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 : NH3 / NH4+)

IONISATION DE L'EAU

$$KH2O = \frac{[H+] \times [OH-]}{[H2O]}$$

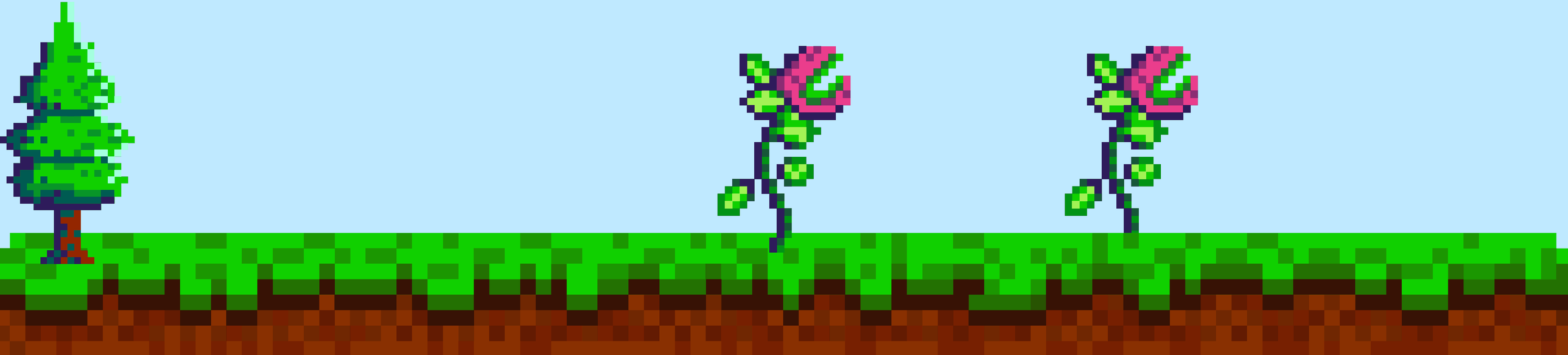
Trois cas de figures :

- La solution est **neutre** lorsque **pH = 7**, ([H+] = 10-7 mol.L-1)
- La solution est **acide** lorsque **pH < 7**, ([H+]>10-7 mol.L-1)
- La solution est **basique** lorsque **pH > 7**, ([H+]<10-7 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 :

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

On tire deux formules importantes a connaitre :

- pH = -log[H+]
- pK = -logK

LIQUIDES BIOLOGIQUES :

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

Tableau à connaitre +++

QCM !!!

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

A) Une solution est acide pour un 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 pH de 7
E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

CORRECTION :

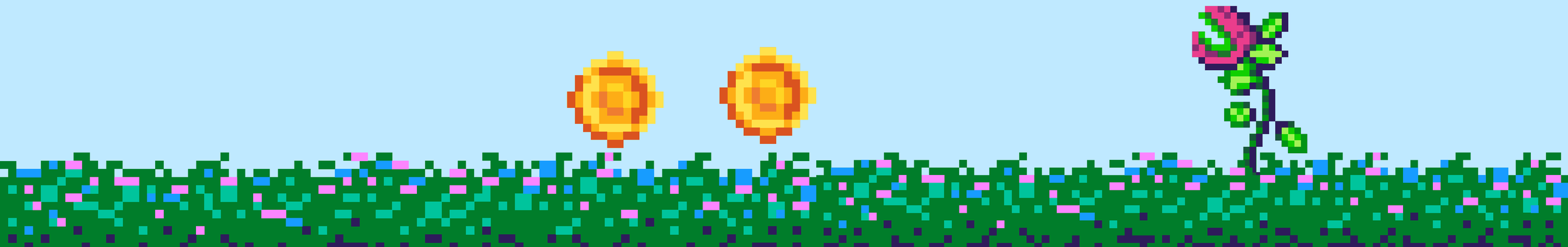
A) **FAUX** : une solution est acide pour un **pH < 7**

B) **FAUX** : Une solution s’acidifie quand la concentration en protons **augmente**

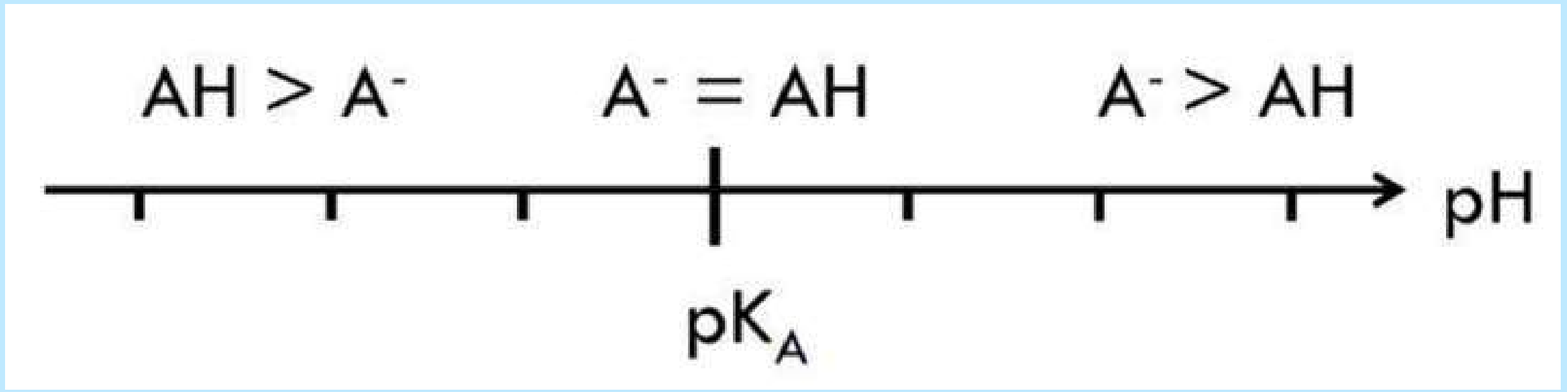
C) **VRAI**

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 pH < pKA alors la forme liée AH (l'acide du couple) prédomine
- Si le pH > pKA alors la forme, dissociée A- (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'individue peut se trouver en danger de mort ☠ si :

- **pH ≤ 7,00**
- **pH ≥ 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 ++

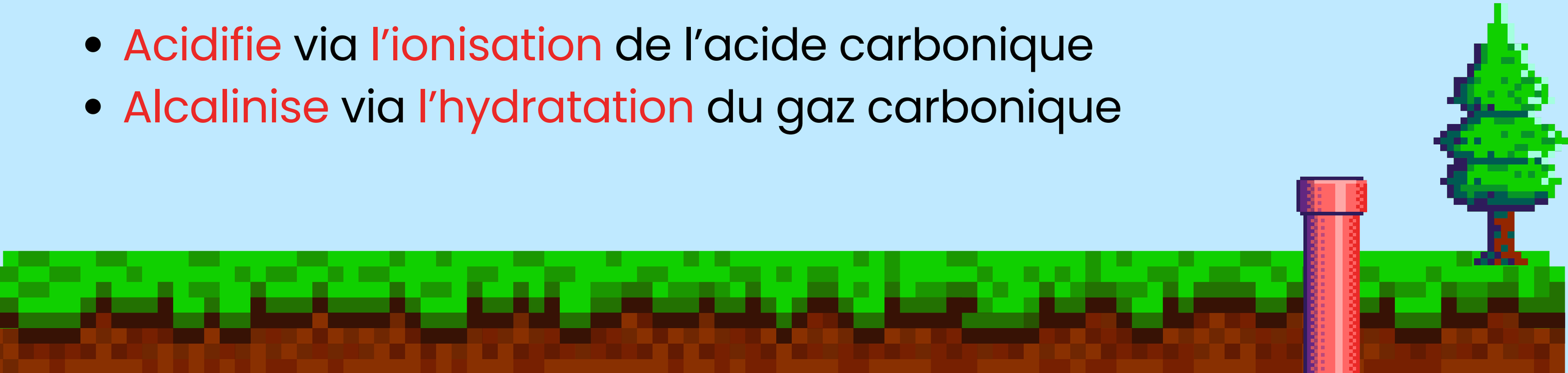
⟶ La charge acide provient de la dégradation des acides aminés et du métabolisme énergétique (cf bioch)

Il existe deux types de métabolisme :
° Le métabolisme **aérobie** : production de CO_2 exclusivement (acide volatil)
° Le métabolisme **anaérobie** : production de CO_2 et d'acide lactique (acide fixe)

Acide carbonique H_2CO_3 :

- Au coeur de la régulation du pH du sang et des cellules
- Extrèmement 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



Réaction réversible d'hydratation accélérée par l'anhydrase carbonique

Dissociation ionique

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

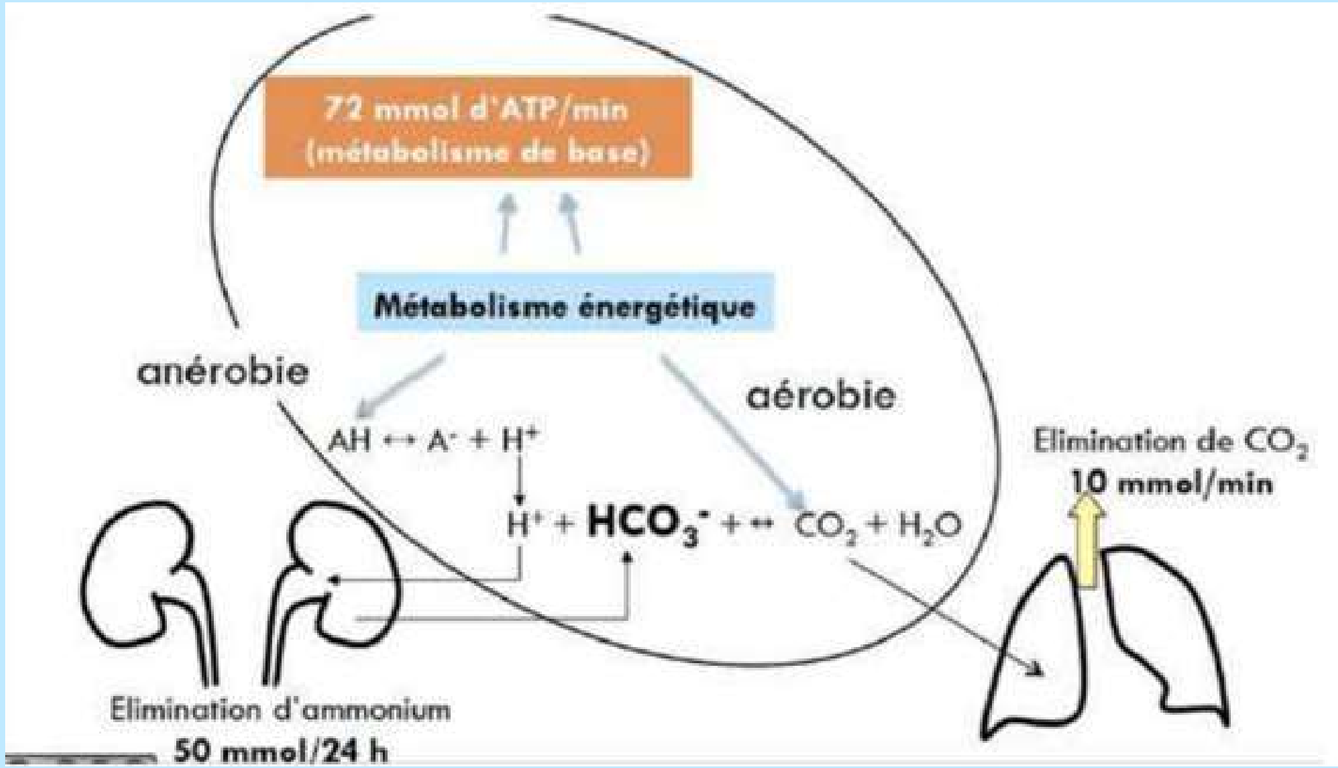
Base ← Acide →

- Bicarbonates (HCO3-) : fabriqué par les reins
- CO2 : éliminé par les poumons (à travers l'expiration)
- H+ : soit éliminés par les reins sous forme d'ammonium (NH4+), soit s'associe à un bicarbonate pour devenir un acide carbonique (pouvant lui-même se dissocier en CO2 et H2O)

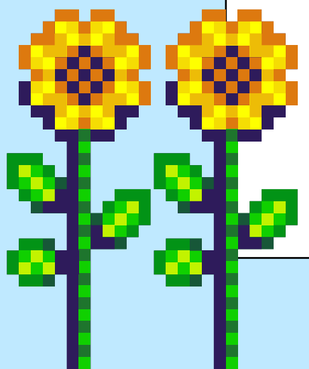
RÔLES DES REINS ET DES POUMONS

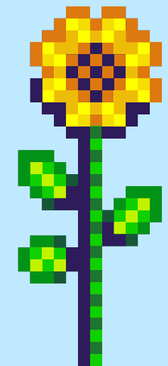
1) AU REPOS

- Les poumons expulsent le CO2
- Les reins éliminent les H+ 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+	
Poumons	· **trappés par un bicarbonate** pour former H2CO3 qui se dissociera finalement en H2O et CO2, ce-dernier pouvant être lui-même exhalé par les **poumons ++**
reins	· **Associés à un NH3** formant du NH4+ (ammonium) qui peut être éliminé par les **reins ++**





CHARGE ACIDE : ALIMENTS ET MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE :

	H+ et HCO3-	H+ et anions organiques
Production	14 400 mmol/jour	70 mmol/jour
Elimination	Pulmonaire sous forme de CO2	Rénale sous forme d'ammonium et d'acide phosphorique

Dégradation des nutriments et charge acide :

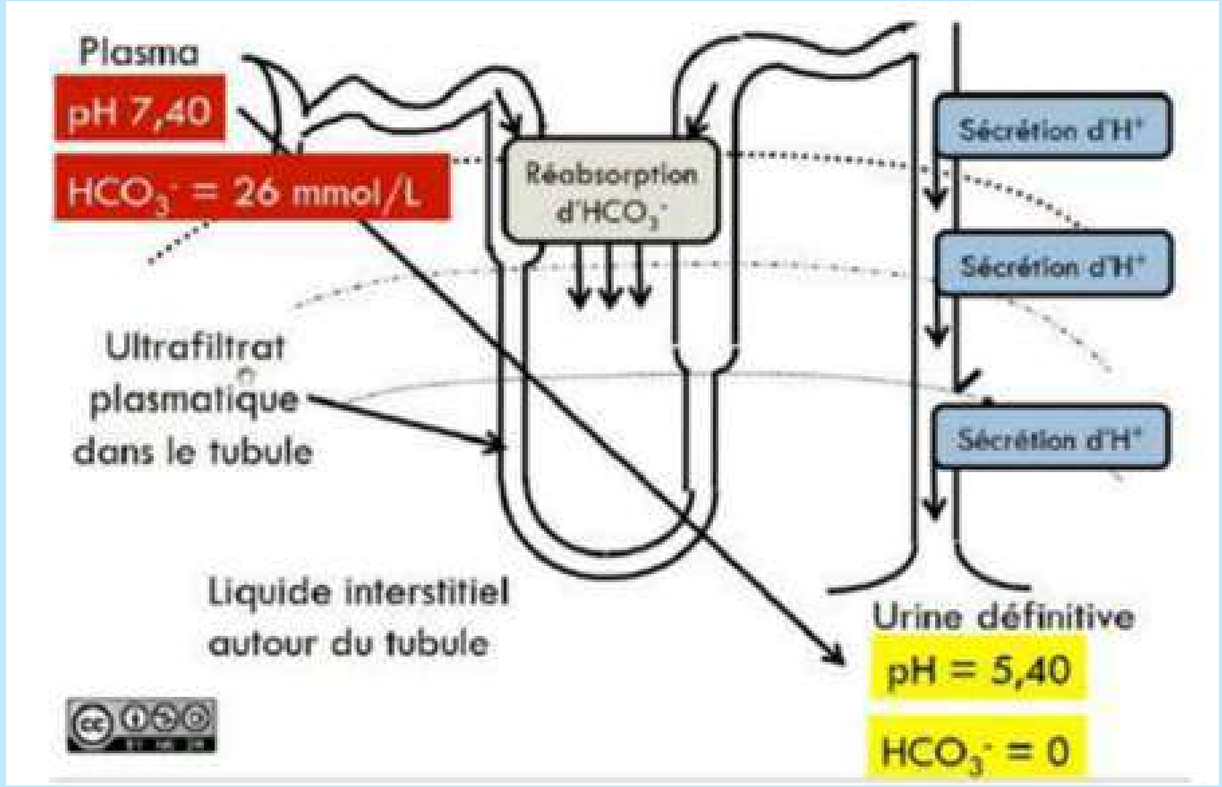
- Protéines ➔ glucose + urée + acide phosphorique + acide sulfurique + CO2
- Glucose ➔ CO2 ± acide lactique + ATP
- Acides gras ➔ CO2 ± corps cétoniques + ATP

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 +

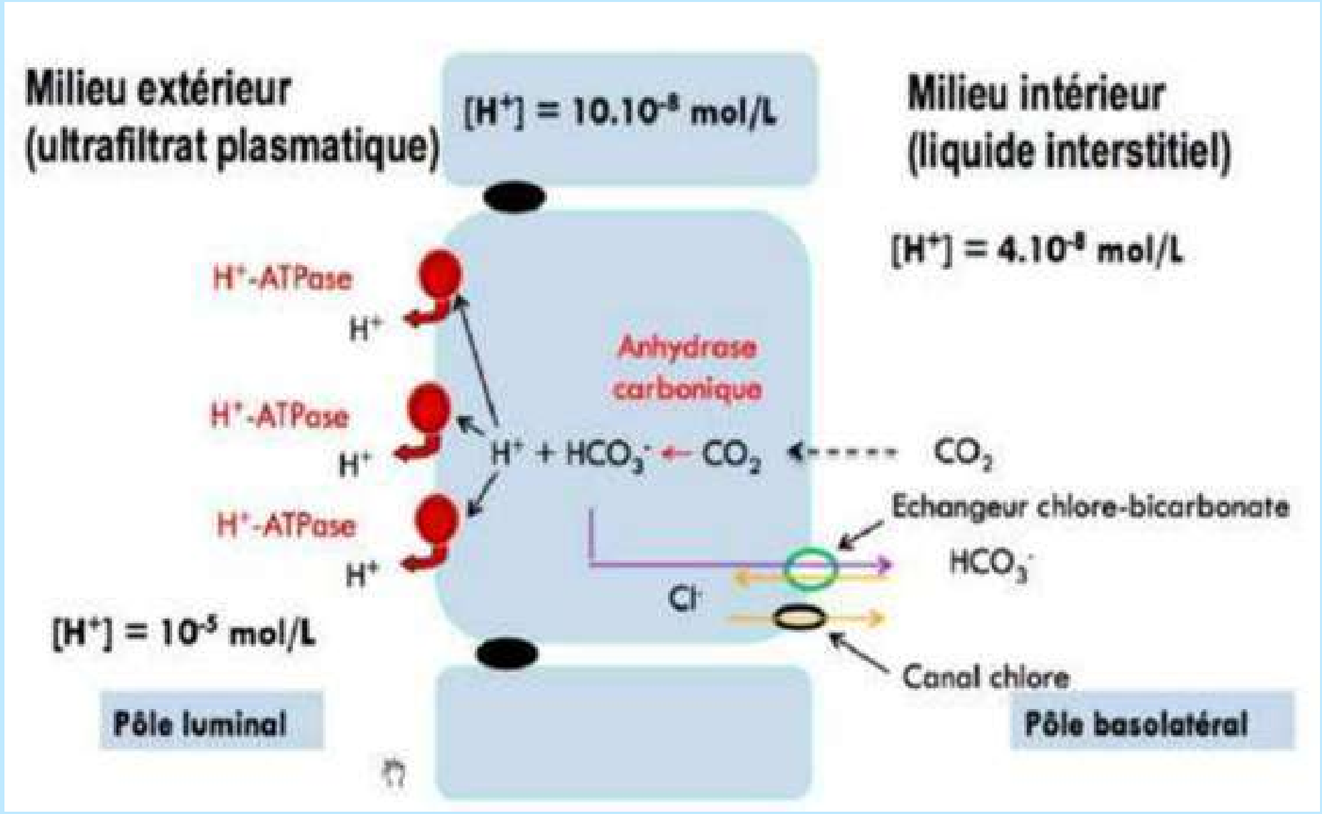


SÉCRÉTION DES PROTONS :

-> Phénomène actif utilisant les pompes H+ATPases situés aux pôles luminaux 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+ sécrété, un bicarbonate est regénéré



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)

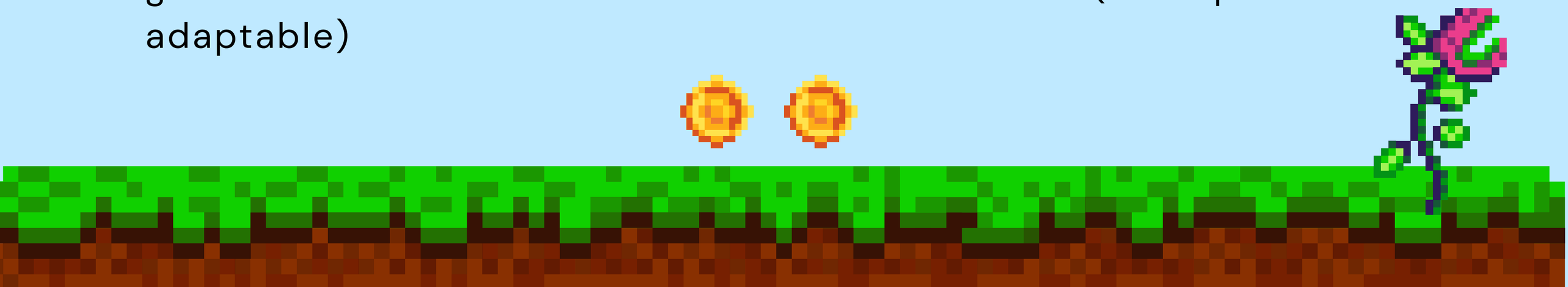
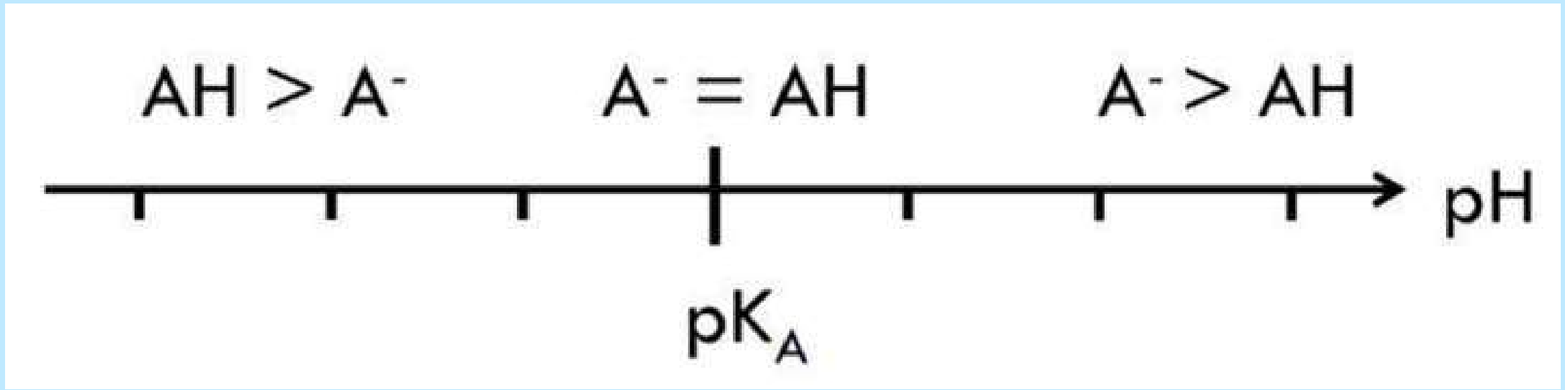


SCHÉMA DU COUPLE AMMONIUM / AMMONIAC :

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

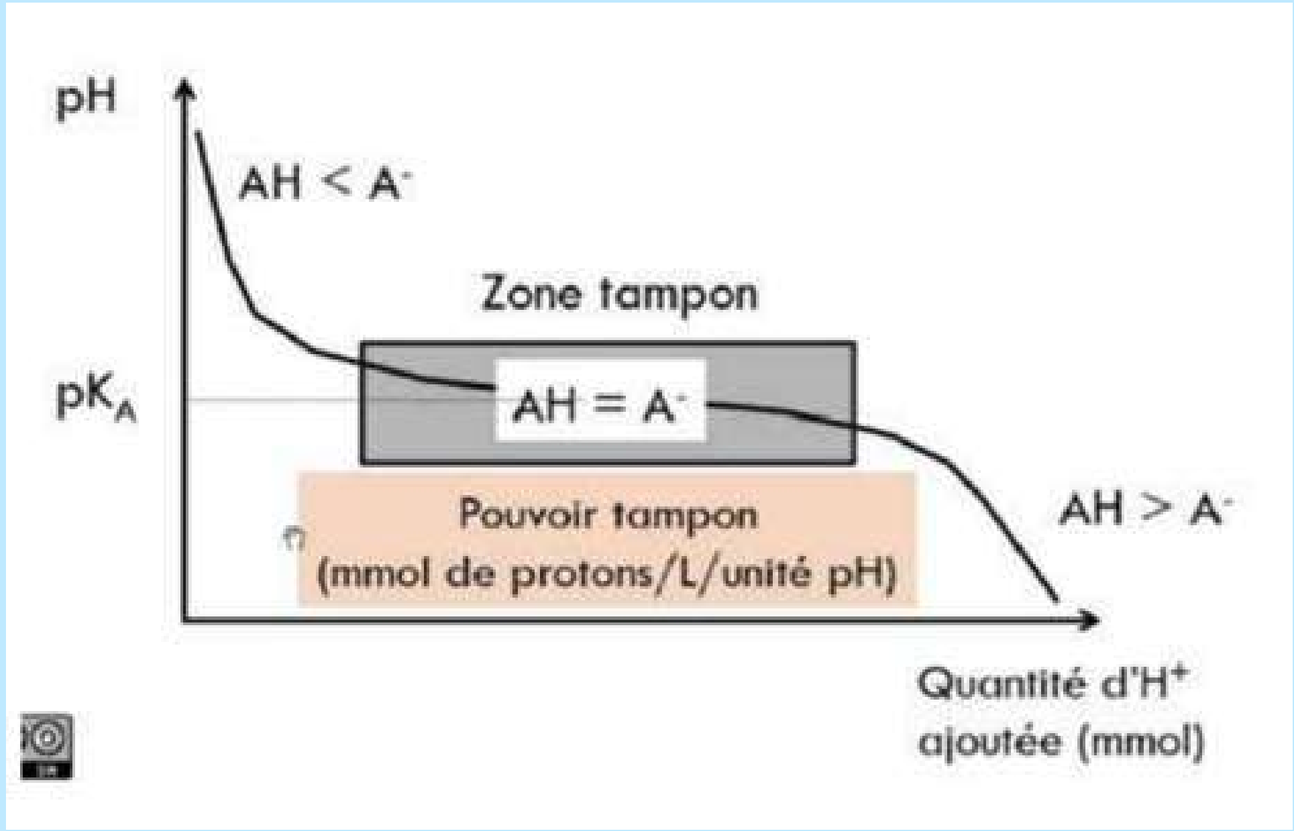


NH4+ 9.20 NH3

LES SYSTÈMES TAMPONS PLASMATIQUE ET CELLULAIRE :

- MULTIPLES
- INTERDÉPENDANTS

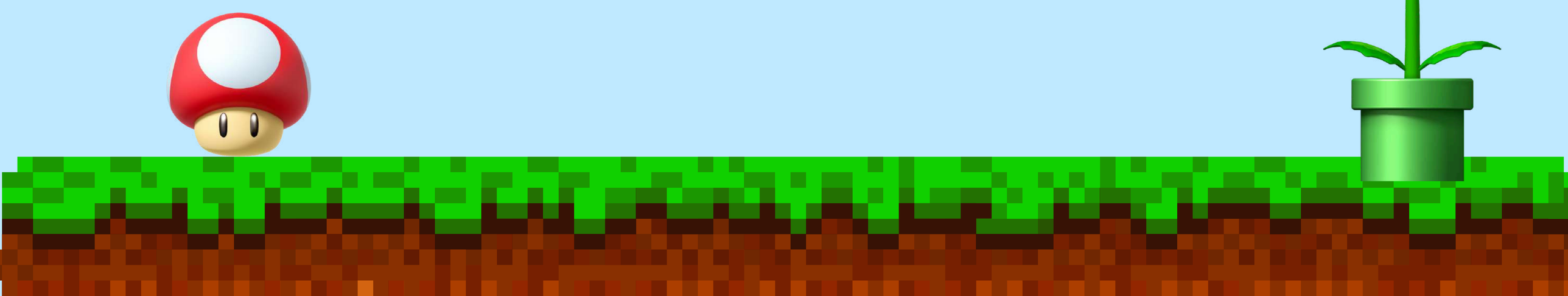
- Zone tampon : zone proche du pKA du couple acidobasique. C'est une zone où il faut ajouter beaucoup de protons pour faire varier très légèrement le pH



TROIS COUPLES ACIDOBASIQUES COEXISTENT (ZONE TAMPON) LARGE.

CES PRINCIPAUX TAMPONS CELLULAIRES ET PLASMATIQUES SONT :

- **LE BICARBONATE (HCO_3^-)**
- **L'ACIDE CARBONIQUE (H_2CO_3)**
- **LES PROTÉINES ET ACIDES ORGANIQUES FAIBLES**



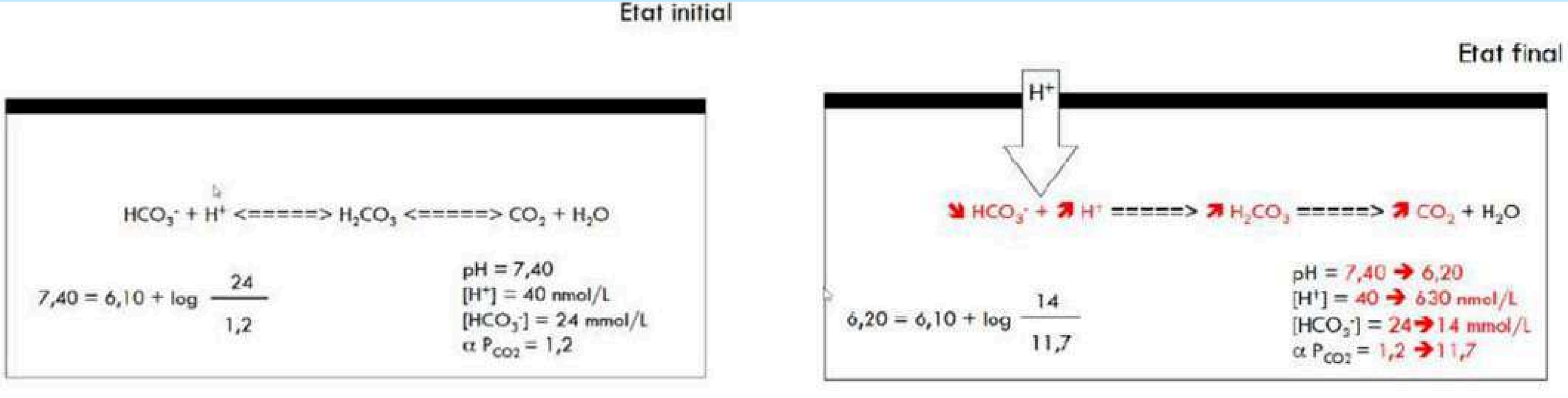
POUVOIR TAMPON GLOBAL :

Tissu / Compartiment	Système tampon	Pouvoir tampon (mmol H^+ / L / unité de pH)
Milieu extracellulaire	HCO_3^- / H_2CO_2 Acide phosphorique Protéines	55 0,7 7
Milieu cellulaire	HCO_3^- / H_2CO_2 Protéines	18 60
Hématies	HCO_3^- / H_2CO_2 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

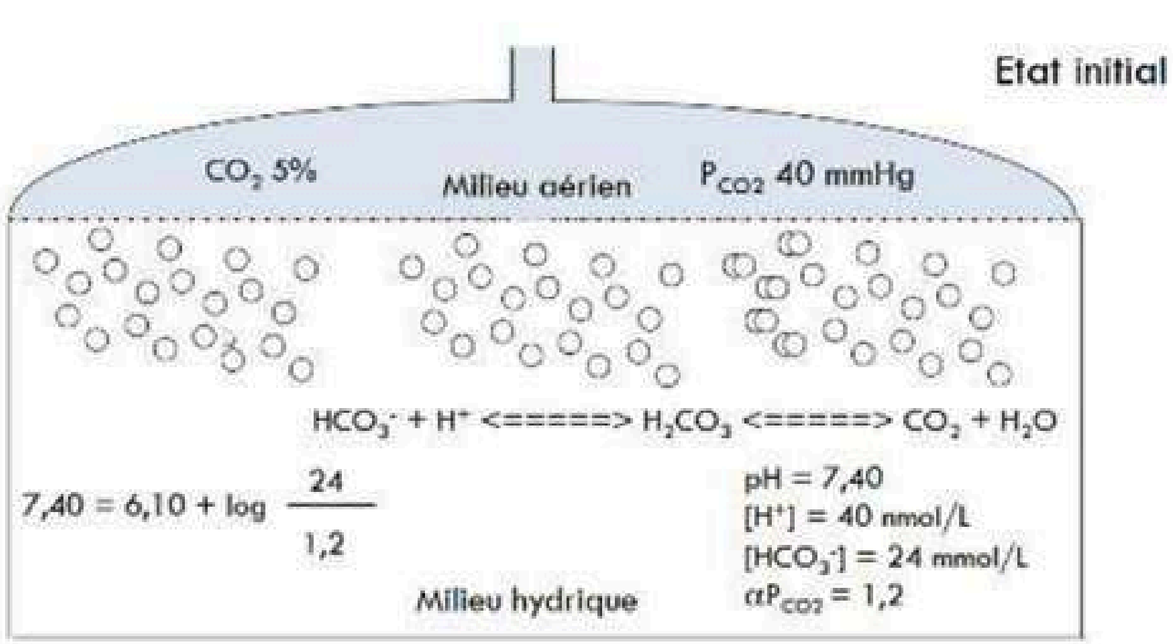
1) MILIEU FERMÉ

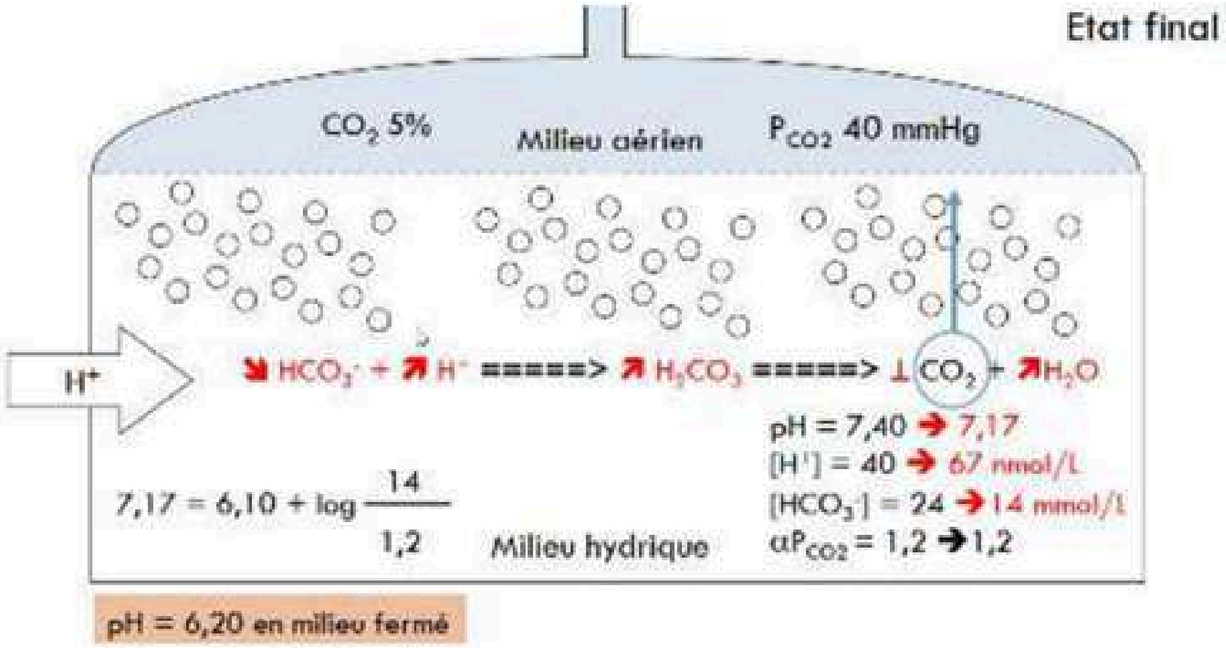


- Le pH diminue
- La PCO2 augmente

- Les bicarbonates sont consommés
- La solution s'acidifie

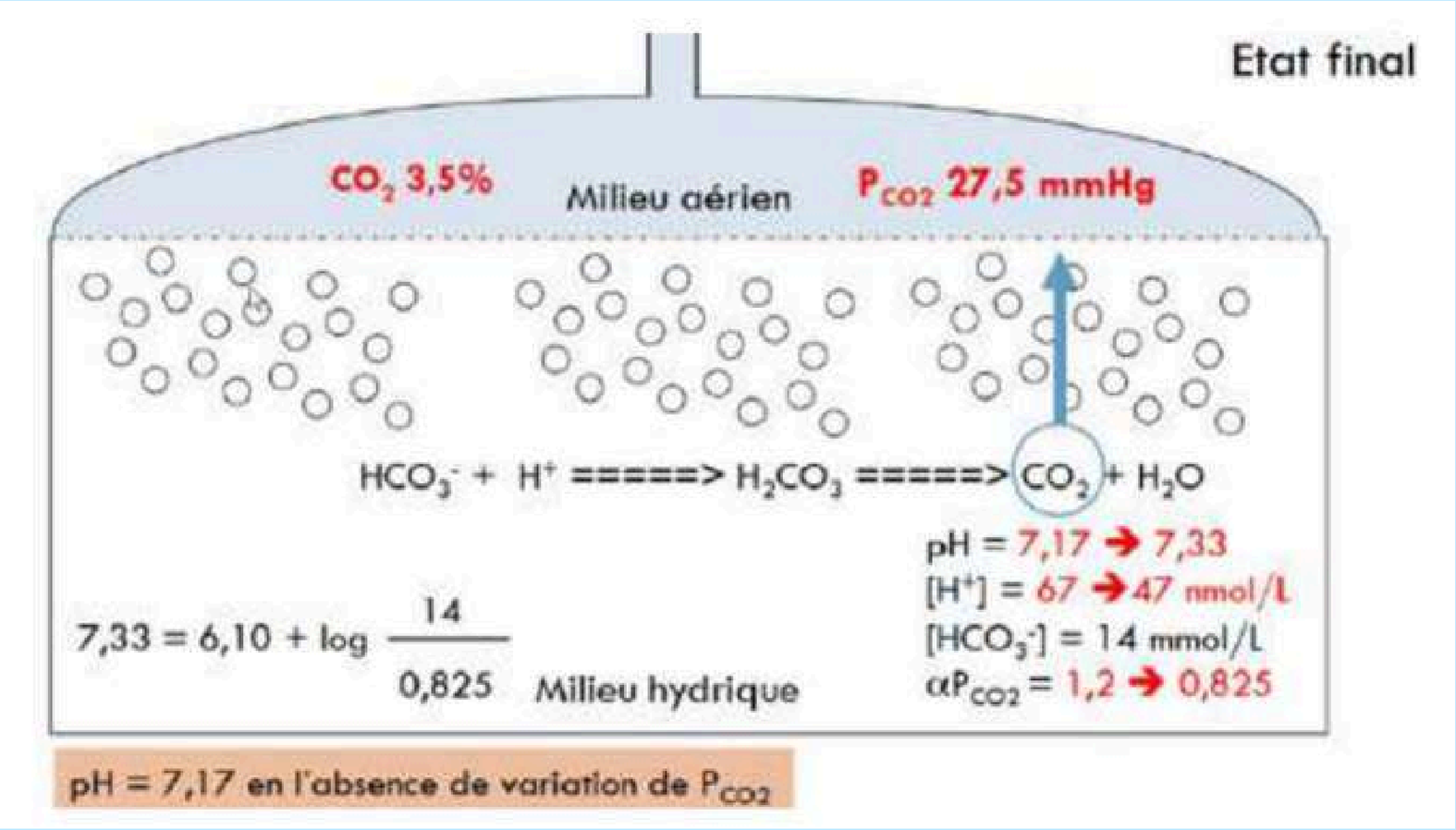
2) MILIEU OUVERT





- Le CO2 pourra diffuser ⟶ la PCO2 ne change pas
- Les bicarbonates sont consommés
- Production de CO2 et H2O
- Le pH diminue peu

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

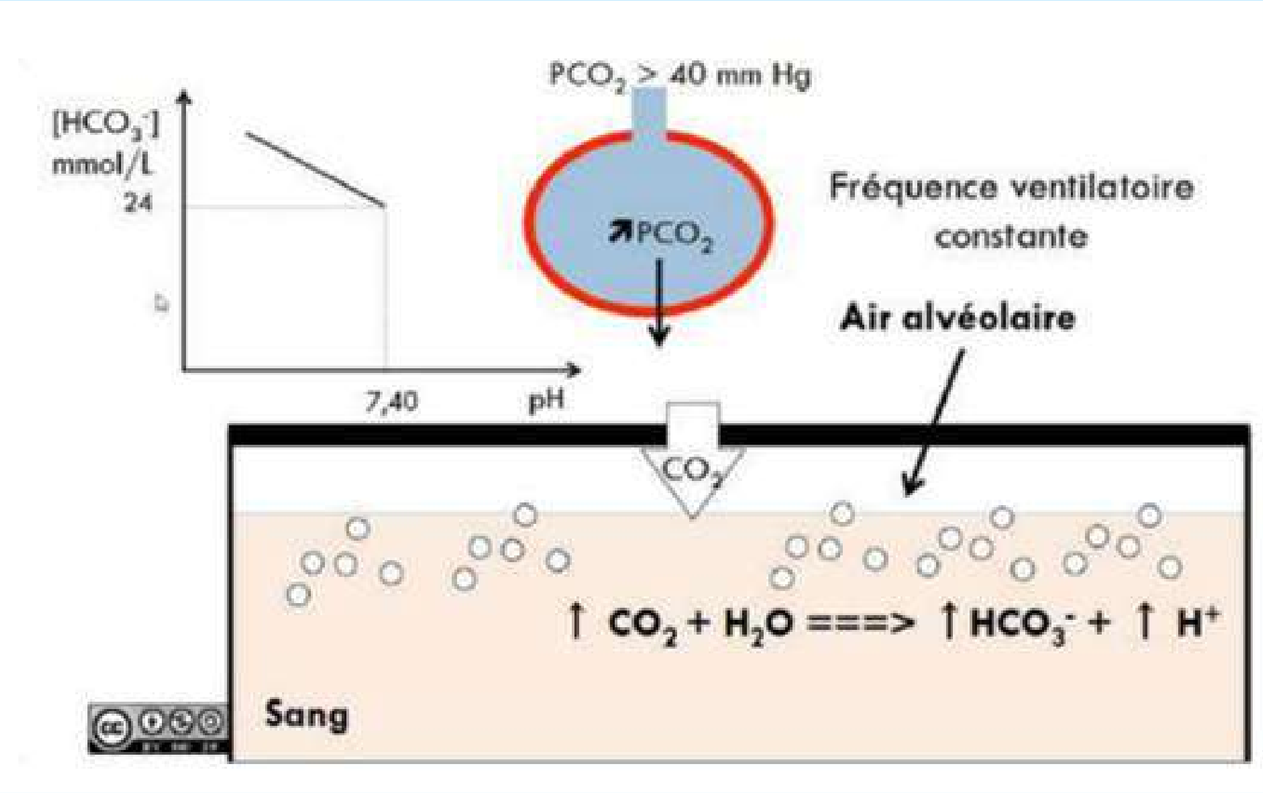


- Le CO2 diffuse mieux
- PCO2 diminue
- Le pH diminue encore moins

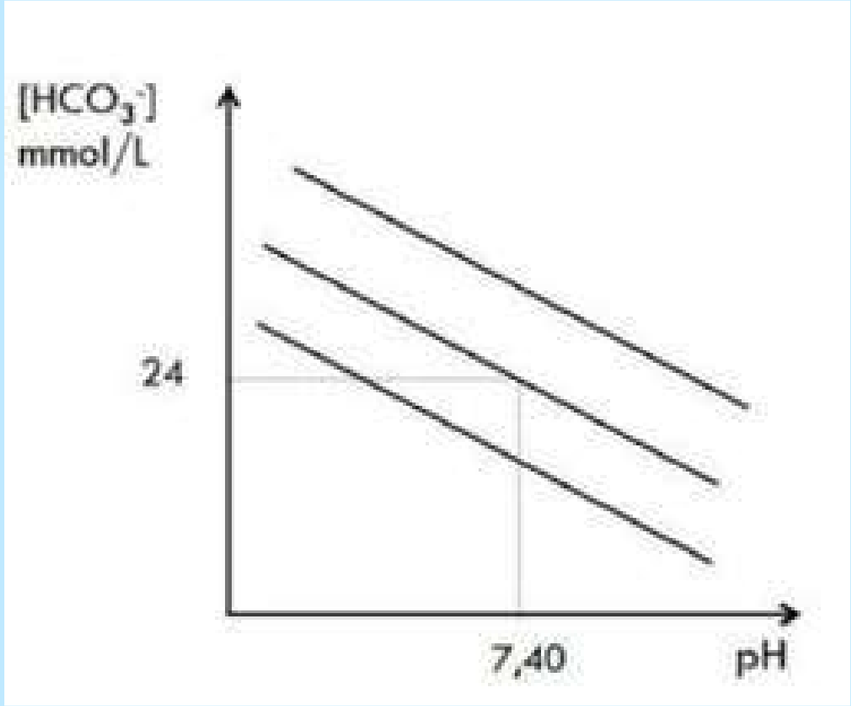
ETUDE DU POUVOIR TAMPON IN VIVO

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

° Modélisation: Situation 1 : augmentation de PCO2



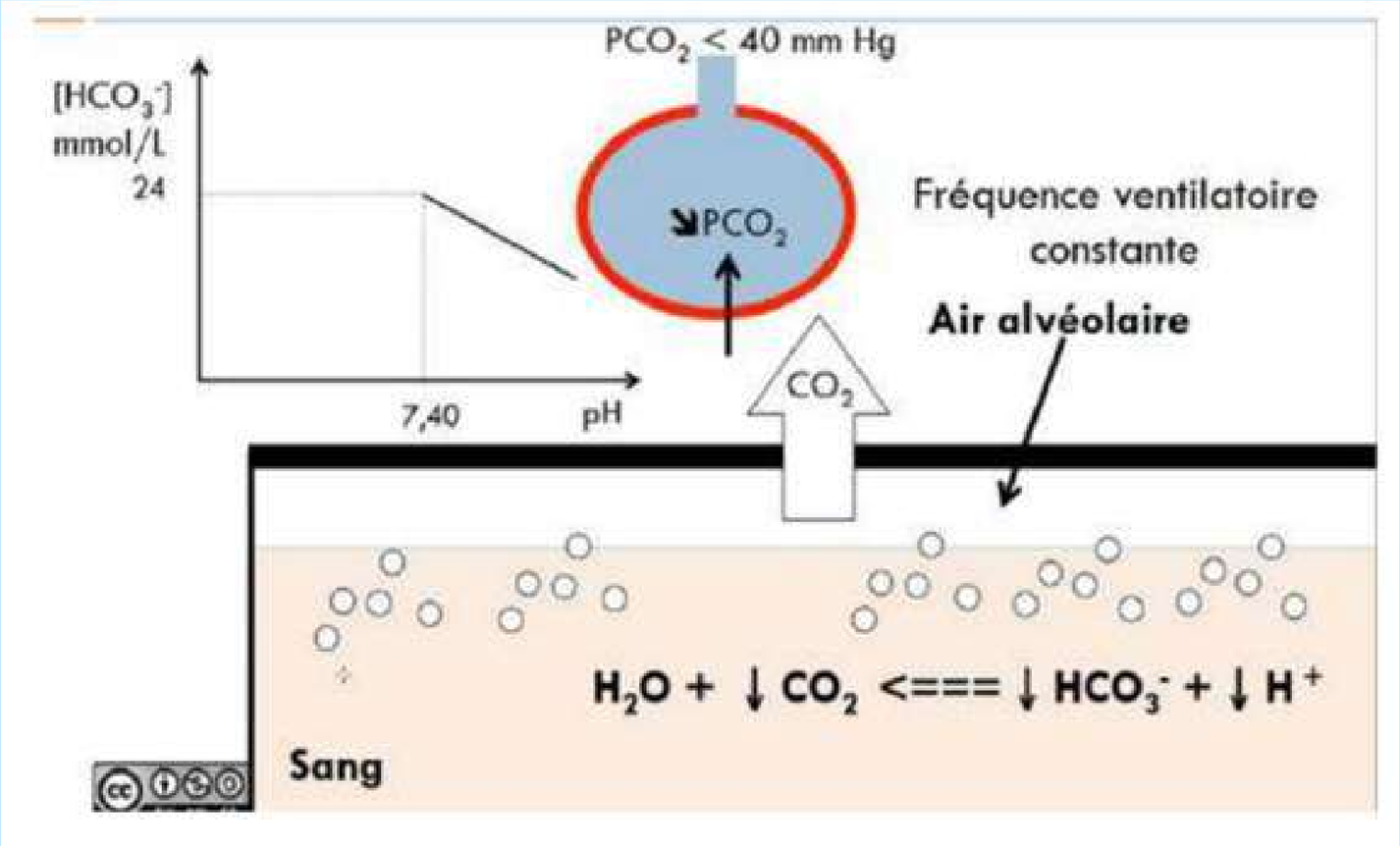
MODÉLISATION:



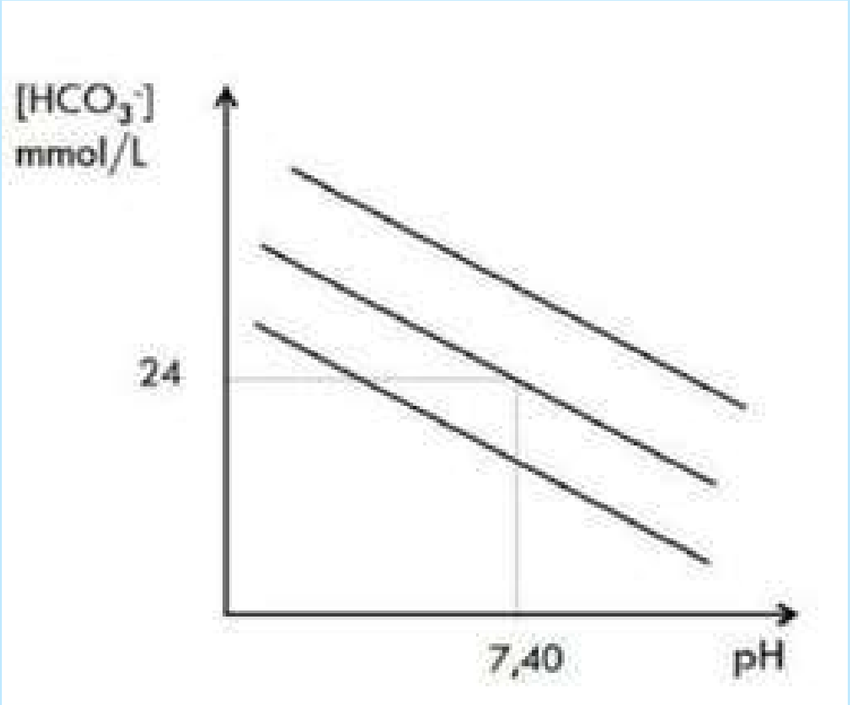
ETUDE DU POUVOIR TAMPON IN VIVO

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

° Modélisation: Situation 2 : diminution de PC02



MODÉLISATION:



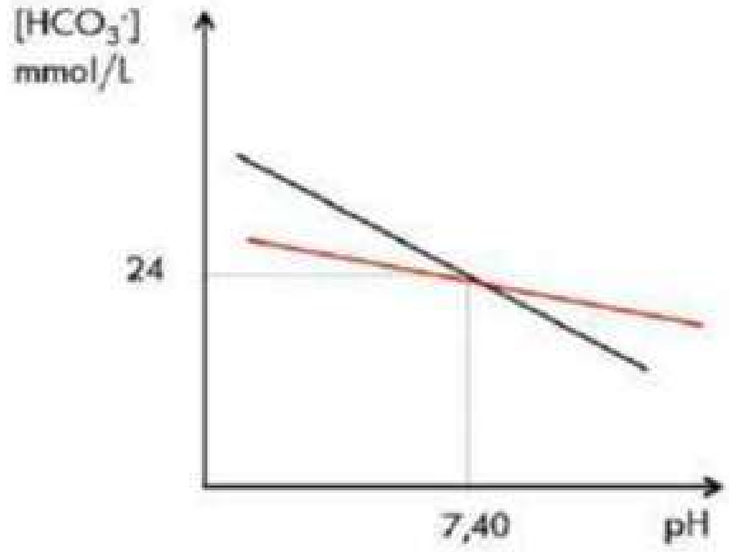
APPLICATION EN MÉDECINE (MILIEU FERMÉ) :

-> 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

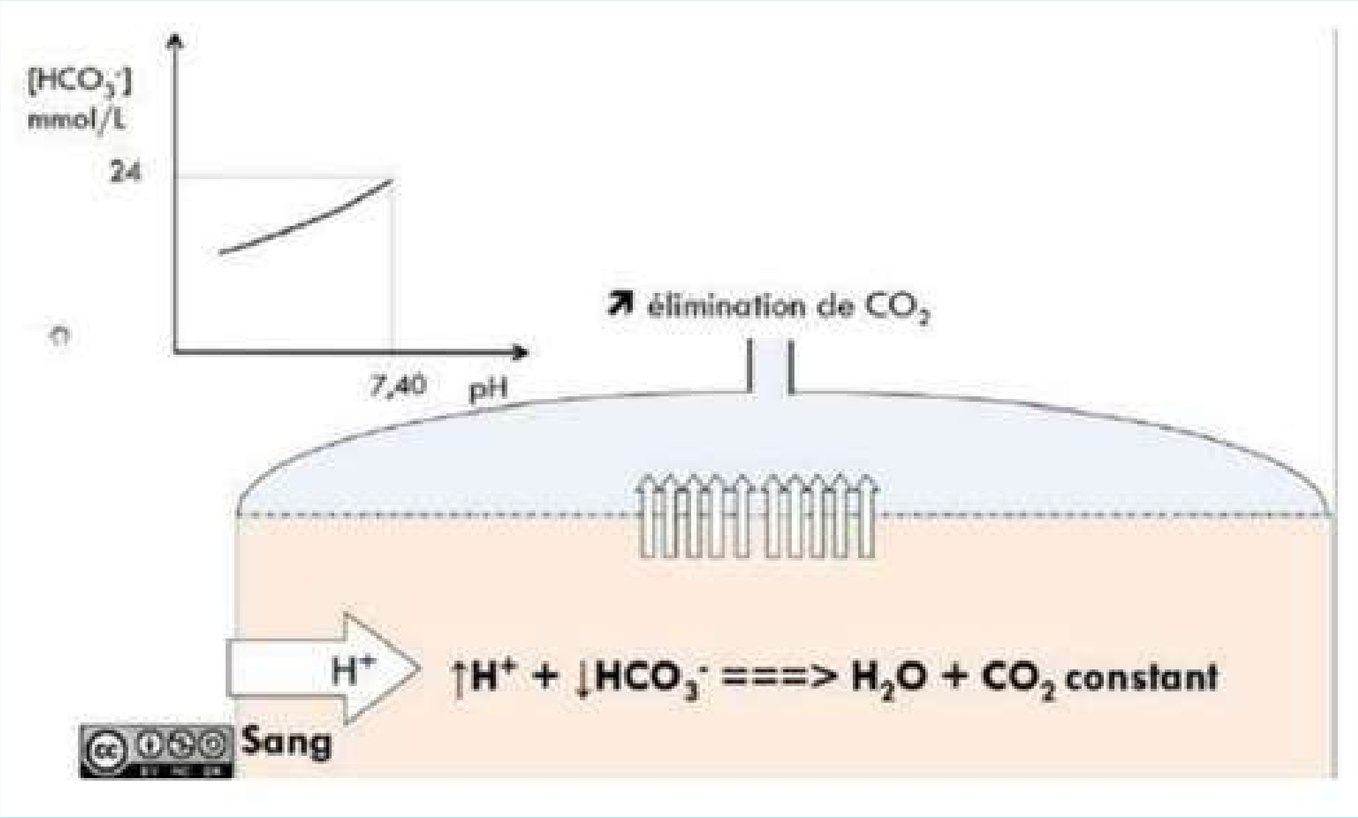


Pour la même variation de $[HCO_3^-]$, la variation du pH est plus grande.

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

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

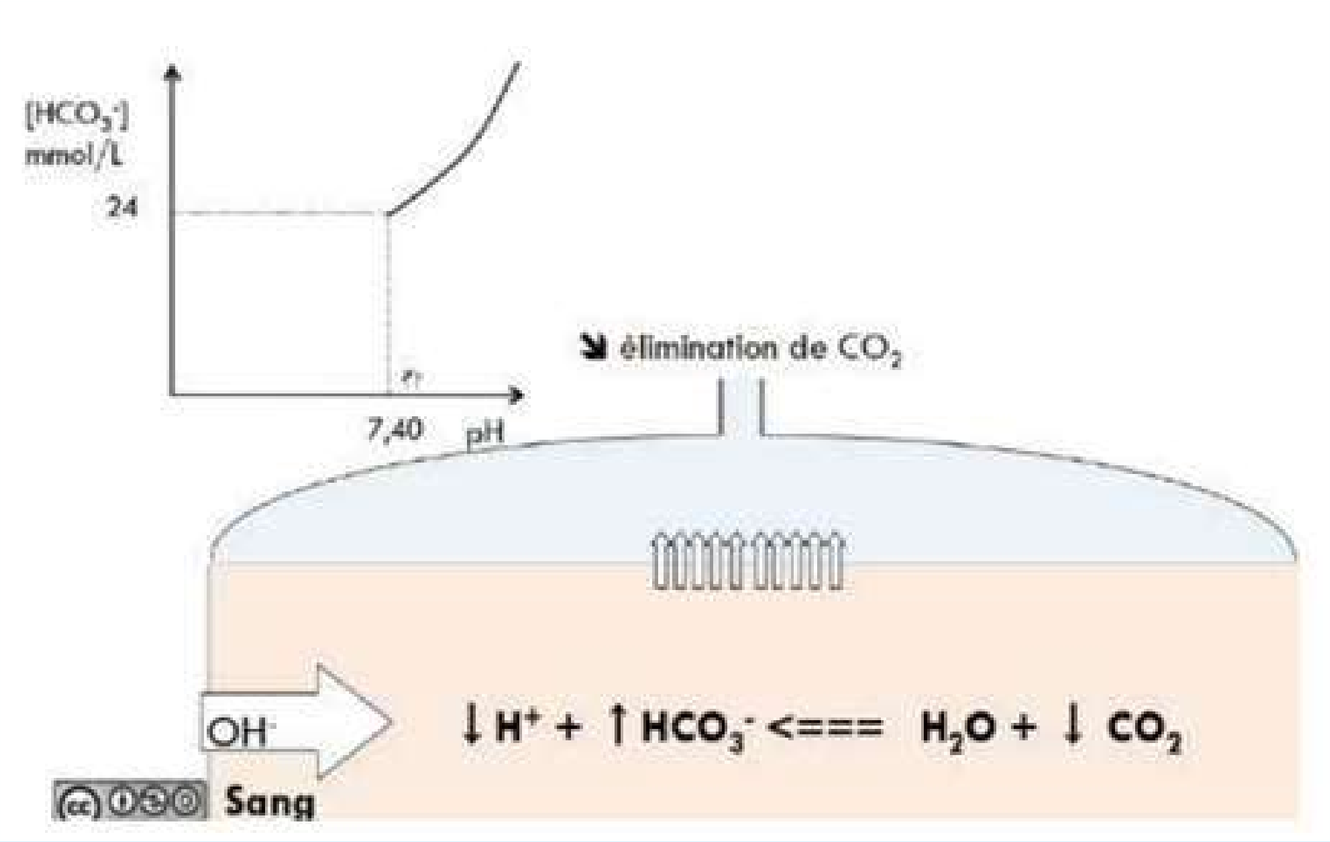
AJOUT DE PROTONS :



- PCO2 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 :

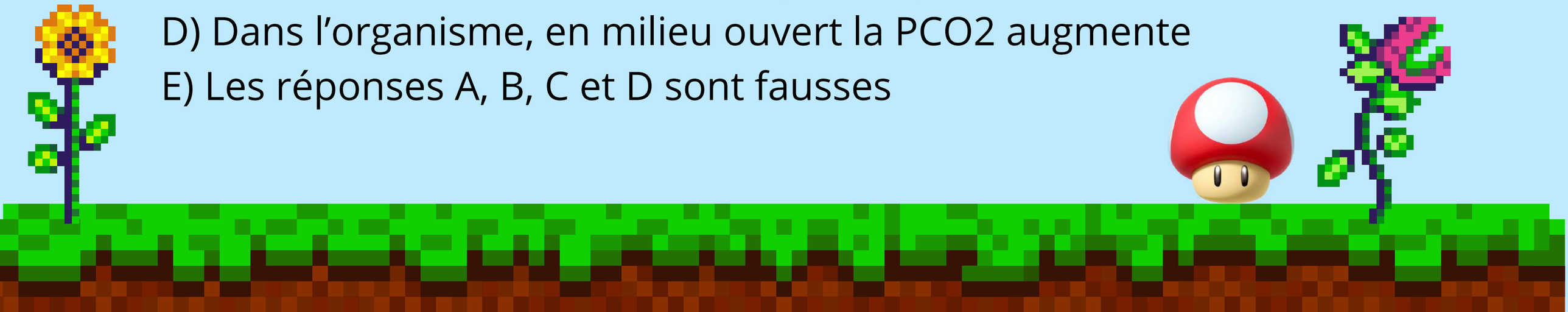


- La quantité de protons diminue, car les ions OH captent les protons (OH- + H+ = H2O).
- L'équilibre est déplacé vers le haut et la droite (augmentation des bicarbonates et du pH, la solution s'alcalinise)

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 :

$$pH = pKa \times \frac{[HCO3-]}{\alpha PCO2}$$

L'équation de Hendresson Hasselbach met en relation le pH du milieu extracellulaire, la concentration sanguine en bicarbonate et la PCO2 sanguine

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

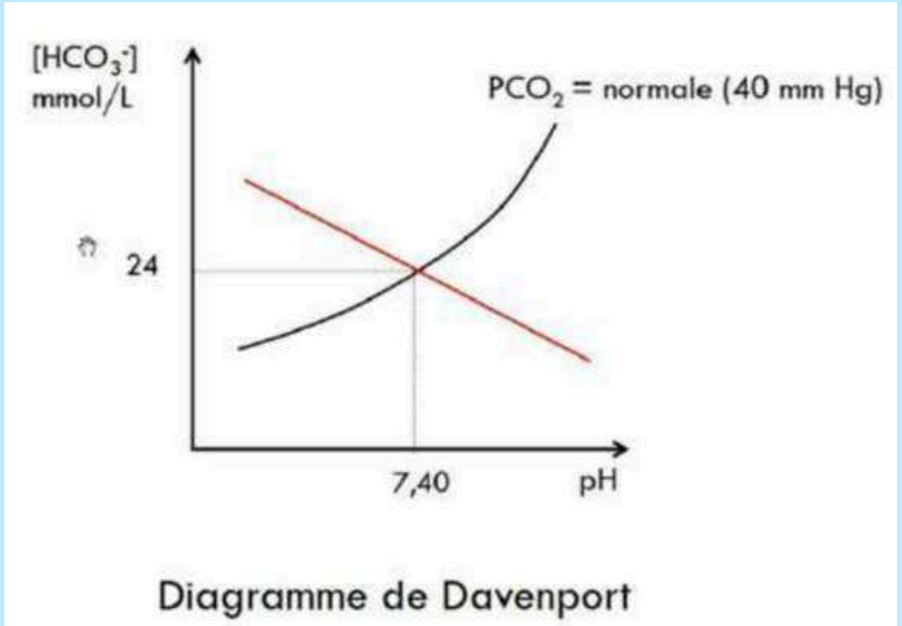


Diagramme de Davenport

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 PCO2

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 PCO2

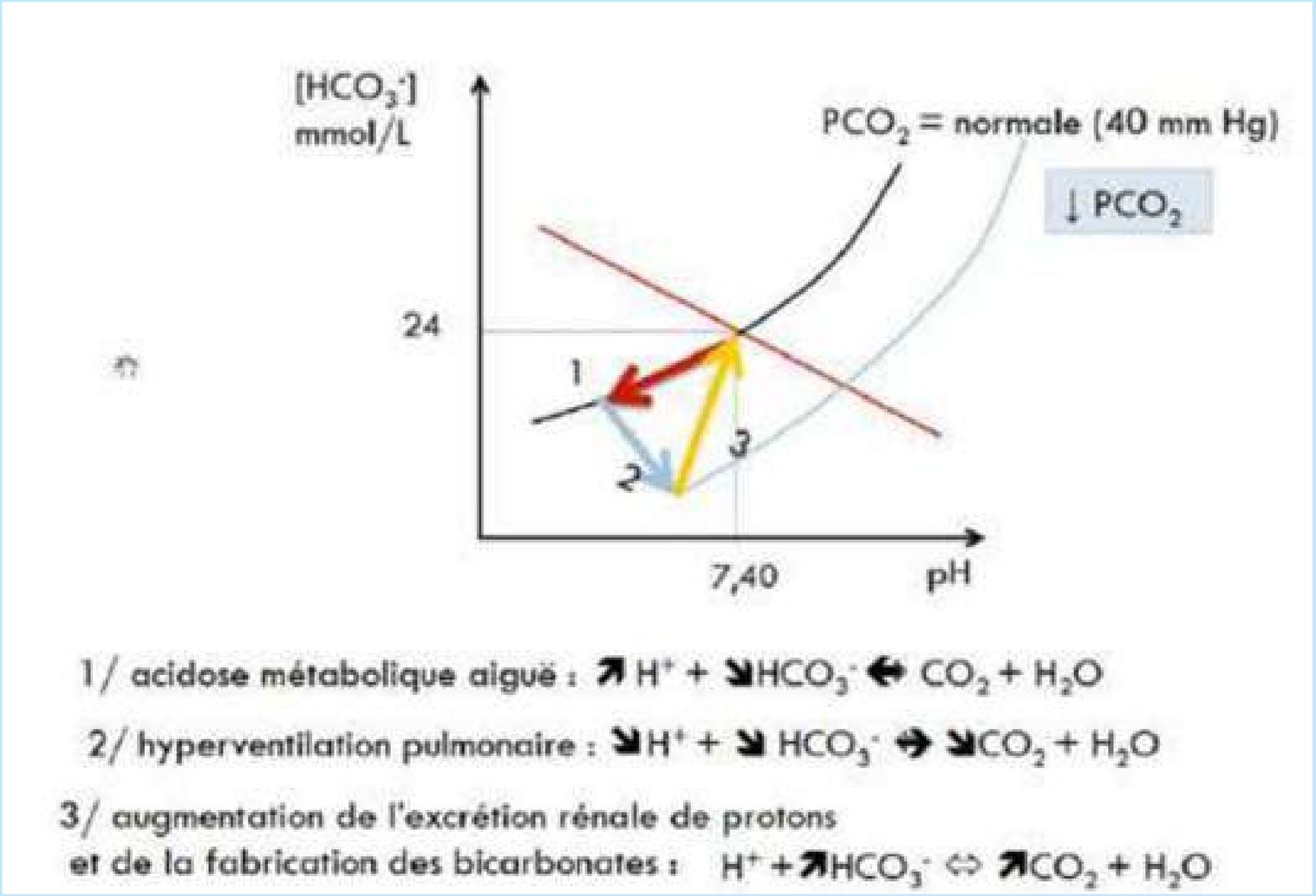
Acidose = ↓ pH

- Métabolique si ↓ $[HCO_3^-]$
- Respiratoire si ↑ PCO_2

Alcalose = ↑ pH

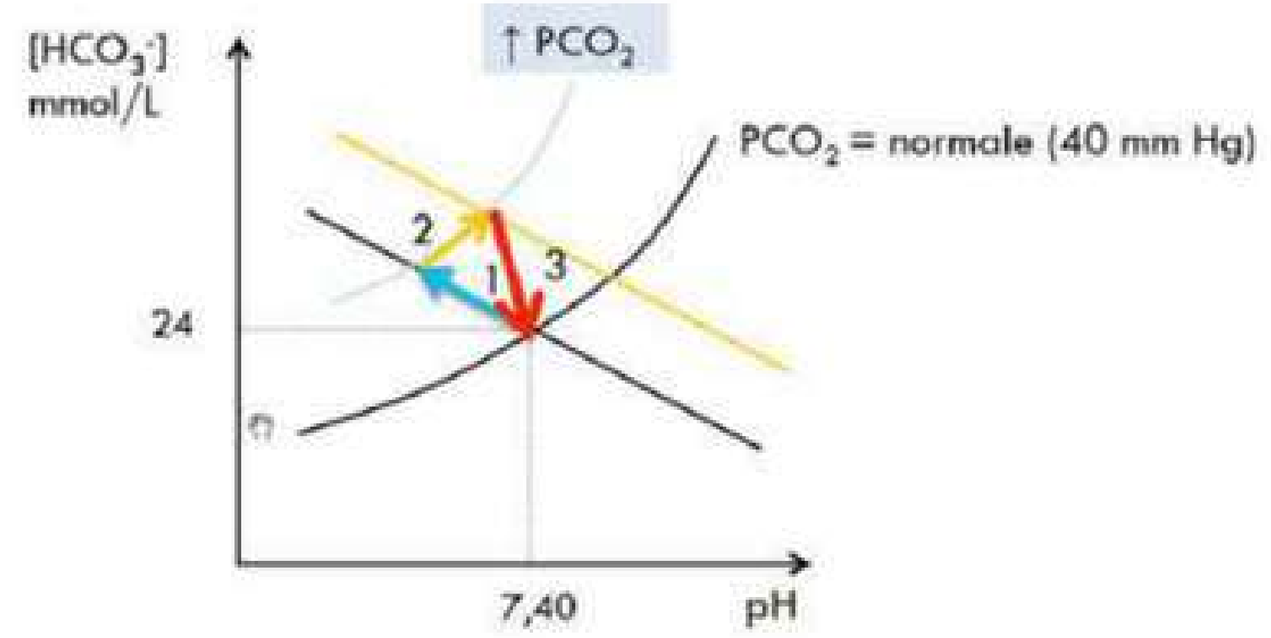
- Métabolique si ↑ $[HCO_3^-]$
- Respiratoire si ↓ PCO_2

ACIDOSE MÉTABOLIQUE :



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

ACIDOSE RESPIRATOIRE :



1/ acidose respiratoire aigue ↗ H^+ +↗HCO_3^- ⇐ ↗↗ $CO_2 + H_2O$

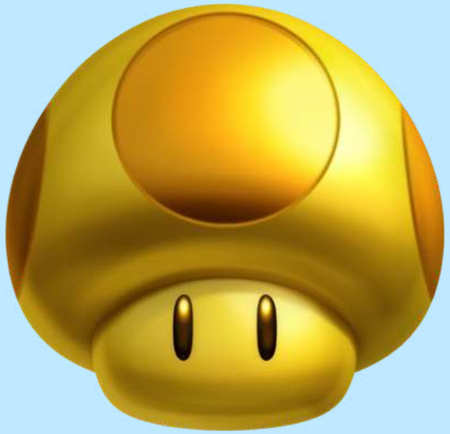
2/ augmentation de la fabrication rénale de bicarbonate ↘H^+ + ↗HCO_3^- ⇒↥ $CO_2 + H_2O$

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 !!!!

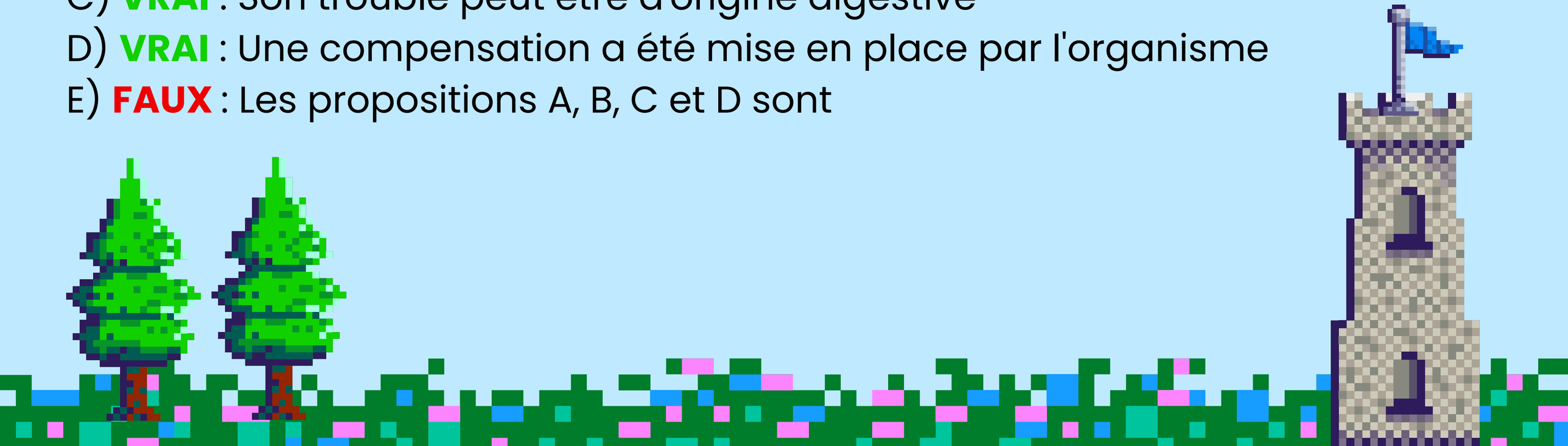
Vous êtes de garde aux urgences et prescrivez une gazométrie à une patiente.Les résultats sont les suivants : pH = 7,20 ; PCO2 = 28 mmHg; [HCO3-] 17mmol/L. Indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :



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

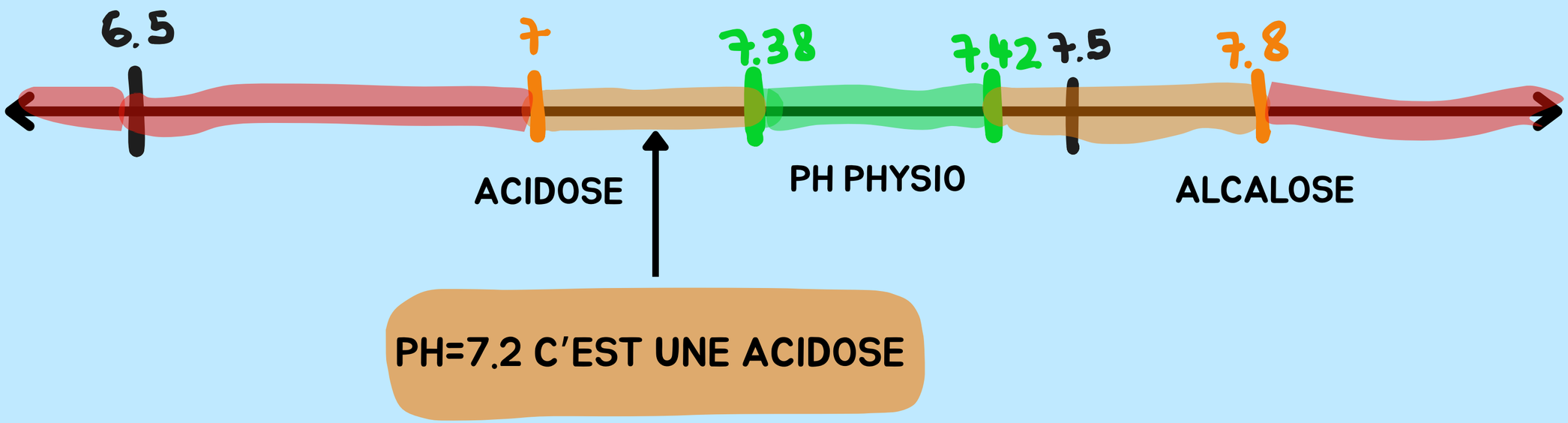
Vous êtes de garde aux urgences et prescrivez une gazométrie à une patiente.Les résultats sont les suivants : pH = 7,20 ; PCO2 = 28 mmHg; [HCO3-] 17mmol/

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



VALEURS PHYSIOLOGIQUES À CONNAITRE

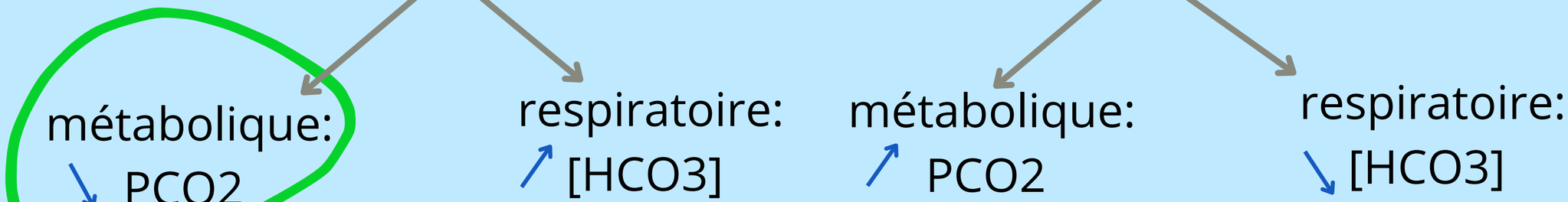
36 mmHg < PCO2 < 44 mmHg

22 mmol/L < [HCO3 -] < 26 mmol/L

PCO2 = 28 MMHG < 36MMHG

[HCO3-] = 17MMOL /L < 22 MMOL/L

COMPENSATION DE L'ORGANISME



Terminé !!!!

Merci pour votre attention :)