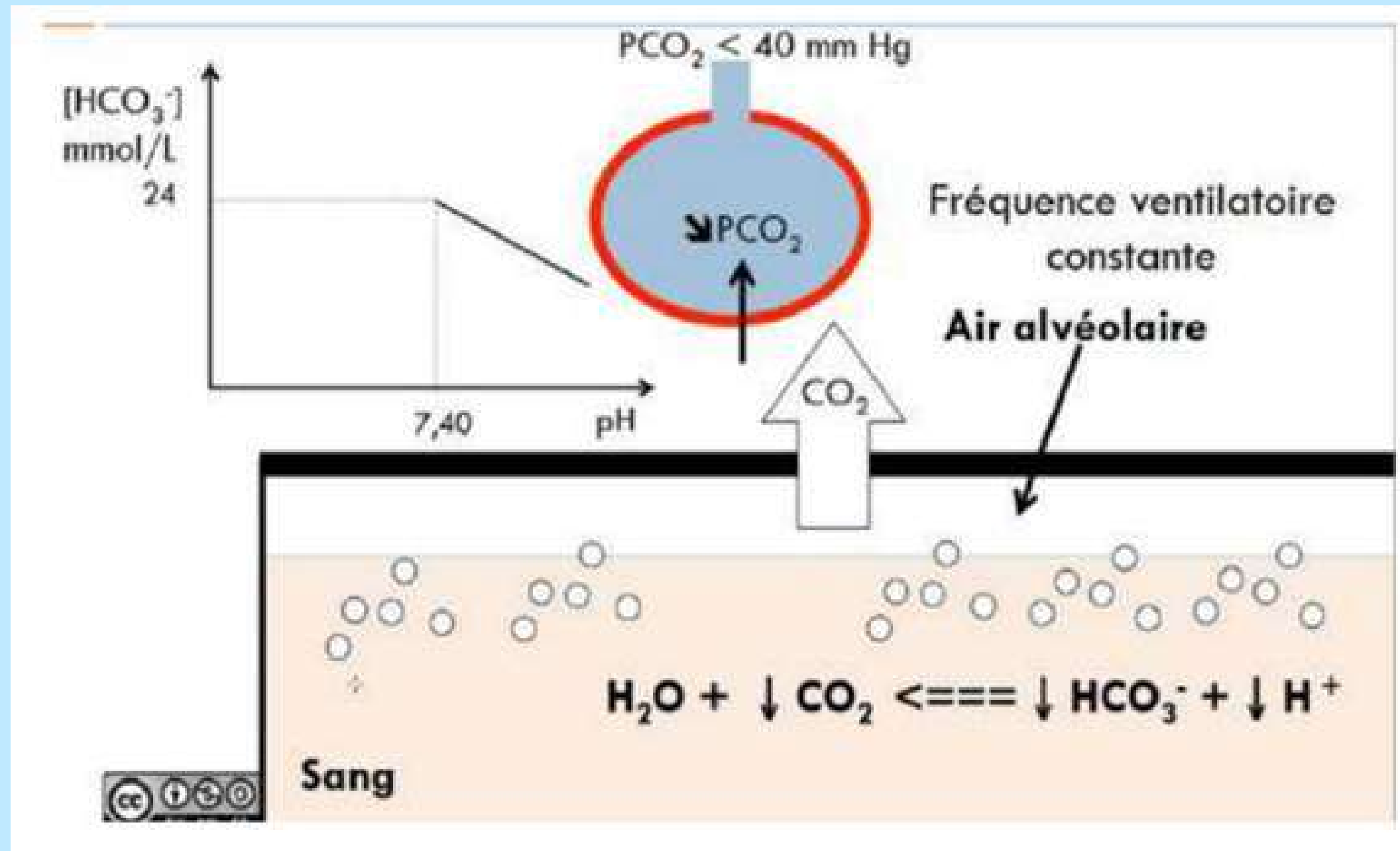
MODÉLISATION:



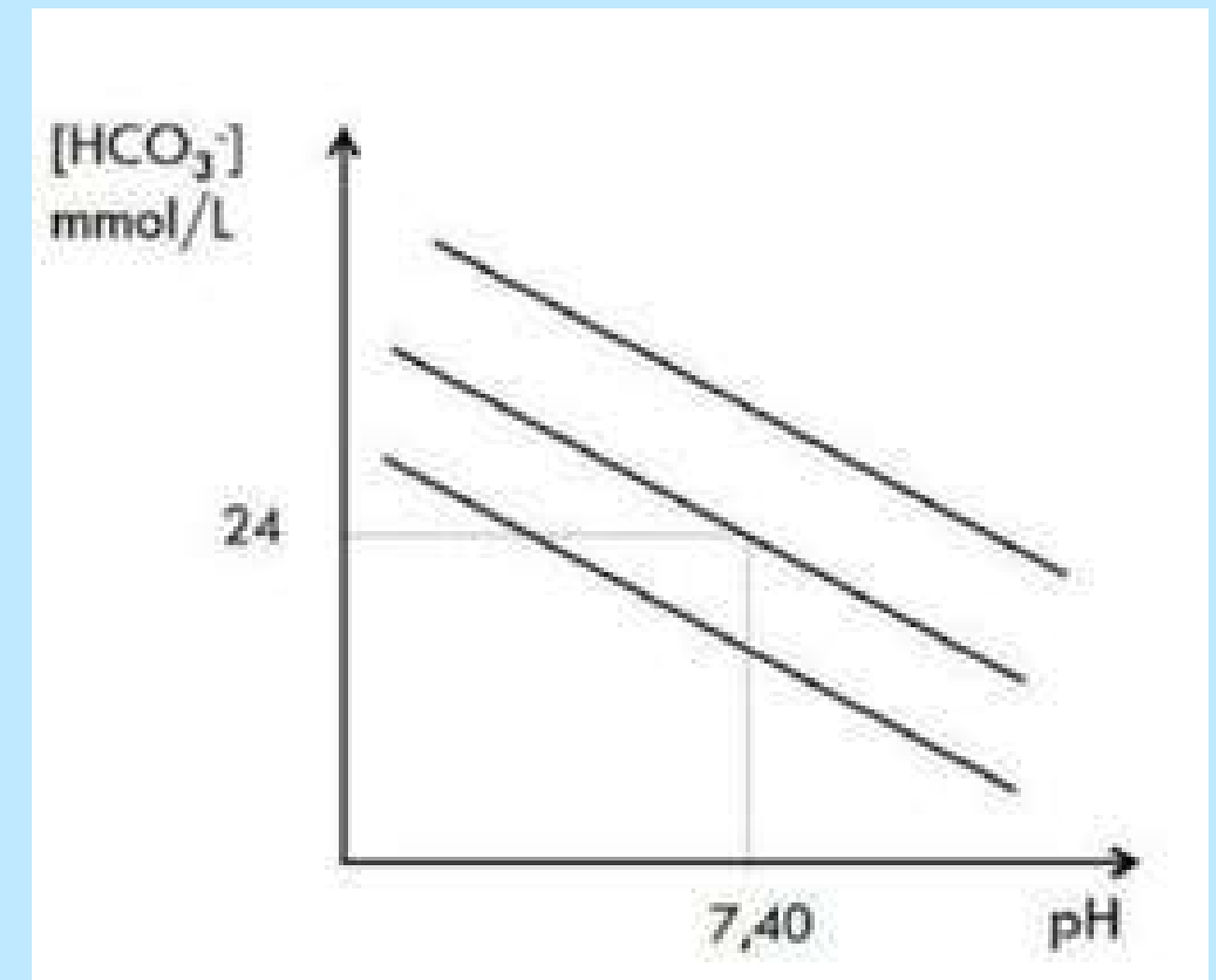
# ETUDE DU POUVOIR TAMPON IN VIVO

## 1) ETUDE DU POUVOIR TAMPON DE L'ORGANISME EN MILIEU FERMÉ

◦ Modélisation: Situation 2 : diminution de PCO<sub>2</sub>



MODÉLISATION:



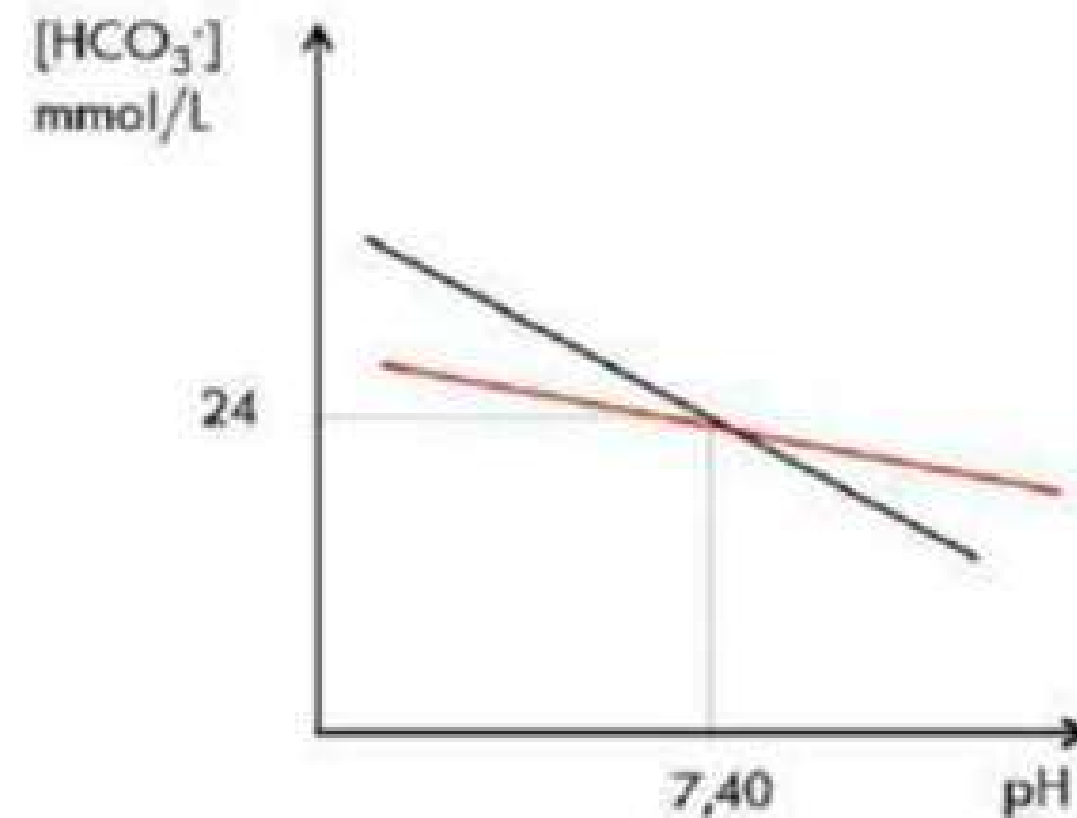
## APPLICATION EN MÉDECINE (MILIEU FERMÉ):

-> Lors d'une anémie on a un aplatissement de la relation :  
pour une plus faible variation de la concentration en bicarbonates, la variation de pH sera plus importante

**Diminution des tampons non volatils (les protéines) :**

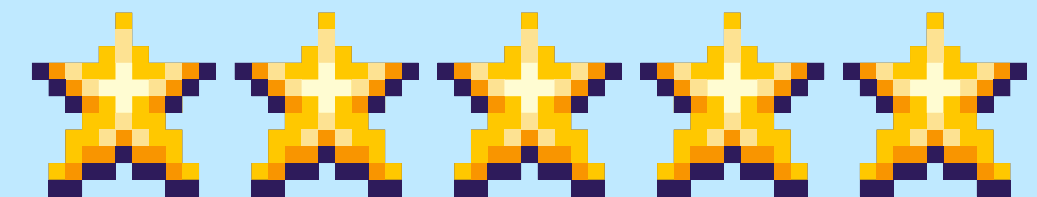
Hypoalbuminémie

Anémie =  
↓ globules rouges  
↓ hémoglobine



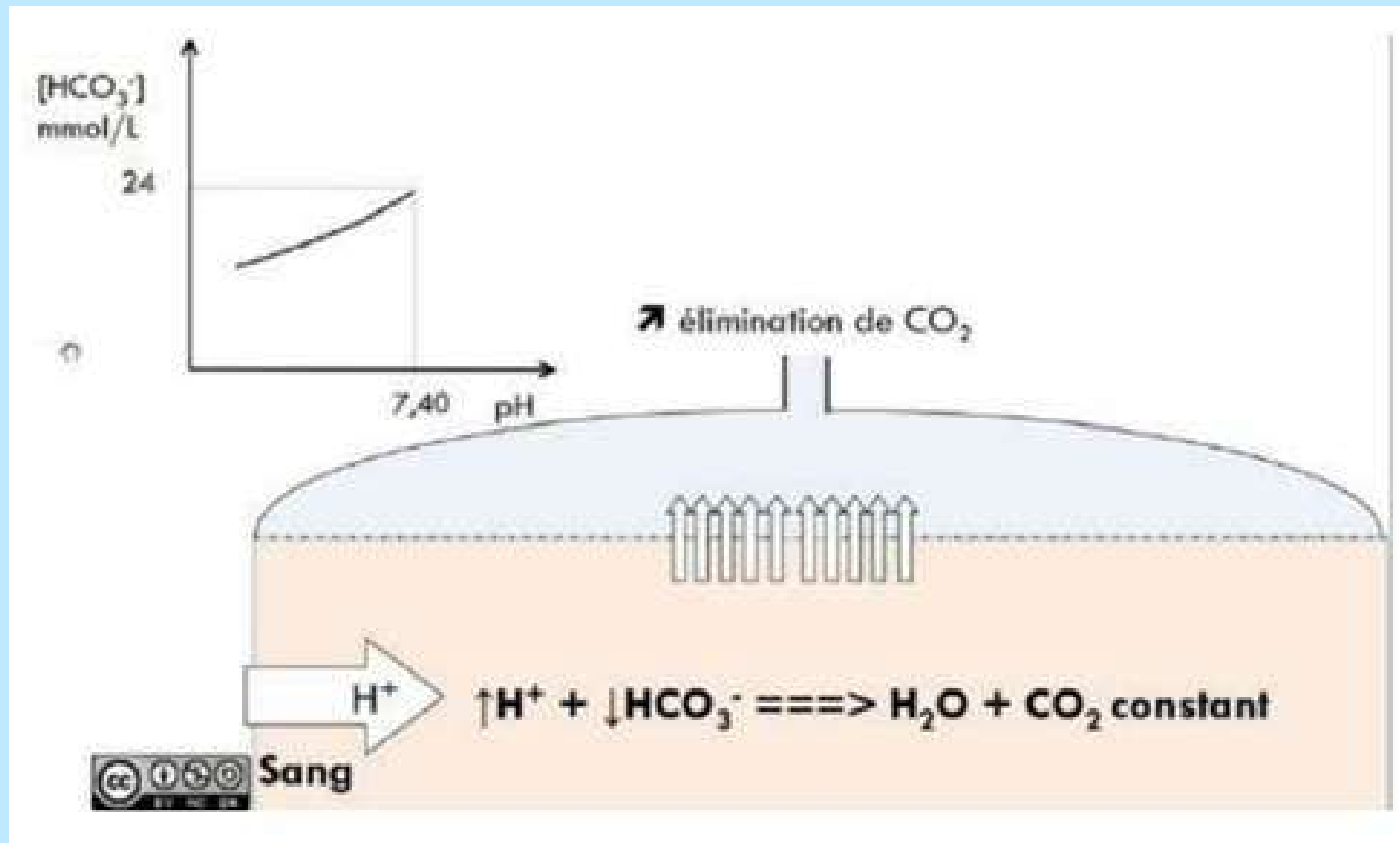
Pour la même variation de  $[HCO_3^-]$ , la variation du pH est plus grande.

**LA CARENCE D'UN DES  
TAMPONS  
ENTRAÎNE DE PLUS GRANDES  
VARIATIONS DU PH**



## 2) ETUDE DU POUVOIR TAMPON DE L'ORGANISME EN MILIEU OUVERT :

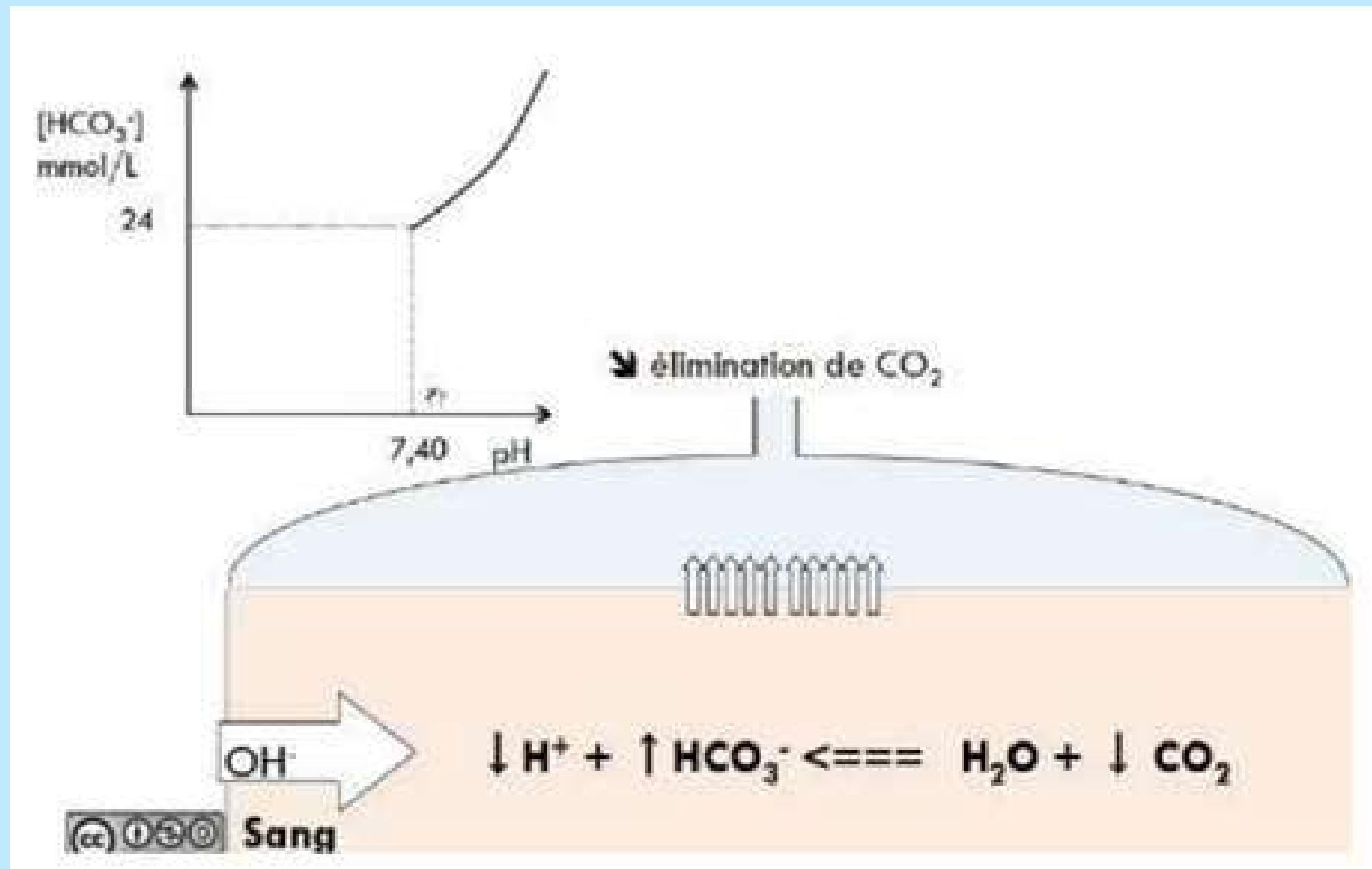
### AJOUT DE PROTONS :



- $PCO_2$  sanguine reste constante
- Equilibre déplacé vers le bas et la gauche, car on a une augmentation des protons et une diminution des bicarbonates
- La relation n'est PLUS LINEAIRE comme pour le milieu fermé

## 2) ETUDE DU POUVOIR TAMPON DE L'ORGANISME EN MILIEU OUVERT :

AJOUT DE BASE :

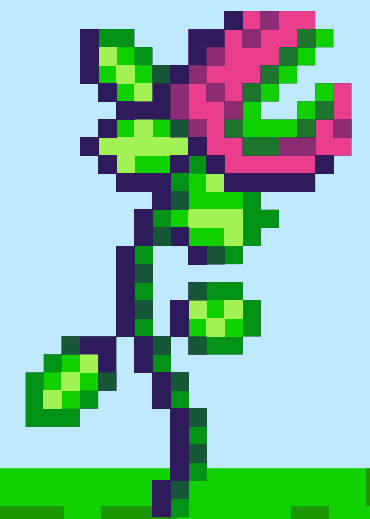


- La quantité de protons diminue, car les ions  $\text{OH}^-$  captent les protons ( $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$ ).
- L'équilibre est déplacé vers le haut et la droite (augmentation des bicarbonates et du pH, la solution s'alcalinise)

# QCM !!!!

A propos de l'étude de pouvoir tampon dans l'organisme, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :

- A) Une anémie n'a aucun impacte sur les variation de pH.
- B) L'hémoglobine est un système tampon.
- C) Les bicarbonates sont éliminés par les poumons.
- D) Dans l'organisme, en milieu ouvert la  $PCO_2$  augmente
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses



## CORRECTION :

A propos de l'étude de pouvoir tampon dans l'organisme, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :

- A) **FAUX** : Lors d'une anémie les variations de pH sont plus importantes
- B) **VRAI**
- C) **FAUX** : Les bicarbonates sont éliminés par les **reins**.
- D) **FAUX** : en milieu ouvert la  $PCO_2$  reste **constante**
- E) **FAUX**



## EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE CHEZ L'HOMME:

L'état acido-basique normal d'une personne est défini via ces 3 valeurs (à connaître par cœur ++):

- **7,38 < PH < 7,42**
- **36 MMHG < PCO2 < 44 MMHG**
- **22 MMOL/L < [HCO3- ] < 26 MMOL/L**

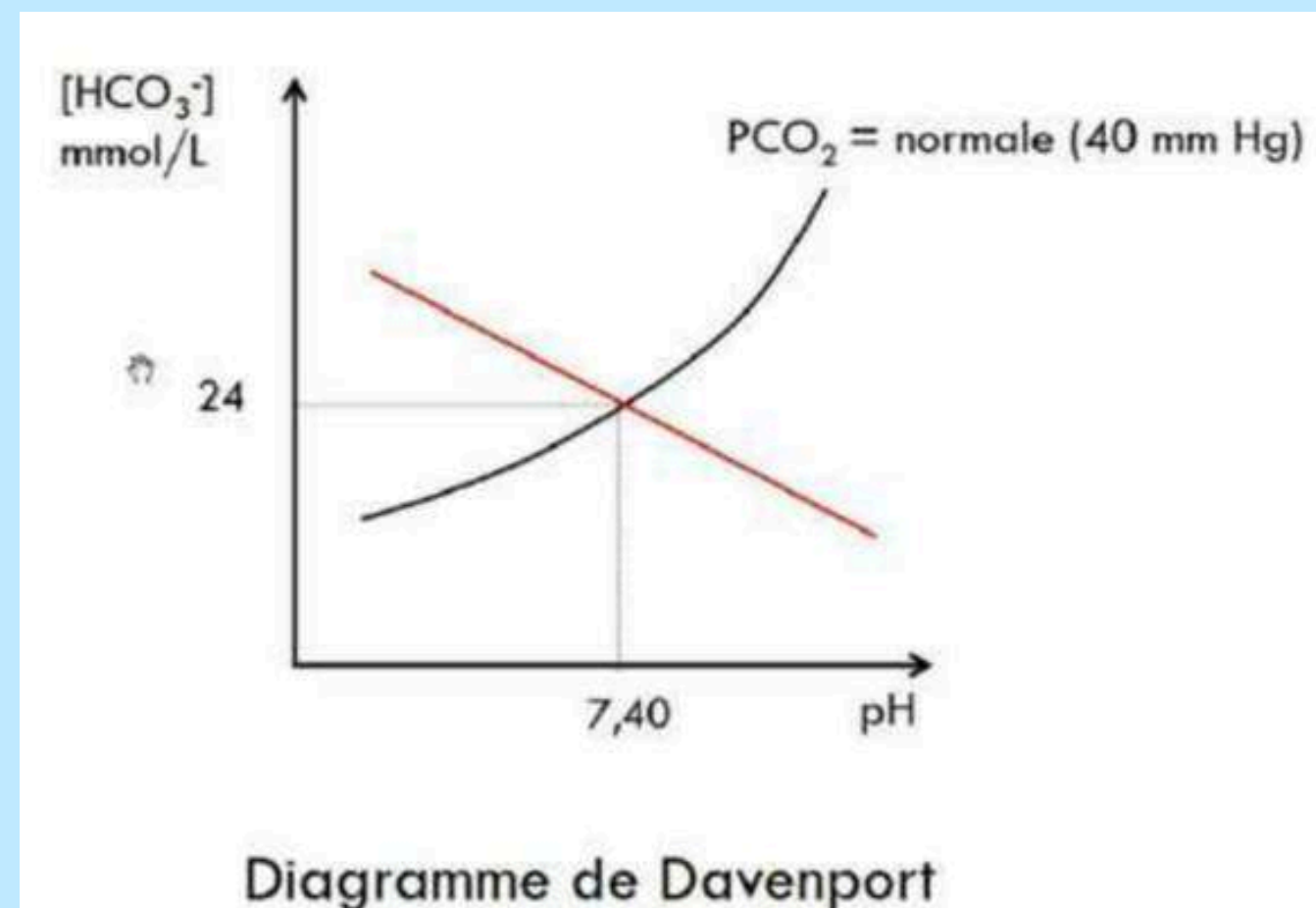


## MODÉLISATION D'HENDERSON ET HASSELBACH:

$$\text{pH} = \text{pKa} + \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\alpha \text{PCO}_2}$$

L'équation de Henderson Hasselbach met en relation le pH du milieu extracellulaire, la concentration sanguine en bicarbonate et la PCO<sub>2</sub> sanguine

## DIAGRAMME DE DAVENPORT (REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE LA MODÉLISATION PRÉCÉDENTE):



## DÉSÉQUILIBRES ACIDO-BASIQUES :



Définitions:

**Acidose** : diminution du pH **en dessous de 7,38**

° Elle peut être métabolique si elle s'associe à une baisse de la concentration en bicarbonates

° Elle peut être respiratoire si elle s'associe à une augmentation de  $PCO_2$

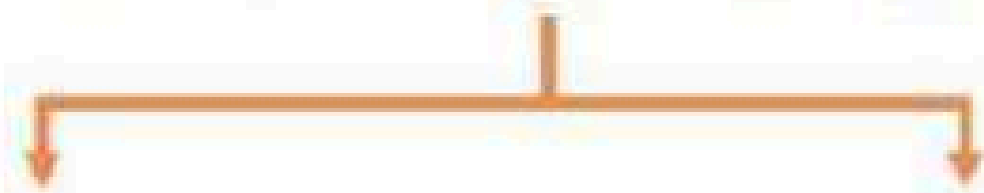
**Alcalose** : augmentation du pH **au-delà de 7,42**

° Elle peut être métabolique si elle s'associe à une augmentation des bicarbonates

° Elle peut être respiratoire si elle s'accompagne d'une baisse de la  $PCO_2$



Acidose = ↓ pH



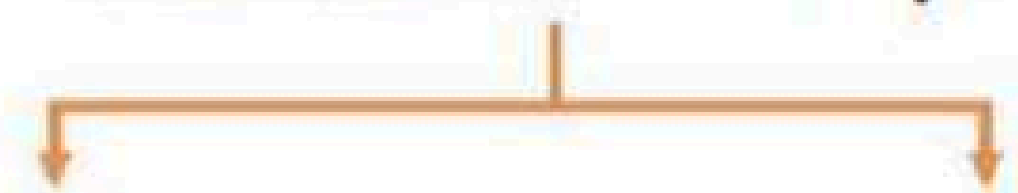
Métabolique

si ↓  $[\text{HCO}_3^-]$

Respiratoire

si ↑  $\text{PCO}_2$

Alcalose = ↑ pH



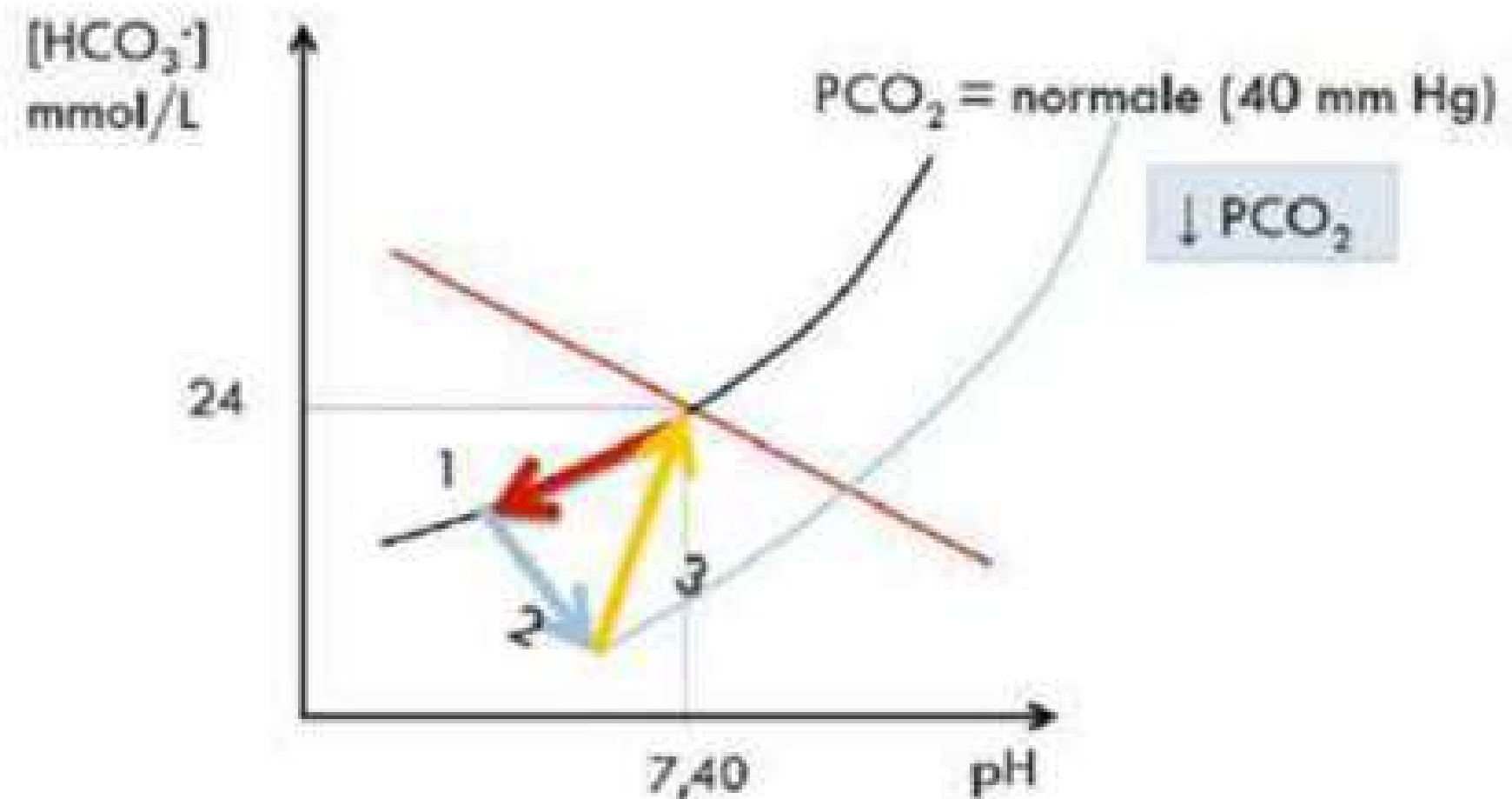
Métabolique

si ↑  $[\text{HCO}_3^-]$

Respiratoire

si ↓  $\text{PCO}_2$

## ACIDOSE MÉTABOLIQUE :



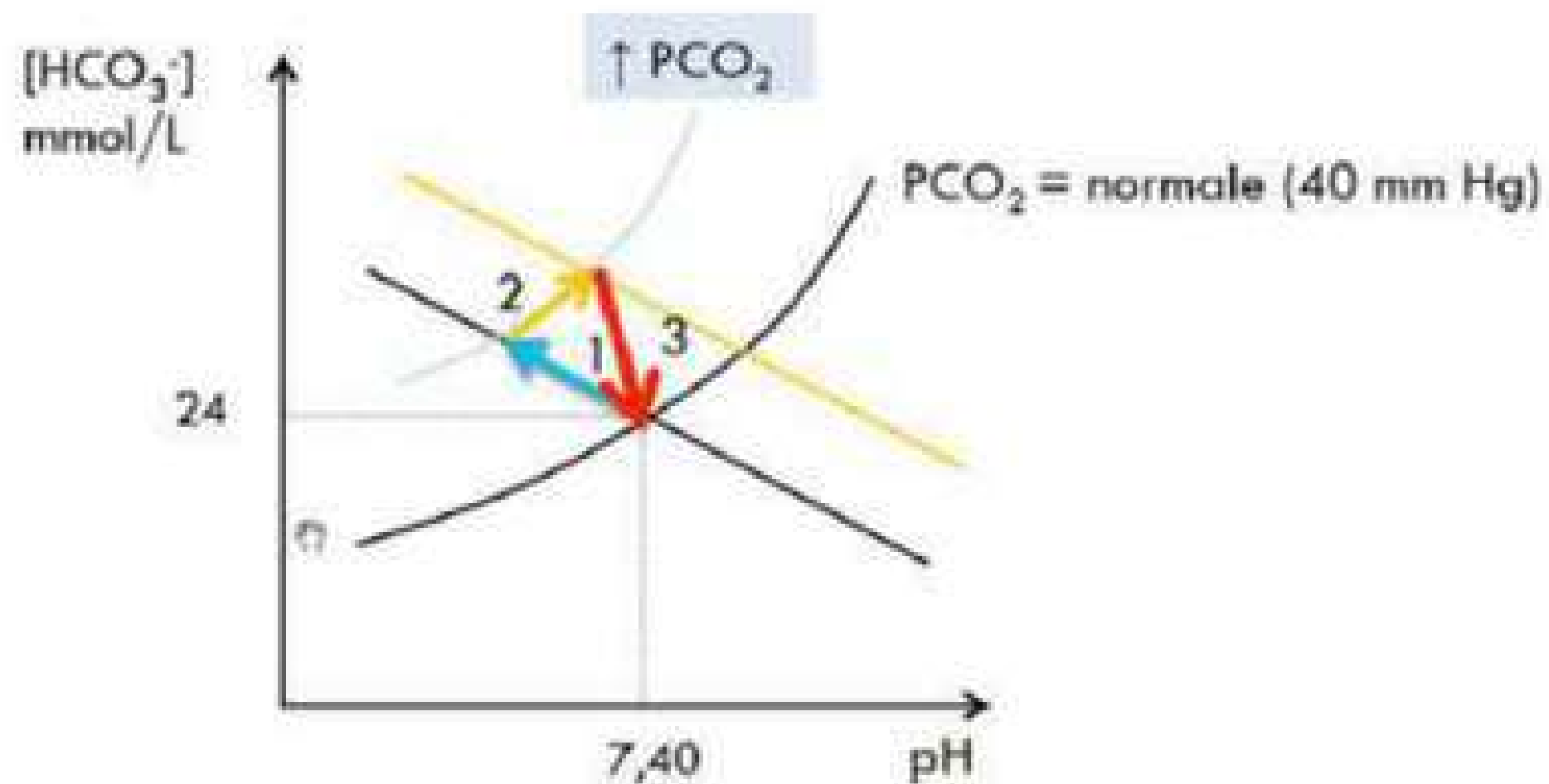
- Phase 1 : Début de l'acidose
- Phase 2 : Adaptation des poumons
- Phase 3 : Adaptation des reins

1/ acidose métabolique aiguë :  $\uparrow \text{H}^+ + \downarrow \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2/ hyperventilation pulmonaire :  $\downarrow \text{H}^+ + \downarrow \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \downarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

3/ augmentation de l'excrétion rénale de protons  
et de la fabrication des bicarbonates :  $\text{H}^+ + \uparrow \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \uparrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

## ACIDOSE RESPIRATOIRE :



1/ acidose respiratoire aiguë  $\nearrow \text{H}^+ + \nearrow \text{HCO}_3^- \leftarrow \nearrow \nearrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2/ augmentation de la fabrication rénale de bicarbonate  $\searrow \text{H}^+ + \nearrow \text{HCO}_3^- \rightarrow \downarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

3/ Disparition de la cause de l'acidose respiratoire, élimination des bicarbonates

- Phase 1: Début de l'acidose
- Phase 2 : Adaptation des reins
- Phase 3 : Retour à la normale

## QCM !!!!

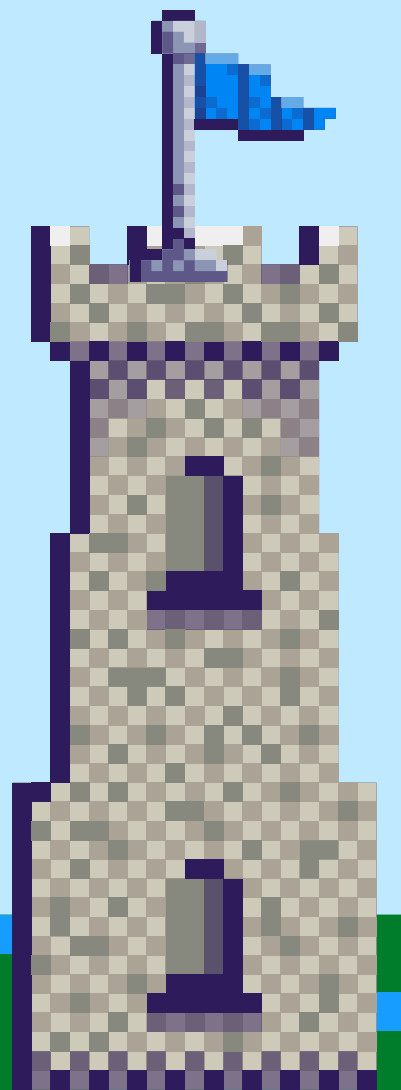
Vous êtes de garde aux urgences et prescrivez une gazométrie à une patiente. Les résultats sont les suivants :  $\text{pH} = 7,20$  ;  $\text{PCO}_2 = 28 \text{ mmHg}$  ;  $[\text{HCO}_3^-] = 17 \text{ mmol/L}$ . Indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :

- A) Elle est en alcalose
- B) Son trouble peut être d'origine respiratoire
- C) Son trouble peut être d'origine digestive
- D) Une compensation a été mise en place par l'organisme
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



Vous êtes de garde aux urgences et prescrivez une gazométrie à une patiente. Les résultats sont les suivants :  $\text{pH} = 7,20$  ;  $\text{PCO}_2 = 28 \text{ mmHg}$  ;  $[\text{HCO}_3^-] = 17 \text{ mmol/l}$

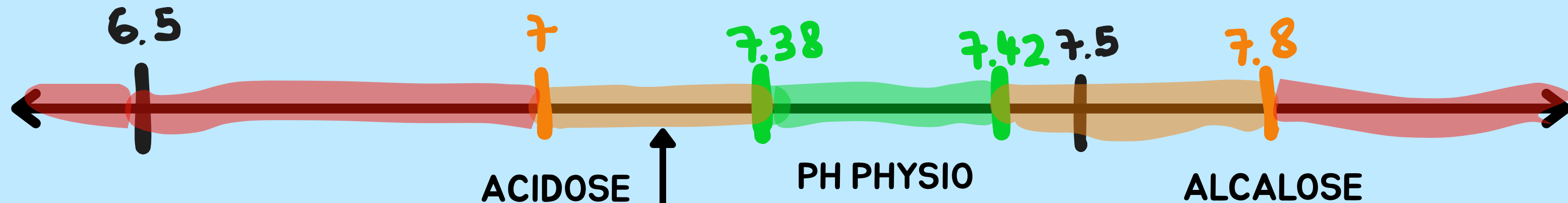
- A) **FAUX** : Elle est en acidose
- B) **FAUX** : Son trouble n'est pas d'origine respiratoire
- C) **VRAI** : Son trouble peut être d'origine digestive
- D) **VRAI** : Une compensation a été mise en place par l'organisme
- E) **FAUX** : Les propositions A, B, C et D sont



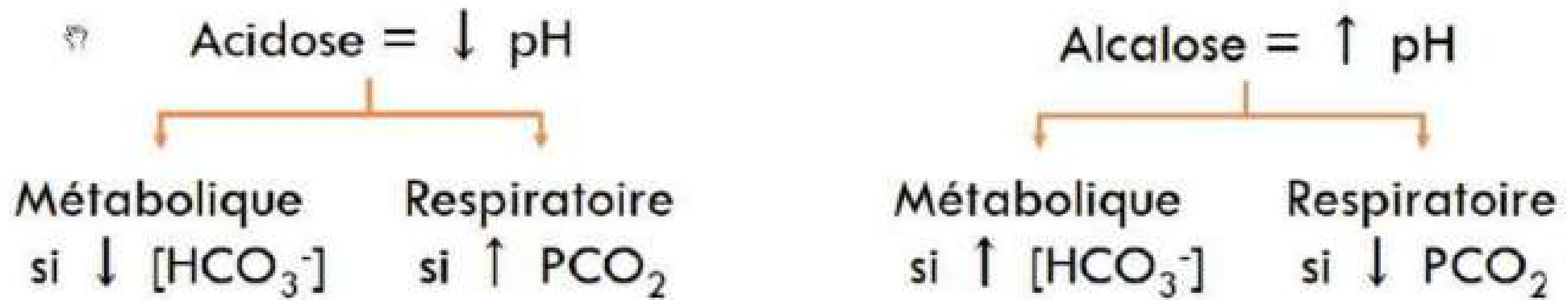
pH physiologique: 7.38 - 7.42

★ Acidose: pH < 7,38

★ Alcalose: pH > 7.42



PH=7.2 C'EST UNE ACIDOSE



## VALEURS PHYSIOLOGIQUES À CONNAITRE

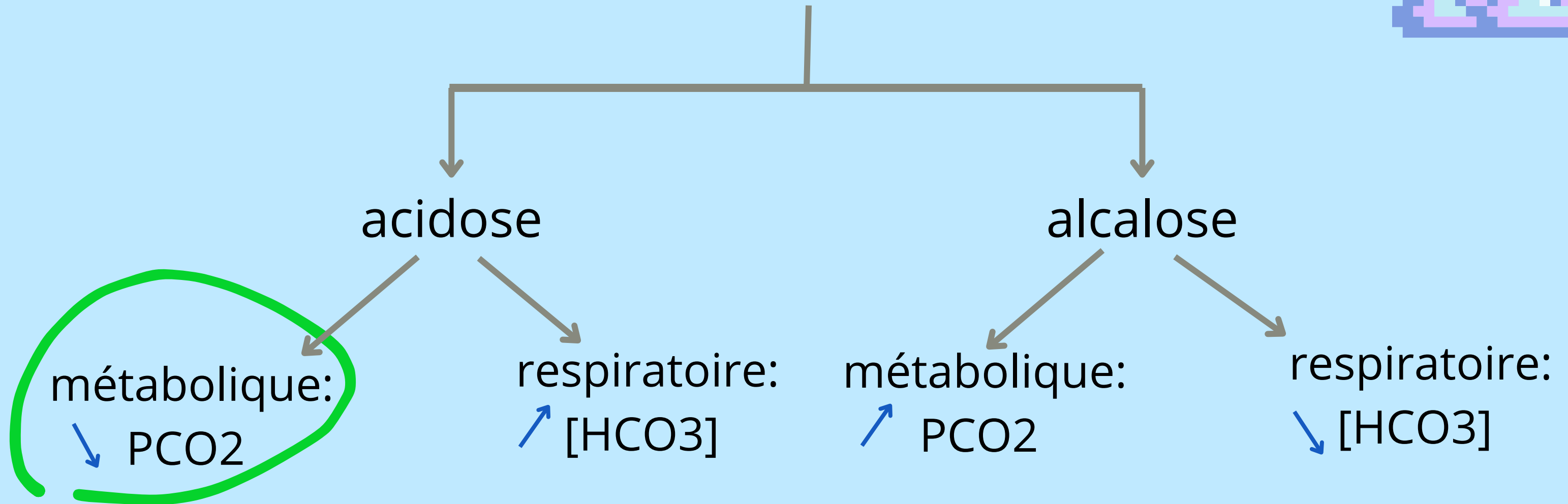
36 mmHg < PCO<sub>2</sub> < 44 mmHg

22 mmol/L < [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] < 26 mmol/L

PCO<sub>2</sub> = 28 MMHG < 36MMHG

[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] = 17MMOL /L < 22 MMOL/L

# COMPENSATION DE L'ORGANISME



**Terminé !!!!**

**Merci pour votre attention :)**

