

# Equilibre Acido-Basique

## I. Généralités

Tout d'abord quelques valeurs à titre indicatif afin de se représenter les conditions acido basique dans différents milieux :

Estomac	pH = 1 (dû à la pompe à protons)
Cellules	pH = 7
Milieu intérieur	pH très régulé = 7, 40
Urine	pH très variable

Remarque : le pH de l'urine est **très variable** car les reins ont pour rôle de réguler la composition du milieu intérieur en sécrétant plus ou moins de protons.

Le pH du milieu extra-cellulaire est très régulé il est physiologiquement compris entre **7,38 et 7,42**.  
La survie est compromise : En dessous d'un **pH = 7,00** Au-dessus d'un **pH = 7,80**.

- **L'organisme est soumis à une charge acide permanente**

Cette charge acide permanente provient de **l'oxydation des nutriments**, nécessaire à la fabrication de l'ATP.

Dans l'organisme le métabolisme peut être aérobie ou anaérobie.

En métabolisme aérobie : production de CO<sub>2</sub> exclusivement.

En métabolisme anaérobie : production de CO<sub>2</sub> mais aussi **d'acide lactique** (qui est un acide organique).

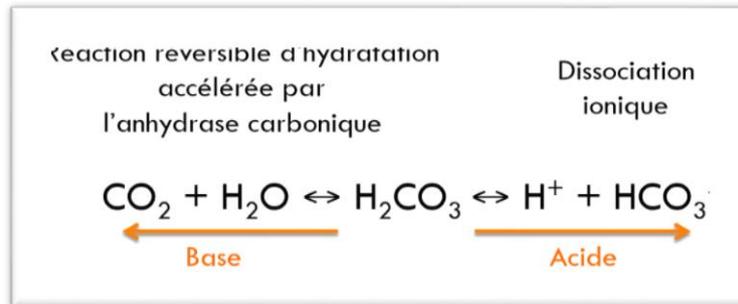
2 types d'acides :

- Acides **volatils** : CO<sub>2</sub>, éliminé par voie pulmonaire
- Acides **organiques** (= acides fixes) : substances dissoutes (*acide lactique, corps cétonique...*)

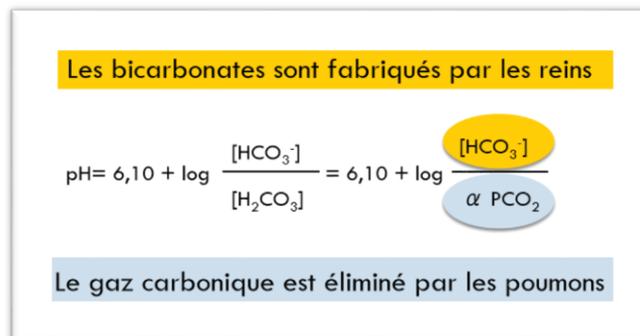
- **L'acide carbonique**

L'acide carbonique est un couple acido-basique qui peut :

- **Acidifier** l'organisme via la dissociation ionique de l'acide carbonique
- **Alcaliniser** l'organisme via la réaction d'hydratation, accélérée par l'**anhydrase carbonique**.



Le couple acido-basique de **l'acide carbonique est au cœur de la régulation du pH** du milieu intérieur. Ainsi, le pH de l'organisme dépend notamment de sa concentration en bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$

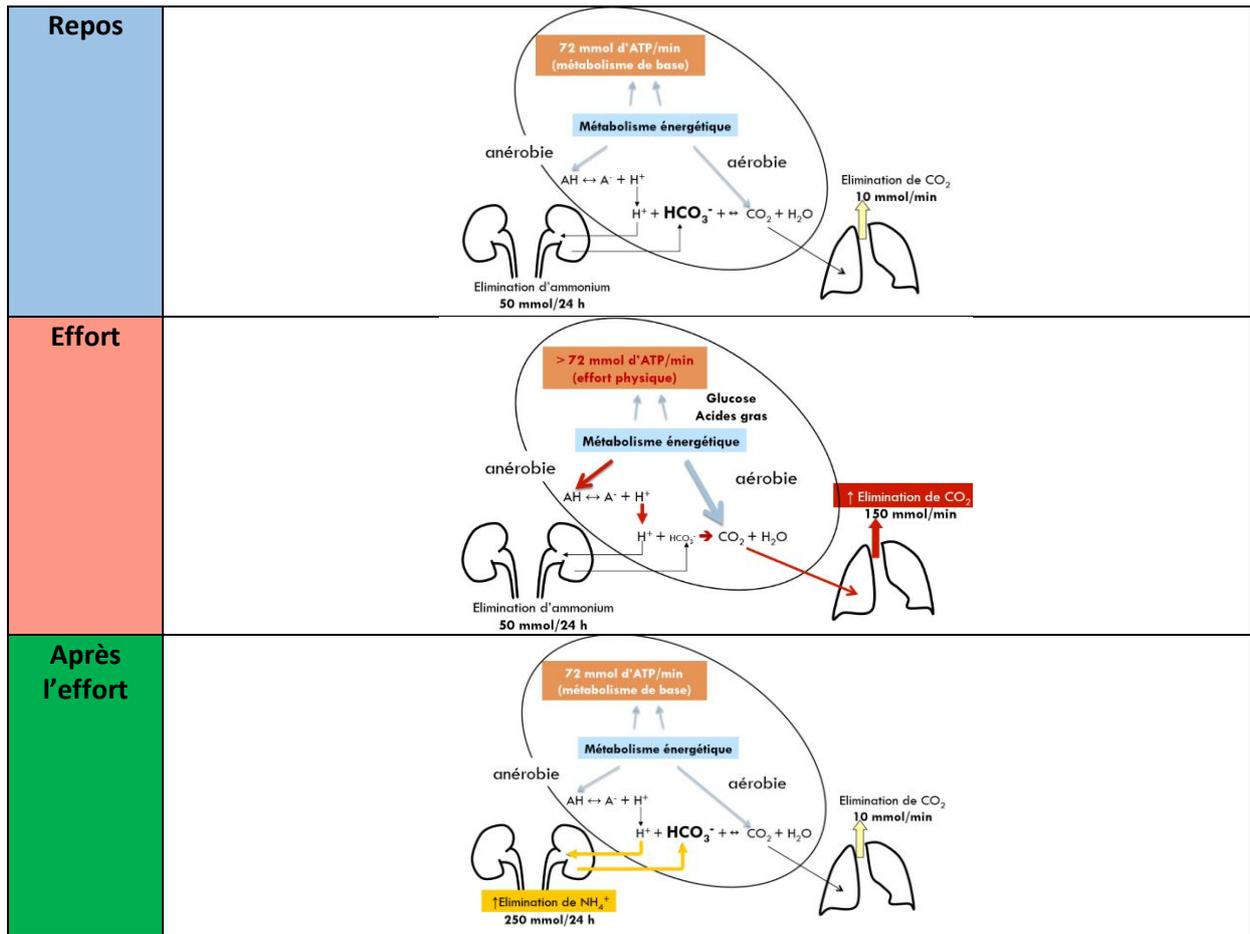


## II. Acide carbonique

- **Rôle des reins et des poumons**

Les reins **secrètent des protons dans l'urine et des bicarbonates dans le milieu intérieur**. Les protons peuvent être sécrétés sous forme d'**ammoniac** ou d'**acide phosphorique**.

Les poumons **éliminent le  $\text{CO}_2$**  lors de la ventilation



**Les poumons peuvent s'adapter à l'effort en hyperventilant \*15** ce qui n'est pas le cas des reins. **Les reins interviennent après l'effort en augmentant la sécrétion d'ammoniac \*5** (et pas d'acide phosphorique attention) afin d'éliminer les acides produits lors de l'effort et rétablir la réserve de bicarbonates.

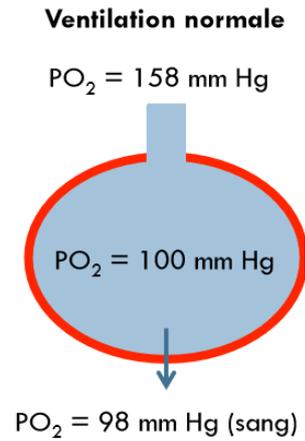
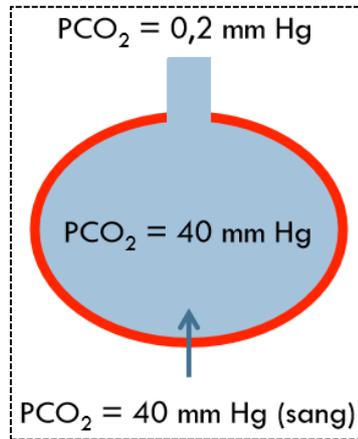
- **Diffusion du  $CO_2$**

Les échanges gazeux se font au travers de la membrane alvéolo-capillaire, composée de : cellules endothéliales, d'un espace interstitiel, de pneumocytes (*cellules épithéliales des alvéoles pulmonaires*), du surfactant.

- **Flux de  $CO_2$ (sang → air) =  $\frac{\text{Surface} \times \Delta \text{Pression partielle}}{\text{Epaisseur}}$**

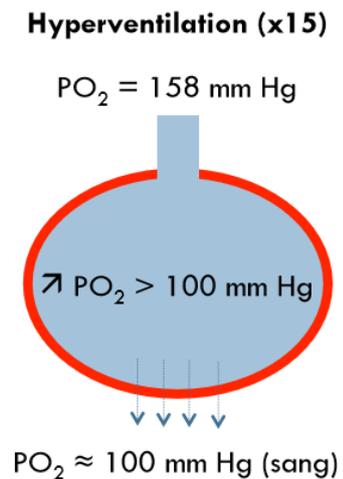
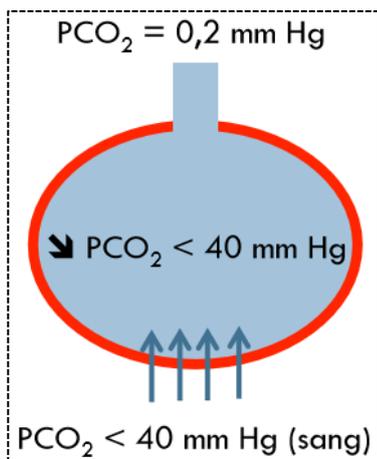
La force motrice permettant le passage du  $CO_2$  vers le milieu extérieur, est la **différence de pression partielle en  $CO_2$  entre le sang et l'air alvéolaire**.

➤ **Ventilation normale :**



Le CO<sub>2</sub> et l'O<sub>2</sub> diffusent tous deux selon leurs gradients de pression.

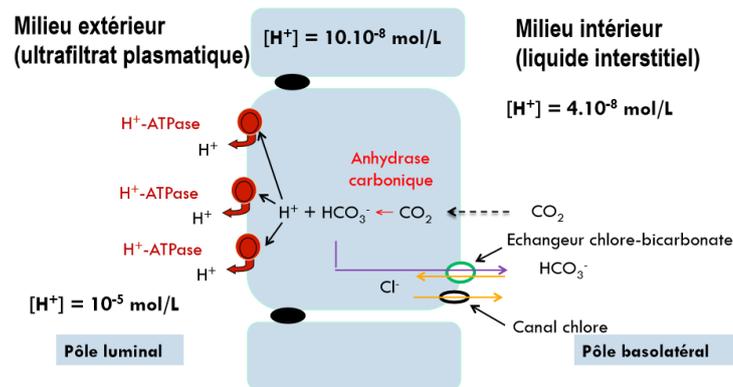
➤ **Hyperventilation :**



Lors de l'hyperventilation, la **PCO<sub>2</sub> alvéolaire diminue beaucoup**, ce qui augmente la différence de pression et en fin de compte la **diffusion du CO<sub>2</sub>**. Cependant, ce n'est pas le cas pour l'O<sub>2</sub> : la **PO<sub>2</sub> alvéolaire augmente très légèrement et la différence de pression ne se modifie presque pas**.

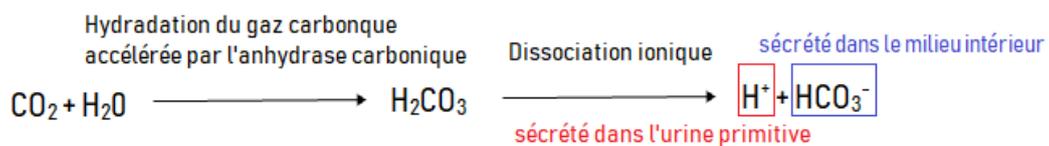
Conséquence : l'hyperventilation est un **mécanisme efficace pour lutter contre l'acidose** en augmentant considérablement la sortie de CO<sub>2</sub> de l'organisme. ++

- **Sécrétion rénale de protons**



L'ultrafiltrat étant plus concentré en protons que la cellule rénale, **la sortie de protons se fait par un système de transport actif grâce à la pompe H<sup>+</sup>/ATPase.**

La réaction catalysée par l'anhydrase carbonique permet de produire un bicarbonate par proton excrété dans l'urine primitive.



- 1] La réaction enzymatique **d'hydratation du gaz carbonique**, suivie d'une dissociation ionique permet la **formation de protons et de bicarbonates**. (cf. réaction chimique ci-dessus)
- 2] Les pompes **H<sup>+</sup>/ATPase** **sécrètent les protons dans l'urine primitive en consommant de l'ATP.**
- 3] Les **bicarbonates sont sécrétés dans le sang grâce à un échangeur** chlore-bicarbonate.
- 4] Le chlore ressort librement de la cellule via un canal chlore

Une fois dans l'urine, les protons peuvent s'associer à deux couples acido basiques :

- **L'ammoniac** : possible **augmentation d'un facteur 5** en cas d'augmentation de la quantité de protons excrétés
- **L'acide phosphorique** : pas d'augmentation possible.

### III. Pouvoir tampon de l'organisme

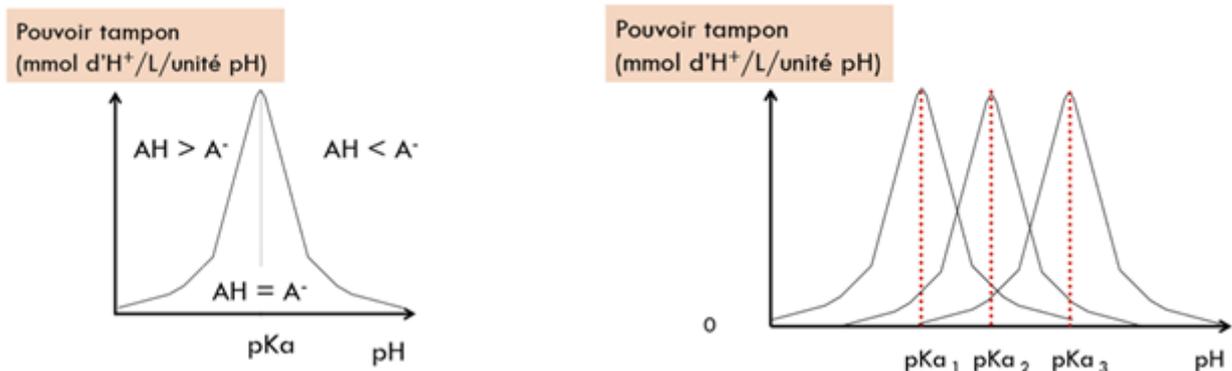
**Un tampon** = un couple acido-basique dont la **capacité à fixer des protons limite les variations de pH** des milieux extracellulaires et cellulaires.

**Zone tampon** ; Dans la zone tampon, il faut **beaucoup de protons pour modifier le pH**.

**Pouvoir tampon** = **quantité de protons fixés par un couple acido-basique** par unité de pH et par litre de solution.

Remarque : Le **pouvoir tampon est maximal** lorsque le **pH** de la solution est **égal au pK<sub>A</sub> du couple acido-basique**.

Dans l'organisme, il existe plusieurs couples acido-basiques ayant des pK<sub>A</sub> différents. Les pouvoirs tampon des couples s'additionnent et la zone tampon s'élargit.

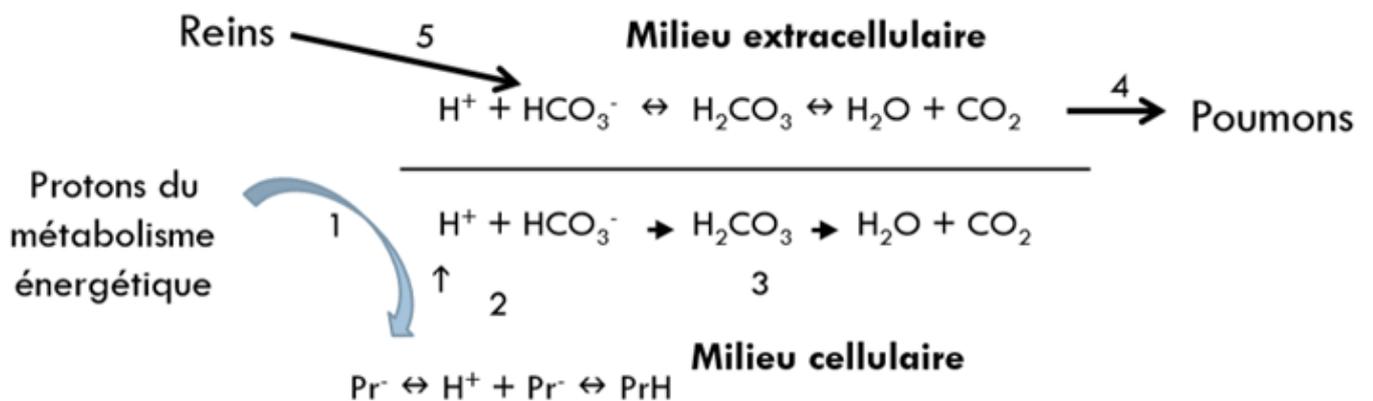


Ci-dessous : un tableau avec les principaux tampons de l'organisme

Compartiment	Tampons	Tampon principal
Milieu <b>extracellulaire</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Acide phosphorique Protéines	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>
Milieu <b>cellulaire</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Protéines	<b>Protéines</b>
<b>Hématies</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Hémoglobine	<b>Hémoglobine</b>

- **Continuité entre les tampons cellulaires et extracellulaires**

- 1/ Les **nouveaux protons** produits par le métabolisme cellulaire **se fixent aux protéines** pour diminuer la concentration en proton.
- 2/ Les groupements histidines des **protéines sont ensuite déprotonés**.
- 3/ Les **bicarbonates du milieu cellulaire** sont consommés pour s'associer aux protons et **former de l'acide carbonique puis du CO<sub>2</sub> et de l'H<sub>2</sub>O**
- 4/ Le CO<sub>2</sub> étant un gaz, il **diffuse librement vers le milieu extracellulaire** puis est **éliminé** par voie pulmonaire.
- 5/ Le HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> est restitué/**fabriqué** par les reins et **gagne le milieu cellulaire**.



## IV. Analyse du pouvoir tampon

- Valeurs normales du sang artériel :

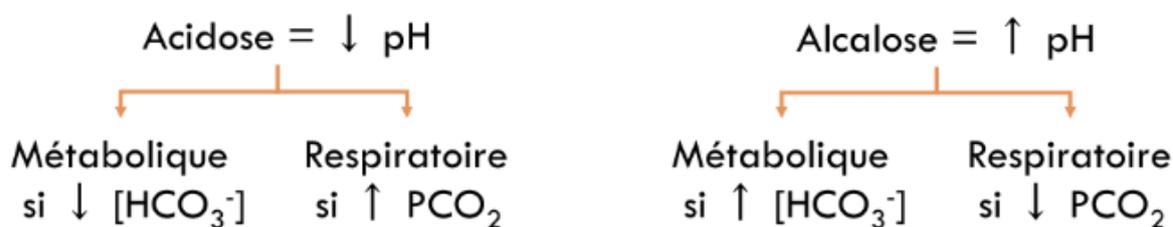
pH	PCO <sub>2</sub>	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]
7,4 ± 0,02	40 ± 4 mmHg	24 ± 2 mmol/L

- Définition des troubles acido basique

Il peut s'agir d'un **trouble métabolique ou respiratoire** (relatif aux poumons).

- Acidose : pH < 7,38
- Alcalose : pH > 7,42

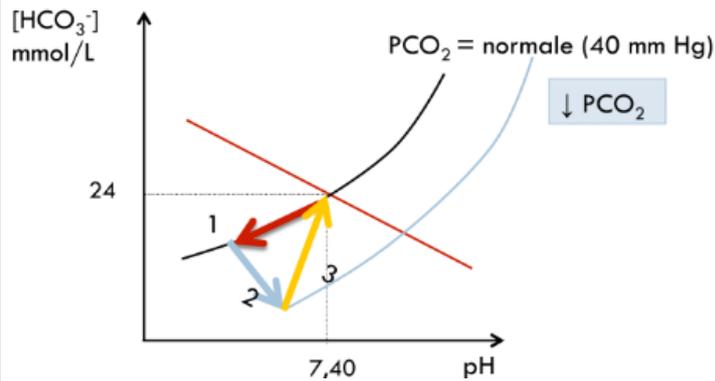
**Diapo récap : reprenez cela et vous aurez tous les points dans l'interprétation d'un trouble ++**



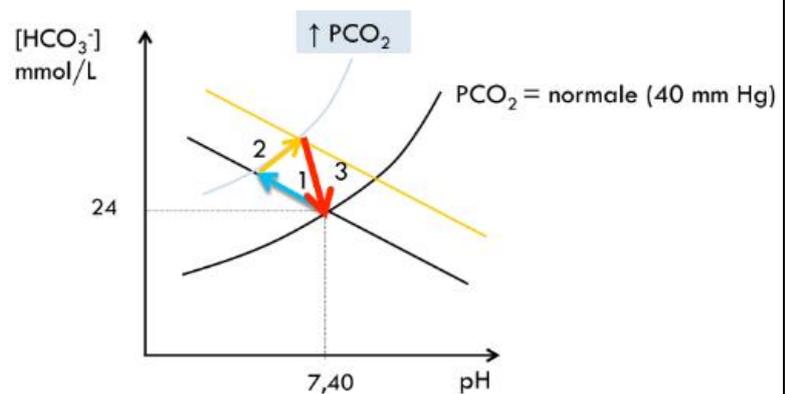
(C'est pas encore fini il reste des pages)

• Acidose : métabolique VS respiratoire

**Acidose métabolique**



**Acidose respiratoire**



- 1) L'acidose métabolique correspond à une diminution du pH associée à une diminution des bicarbonates. On reste sur la même courbe isobare lors de la phase aigüe de l'acidose.
- 2) Le corps perçoit la modification de pH et réagit en hyperventilant pour éliminer le  $CO_2$  et compenser l'acidose. On change donc de courbe isobare : on a une **diminution de la  $PCO_2$** .
- 3) Les reins s'adaptent plus lentement que les poumons, ils augmentent leur excrétion de protons et leur fabrication de bicarbonates. L'équilibre acido basique est rétabli et les poumons cessent d'hyperventiler

- 1) L'acidose respiratoire correspond à une diminution du pH associée à une augmentation de la  $PCO_2$ . On change de courbe isobare en se déplaçant vers le haut et les hautes pressions
- 2) Les reins s'adaptent, ils augmentent leur excrétion de protons et leur fabrication de bicarbonates pour compenser la défaillance des poumons qui ne peuvent pas s'adapter (en effet, le problème vient des poumons)
- 3) Disparition de la cause de l'acidose respiratoire : les poumons se remettent à fonctionner normalement et peuvent évacuer le  $CO_2$ . La  $PCO_2$  diminue, entraînant le retour à la courbe isobare « normale », les reins retrouvent leur activité normale et cessent de produire autant de bicarbonates.

- **Origine des alcaloses**

Les alcaloses sont généralement liées à des **erreurs de réanimation** ou des **erreurs de traitement** en phase aiguë.

Origines des alcaloses métaboliques :

- **Excès de sécrétion rénale de protons** : restitution accrue de bicarbonates.
- **Apports excessifs de bicarbonates intraveineux** (réanimation).

Origines des alcaloses respiratoires :

- **Augmentation de la ventilation** lors d'une **crise de tétanie** ou par **ventilation mécanique** (réanimation) : augmentation de la diffusion du CO<sub>2</sub>.

(Deuxième feinte, il reste encore UNE page, dédié aux meilleures cotuts Emma et Ornella)

- **Origine des acidoses** : (Tableau de l'an dernier qui montre très bien les différentes causes)

Type d'acidose	Mécanisme	Exemple
Métabolique	Perte de bicarbonates	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Fuite rénale</b> : incapacité à réabsorber des bicarbonates.</li> <li>➤ <b>Fuite intestinale</b> : le pancréas alcalinise la lumière du duodénum avec des bicarbonates. Si le transit s'accélère (diarrhée), on va perdre davantage de bicarbonates et se retrouver en acidose.</li> </ul>
	Diminution des bicarbonates par excès de production d'acides non volatils : le métabolisme anaérobie augmente, on produit trop de corps cétoniques et d'acides lactiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Acido-cétose diabétique</b> : quand un diabétique insulino-traité arrête son insuline, il se retrouve en acido-cétose.</li> <li>➤ <b>Intoxication éthylique/alcoolique aiguë</b> : L'organisme utilise les acides gras pour fabriquer des corps cétoniques (=source d'énergie). On se retrouve en acidose métabolique aiguë, c'est pour cela que le coma éthylique aboutit parfois au décès.</li> <li>➤ <b>Acidose lactique</b> : effort intense en anaérobie, entraînant la production d'acide lactique et de corps cétoniques.</li> </ul>
	Incapacité à régénérer les bicarbonates	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Insuffisance rénale</b> : diminution de la fabrication des bicarbonates.</li> </ul>
Respiratoire	Diminution de la surface d'échange alvéolo-capillaire : le CO <sub>2</sub> diffuse moins bien.	C'est le cas lors d'une <b>insuffisance respiratoire</b> qui peut être causée par de l'emphysème, une pneumonie, une lobectomie...
	Diminution de la force musculaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Si on est en acidose métabolique depuis longtemps, et que l'on <b>hyperventile sans cesse</b> : le <b>système va au fur et à mesure s'épuiser</b>. Donc, on va rentrer en insuffisance respiratoire et en acidose respiratoire.</li> <li>➤ <b>Maladies neurodégénératives</b> : il n'y a plus de motoneurones, ainsi la contraction du diaphragme permettant la ventilation, n'a plus lieu.</li> </ul>
	Augmentation de la PCO <sub>2</sub>	➤ <b>Caisson étanche</b>

FINIIIIIIII ! Comme pour les compartiments j'ai abordé les points « essentiels », la fiche sera complétée en cours d'année pour que vous ayez un support complet !