- TRANSPORT DES GAZ PAR LE SANG –

Sommaire

I – Introduction .
II – Rappels sur l'hématose
III – Rôle des globules rouges = gaz fixés
IV – Anhydrase carbonique
V – Transport du CO2 et de l'O2 par les hématies..

Les gaz dissous son très important qualitativement puisqu'ils permettent de fabriquer des gaz fixés qui eux sont quantitativement essentiels au fonctionnement de l'organisme.+++

- Gaz dissous : rôle qualitatif
- Gaz fixés : rôle quantitatif

Les globules rouges présents dans le sang sont des cellules qui vont fixer les gaz par l'intermédiaire de leur contenu en hémoglobine et en anhydrase carbonique.

La respiration cellulaire correspond à une consommation d'oxygène et une production de gaz carbonique d'intensité variable en fonction du niveau d'effort de l'organisme.

	Métabolisme de	Métabolisme à
Consommation	250 mL/min	3500 mL/min
Production de gaz	200 mL/min	3000 mL/min

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

II – Rappels sur l'hématose

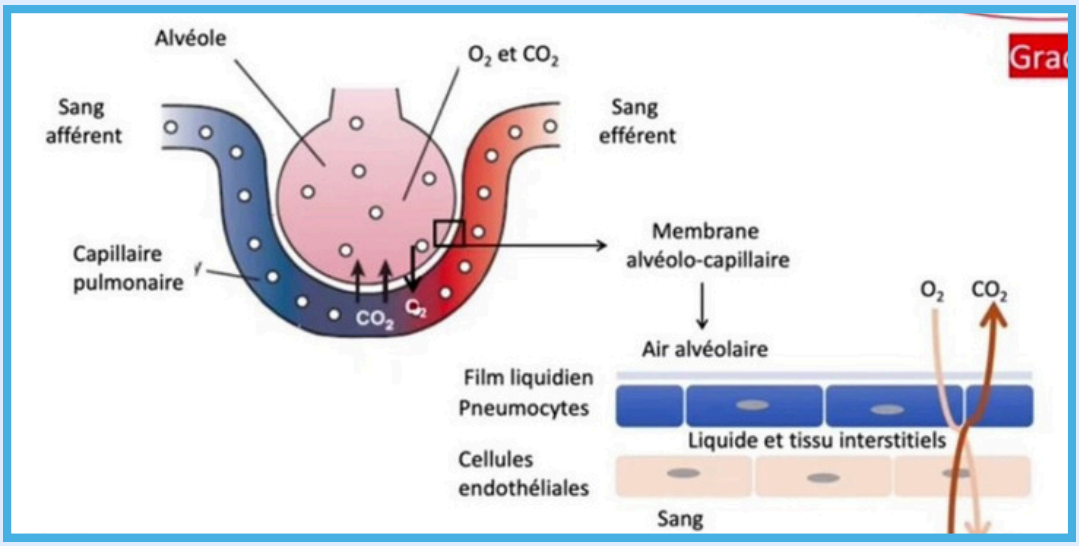
La loi de Fick nous permet de caractériser l'hématose. Le flux de gaz entre l'air alvéolaire et le sang (ou dans le sens inverse), va dépendre d'un gradient de diffusion.

Ce gradient dépend :

- De la différence de pression partielle entre le sang et l'intérieur de l'alvéole
- De l'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire

$$flux\ gaz = \frac{surface\ x\ coeff\ solubilité\ x\ différence\ de\ pression\ partielle}{épaisseur\ de\ la\ membrane\ alvéolo-capillaire}$$

Dans cette formule on retrouve au dénominateur l'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire et au numérateur la différence de pression partielle, la surface (surface totale des poumons) ainsi que le coefficient de solubilité, que nous allons détailler maintenant.



Vous voyez ici une représentation schématique de ce qu'on vient de dire, vous voyez une alvéole effectuant les échanges O2/CO2 avec un zoom sur la membrane alvéolo-capillaire. Dans le sens air-sang, le coefficient de solubilité du gaz intervient et nous allons voir comment

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

	Pressions partielles dans le sang artériel (kPa)	Coefficient de solubilité du gaz dans le sang à 37°c	Volume de gaz dissous dans 1 L de sang
oxygène	13,3	0,02	2,7 mL
gaz carbonique	5,3	0,52	27,6 mL

Si on prend l'exemple de l'oxygène dont le coefficient de solubilité dans le sang à 37°C est de 0,02. Pour une pression partielle donnée de 13,3 kPa, le volume d'oxygène dissous dans 1 L de sang est de 2,7 mL.
Le gaz carbonique qui possède un coefficient de solubilité bien plus important de 0,52 ; va être dissous à 27,6 mL/L de sang.
On voit donc que les gaz dissous ne sont pas en adéquation avec les moindres besoins de l'organisme car :

- La consommation d'oxygène pour le métabolisme est de 250 mL/min or le débit cardiaque de 5 L/min ne permet d'apporter que 5% de ce qui est nécessaire.
Pour le gaz carbonique, c'est la même chose, il ne peut pas être évacué en totalité par l'intermédiaire des gaz dissous.

On vérifie ça avec un calcul simple :
On se souvient qu'on a dit que dans des conditions à 37°C avec les coefficients de solubilité, on avait 2,7 mL d'O_2 par litre de sang et 27,6 mL de CO_2 par litre de sang. Si on multiplie ça par le débit cardiaque de 5 L/min on trouve que les gaz dissous ne couvrent pas les besoins de l'organisme.

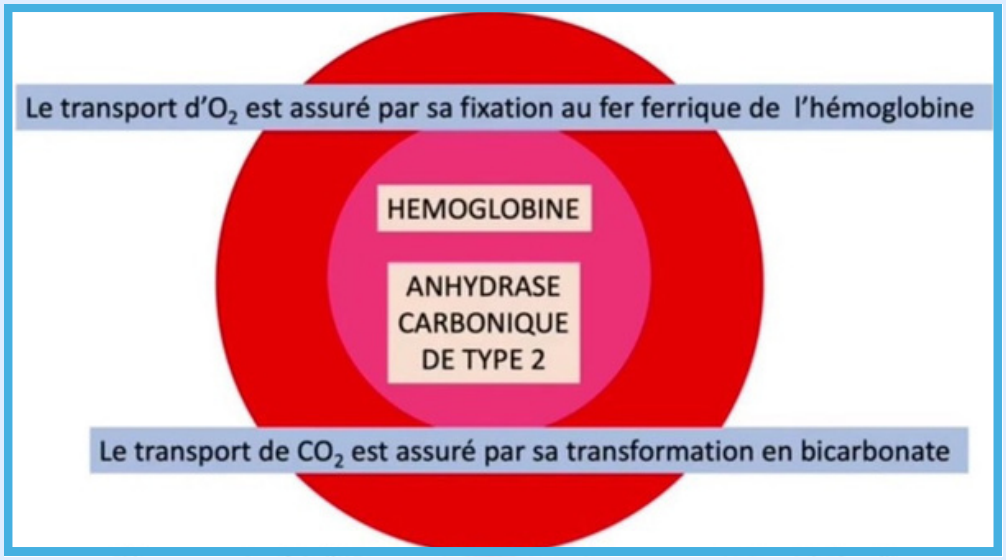
Consommation d'oxygène au repos = 250 mL/min
- Dans des conditions normales : 5 (débit cardiaque) x 2,7 (mL/L de sang) = 13,5 mL/min soit 5% des besoins.
Production de gaz carbonique au repos = 200 mL/min
- Dans des conditions normales : 5 (débit cardiaque) x 27,6 (mL/L de sang) = 138 mL/min soit 69% des besoins.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

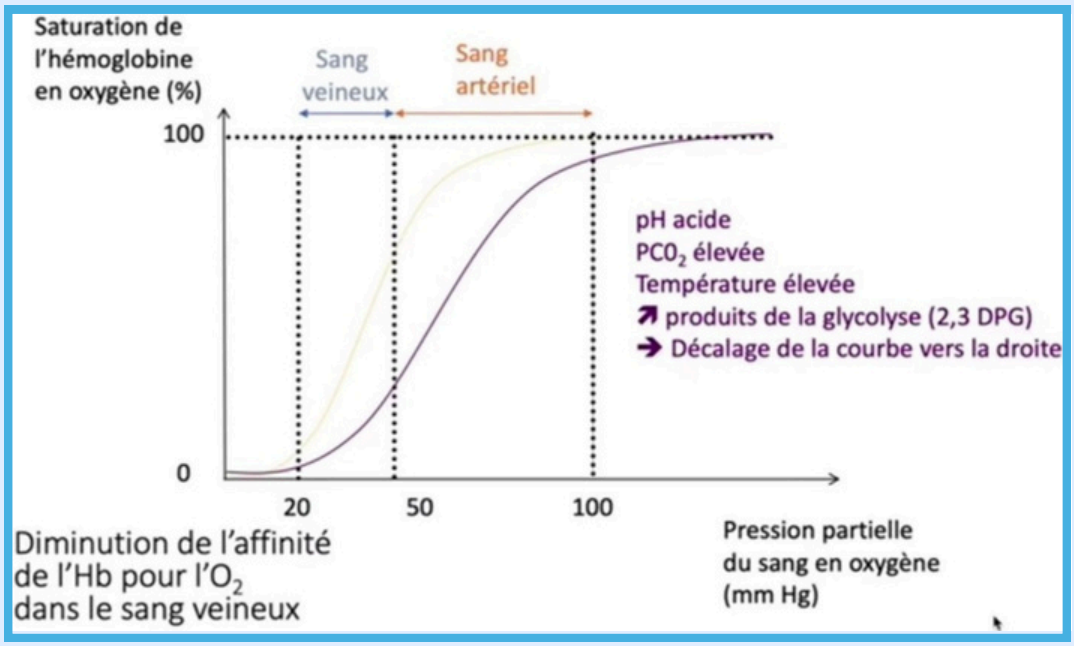
III – RÔLE DES GLOBULES ROUGES = GAZ FIXÉS

En effet, les gaz dissous ne sont **pas les seuls modes de transport** des gaz dans le sang.
- Le **dioxygène** va venir se f**ixer au résidu ferrique de l'hémoglobine**, à l'intérieur des hématies (globules rouges).

- Le CO2 quant à lui **est transformé en bicarbonate par l'anhydrase carbonique de type 2** contenue dans les hématies.



Une fois le dioxygène fixé à l'hémoglobine, celui-ci va **circuler** avec les globules rouges et **en fonction de la pression partielle du sang en dioxygène** (axe horizontal), elle va en libérer plus ou moins.



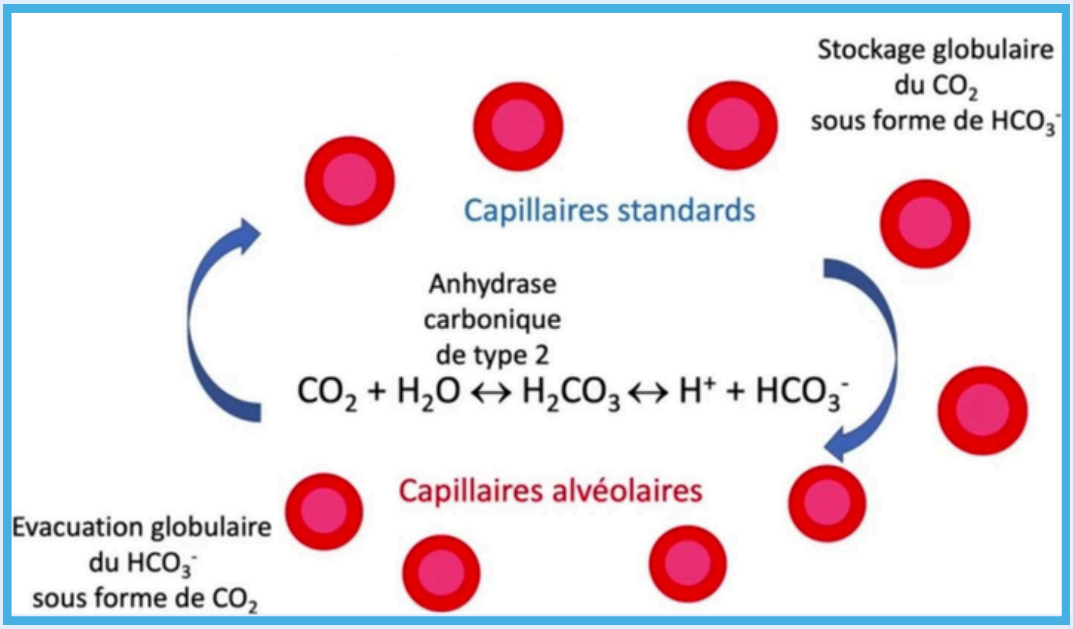
Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

On voit ici qu'il faut des pressions partielles en oxygène très faibles (<50mmHg) pour que la saturation de l'hémoglobine commence à diminuer (courbe jaune). On voit aussi que c'est dans l'intervalle de pression partielle en oxygène du sang artériel qu'il y a la plus grande partie de la courbe.

L'hémoglobine est une protéine dont la conformation et l'affinité changent selon plusieurs facteurs :
- Le pH acide
- La PCO2 est élevée
- La température est élevée
- S'il y a des produits de la glycolyse (2,3 DPG)

La courbe va alors se décaler vers la droite (courbe violette), ce qui signifie que dans des conditions physico-chimiques, beaucoup plus d'oxygène est délivré au sang veineux pour la même pression partielle du sang en oxygène.
Ainsi, l'hémoglobine libère beaucoup plus d'oxygène dans les tissus actifs que dans les tissus inactifs.

IV- ANHYDRASE CARBONIQUE



Le gaz carbonique diffuse librement vers l'intérieur des capillaires. De la même que dans les épithéliums digestifs qu'on a vu dans le cours d'avant, ce CO2 est hydraté par l'enzyme anhydrase carbonique : CO2 + H2O pour donner une molécule d'acide carbonique H2CO3. Cette molécule d'acide carbonique se dissocie ensuite d'elle-même en proton H+ et en bicarbonate HCO3-.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

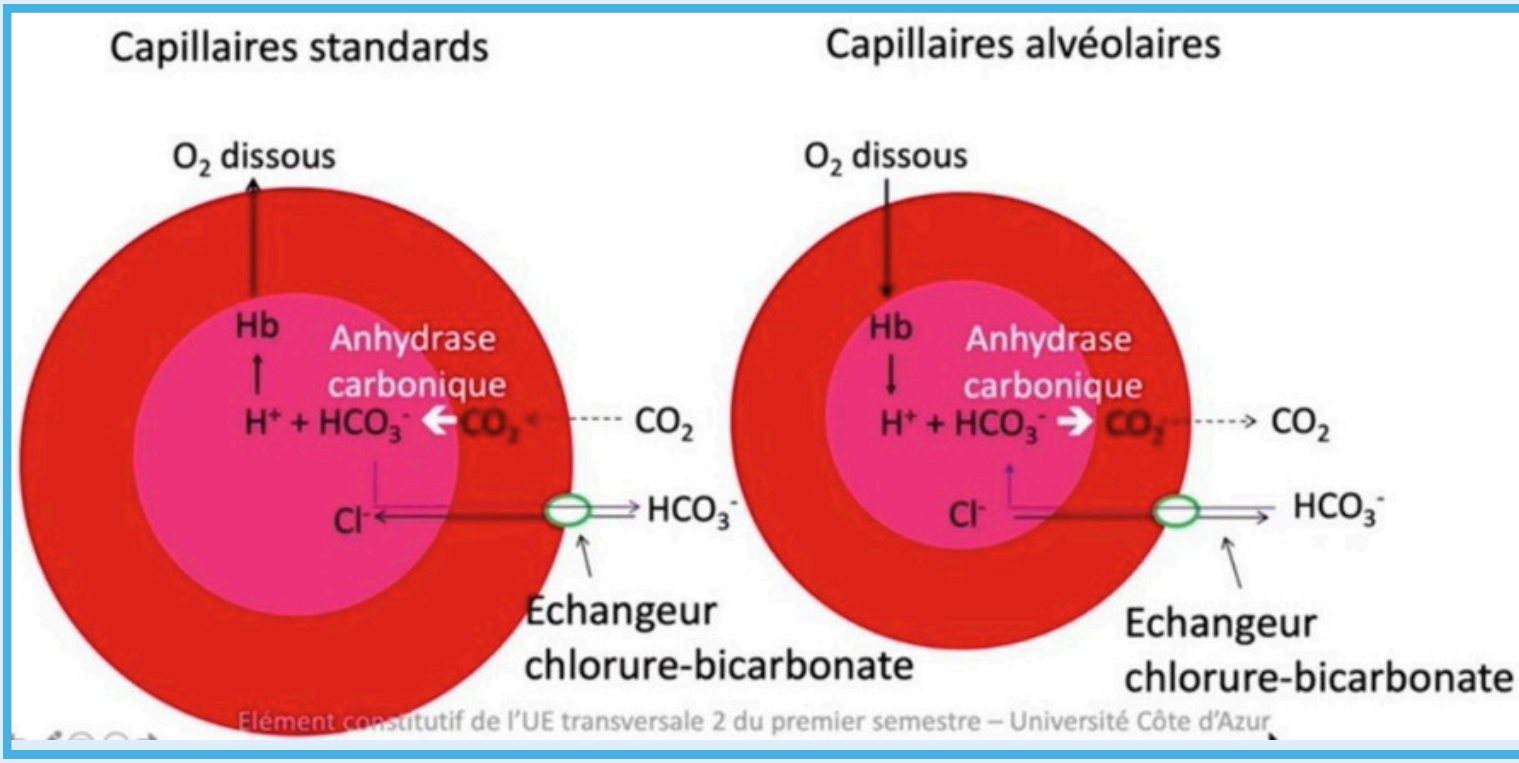
Le CO2 est donc fixé sous forme de bicarbonate dans les hématies et lorsque le globule rouge se trouve au niveau des capillaires alvéolaires, le bicarbonate se transforme en gaz carbonique et pourra ainsi diffuser à travers la membrane alvéolo-capillaire.

ATTENTION

- L'anhydrase carbonique favorise la réaction CO2+H20 = H2CO3
- Mais la dissociation de l'H2CO3 en H++HCO3- est spontané+++ ce n'est pas l'anhydrase qui fait cette réaction

V – TRANSPORT DU CO2 ET DE L'O2 PAR LES HÉMATIES

Il y a un couplage entre la délivrance d'oxygène et la fixation de CO2, autrement dit, **la fixation d'oxygène aide à la délivrance de CO2.**



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

- Dans les capillaires standards, donc au contact des tissus actifs dans le sang veineux, l'hémoglobine **délivre du dioxygène**. Cette délivrance est favorisée par l'arrivée de protons. Ces protons résultent du fonctionnement de **l'anhydrase carbonique**. En effet le CO2 est **hydraté** en molécule **d'H2CO3**, cette molécule se dissocie ensuite **spontanément** en **HCO3- et en proton H+**.

- Dans les capillaires alvéolaires, les globules rouges vont être capables de délivrer du **gaz carbonique** en grande quantité. Dans les capillaires alvéolaires l'O2 arrive sur l'hémoglobine et va **favoriser le relargage de protons H+**. Ces ions H+ vont, avec le **bicarbonate stocké dans les hématies**, provoquer la formation de gaz carbonique CO2. Ce CO2 est ensuite évacué librement par **diffusion simple** à travers la membrane des globules rouge dans les alvéoles pulmonaires.

Le contenu en bicarbonates dans les hématies des capillaires standards va être équilibré par l'échangeur **chlorure-bicarbonate** qui éviter que celui-ci ne se retrouve en trop grande quantité. De plus, il délivre un tampon bicarbonate dans les tissus actifs, ce qui est intéressant sur le plan de l'**équilibre acido-basique**.
Les globules rouges dans les capillaires standards sont plus gros que ceux des capillaires alvéolaires car le bicarbonate a un effet osmotique qui attire l'eau à l'intérieur.

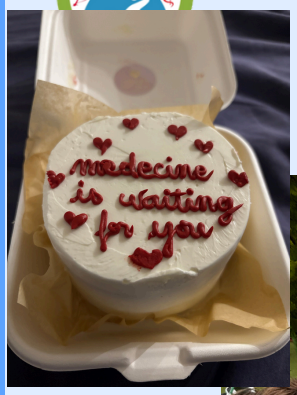
Au niveau des capillaires alvéolaires, l'échangeur chlorure-bicarbonate fonctionne en **sens inverse**, c'est-à-dire qu'au fur et à mesure que le CO2 est extrait de l'intérieur des hématies, **du bicarbonate rentre pour activer cette transformation via l'anhydrase carbonique**. Ainsi, le bicarbonate présent dans le milieu extra-cellulaire va favoriser **l'élimination** de gaz carbonique.

Petite conclusion du prof :

- La dissolution des gaz dans le sang est indispensable et limitante. Par exemple, lorsque la membrane alvéolo-capillaire s'épaissit dans l'œdème pulmonaire, on a une hypoxie responsable d'une dyspnée.
- En revanche, ces gaz dissous sont quantitativement insuffisants pour satisfaire les besoins de l'organisme
- Les gaz sont donc fixés à l'intérieur des hématies sous forme de bicarbonate pour le CO2, et l'O2 se fixe sur la partie ferrique de l'hémoglobine.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.

Petit dédi photo :



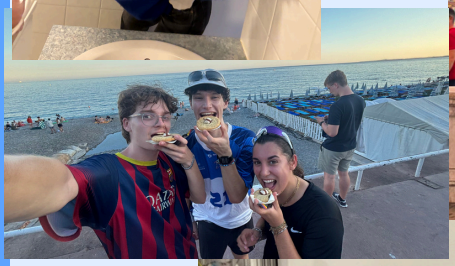


























Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.