

Ch. 4. Le transport des gaz dans le sang

Pr. Sam Bayat

Transport de l'oxygène

- **Oxygène dissous**

- Oxygène dissous = $0,003 \text{ ml d'O}_2 / 100 \text{ ml de sang} / \text{mmHg de PO}_2$

- Dans le sang artériel: $\text{PaO}_2 = 100 \text{ mmHg} = 13,3 \text{ kPa}$:

- **Contenu** en O_2 dissous = **$0,3 \text{ ml d'O}_2 / 100 \text{ ml de sang artériel}$**

- Si débit cardiaque = 5 l/min , apport de **$15 \text{ ml d'O}_2/\text{min}$**

- Besoins $\approx 250 \text{ ml d'O}_2/\text{min}$

- **Insuffisant** pour oxygéner les tissus correctement



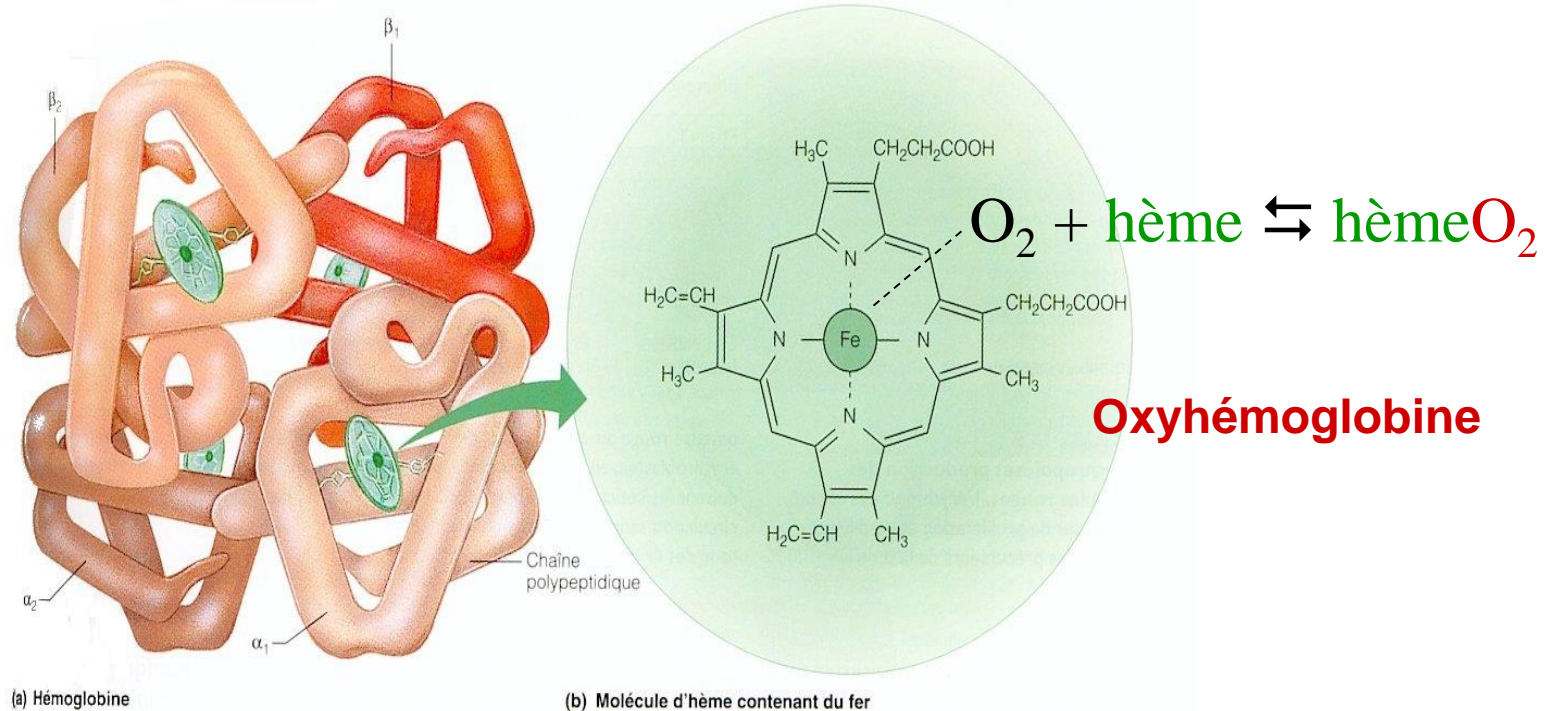
Oxygène combiné à l'hémoglobine

- Structure et propriétés de l'hémoglobine
 - L'hémoglobine (Hb) est une protéine présente exclusivement dans les hématies
 - Se lie de façon réversible à l'O₂
 - Concentration dans le sang =
 - 13 à 17 g/dl chez l'homme adulte
 - 12 à 16 g/dl chez la femme adulte



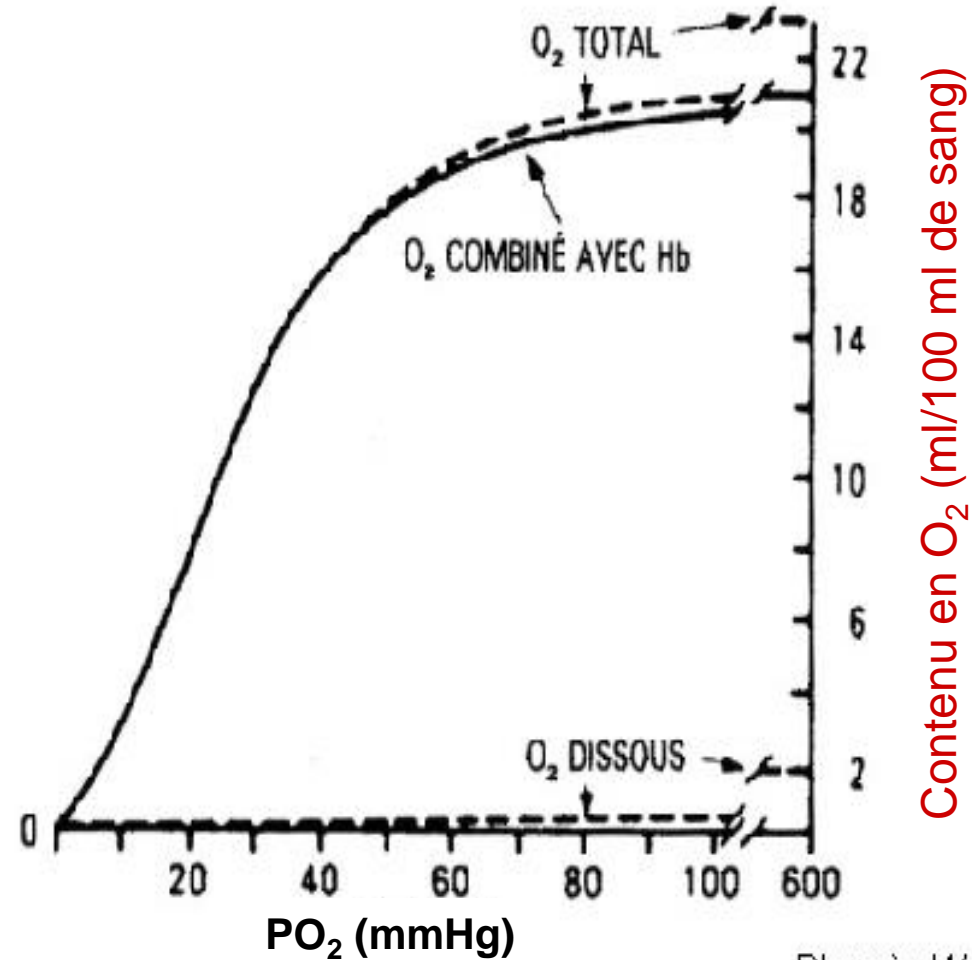
Structure et propriétés de l'hémoglobine

- 4 chaînes polypeptidiques (α_1 , α_2 , β_1 , β_2) = **globine**
- 4 groupements **hèmes**:
 - Chaque hème comporte un atome de fer : **Fe²⁺**
 - Chaque **Fe²⁺** peut se lier de façon réversible avec une molécule d'O₂



La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- **Contenu** du sang en O_2 (CaO_2 , Cv_2) = [O_2 dissous + O_2 combiné à l'Hb]



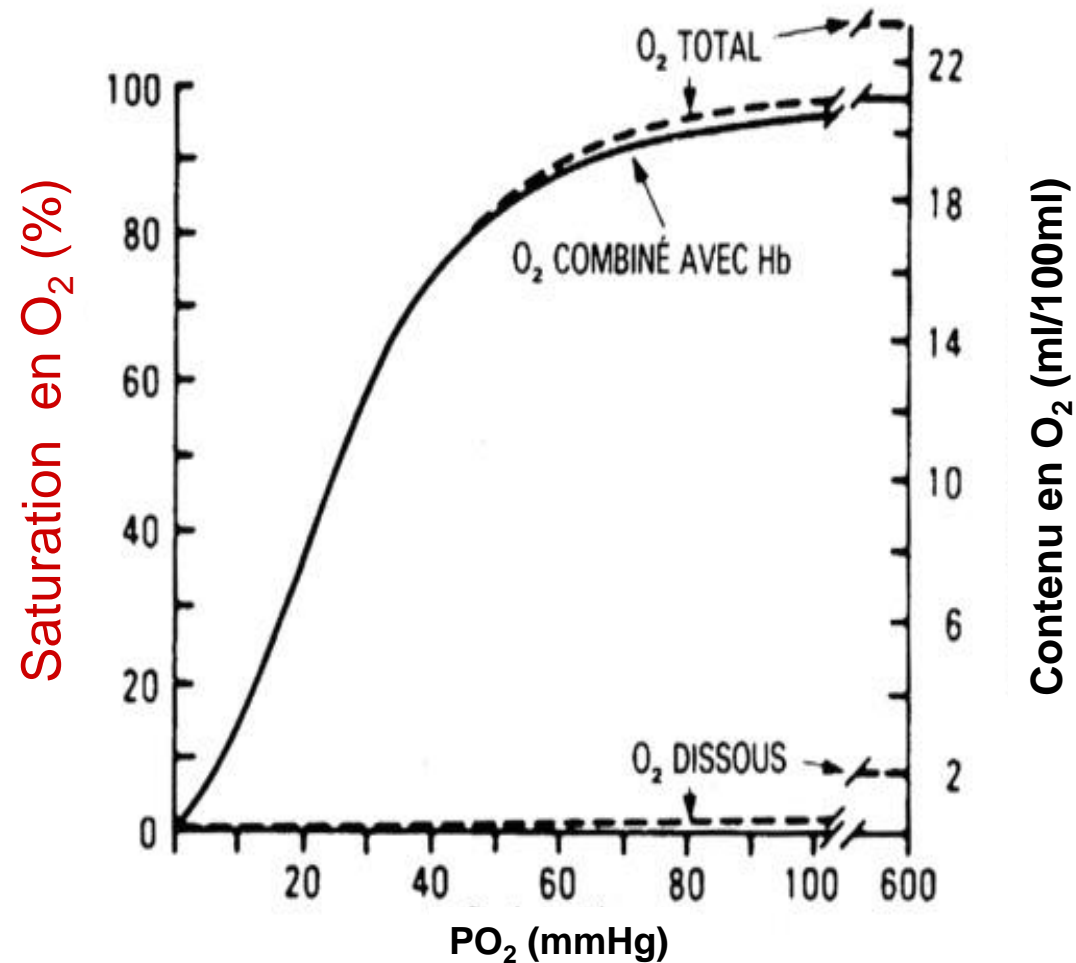
D'après Wes

La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- La Capacité de transport en O_2
 - 1g d'Hb fixe au maximum 1,39 ml d' O_2
 - Pour une $[Hb] = 15$ g/dl: $15 \times 1,39 = 20,8$ ml d' O_2 / 100 ml
 - La quantité maximum d' O_2 pouvant se lier à l'Hb = la Capacité en O_2

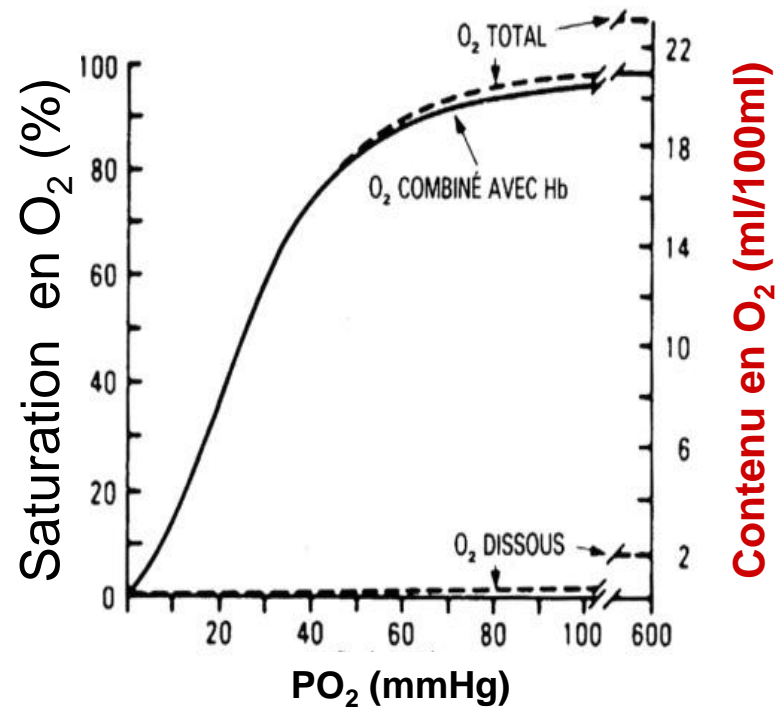
La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- La saturation en O₂ de l'Hb $S_{O_2} = \frac{\text{Contenu en O}_2 \text{ combiné avec l'Hb}}{\text{Capacité en O}_2} (\%)$



La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- Le contenu en $O_2 = \underbrace{(1,39 \times [Hb] \times SO_2)}_{\text{lié à l'Hb}} + \underbrace{0,003 \times PO_2}_{\text{dissous}}$



La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- La saturation en O_2 de l'Hb

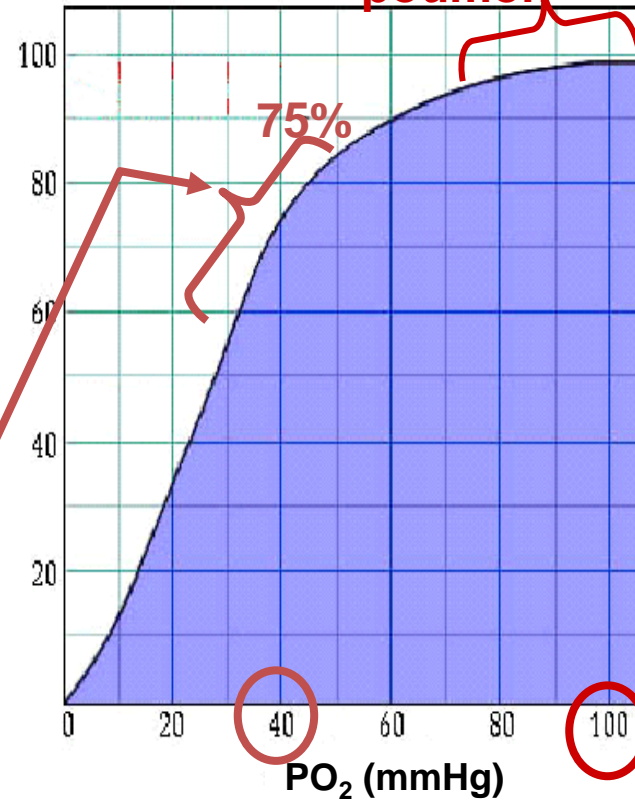
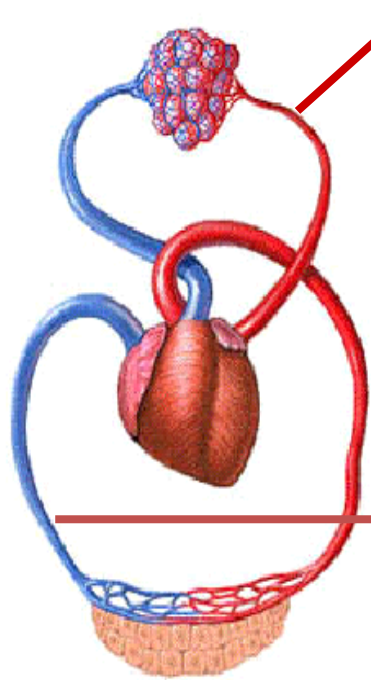
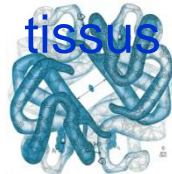


**Sang artériel
oxygéné
quittant le
poumon**



Cyanose

**Sang
veineux
quittant les
tissus**

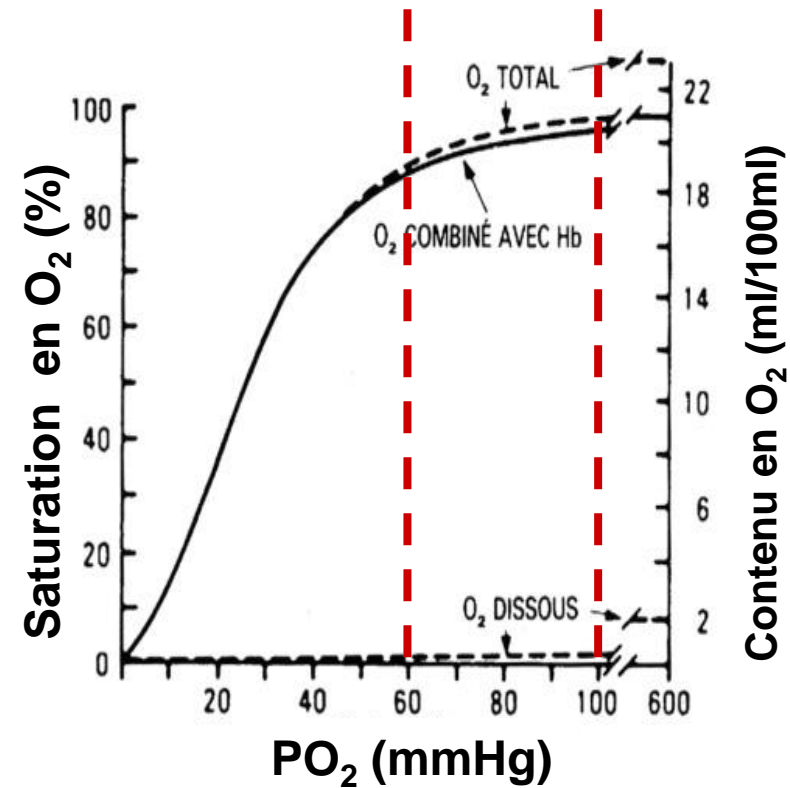


97,5%

La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

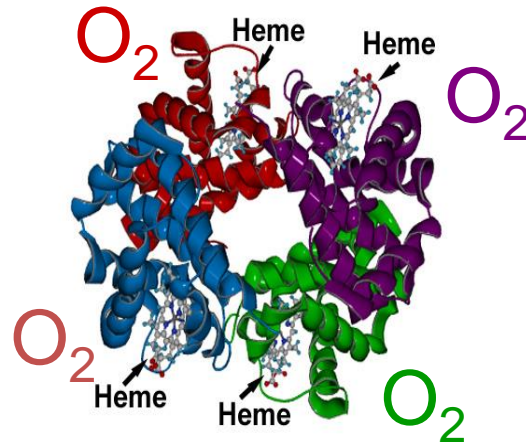
- La forme de la courbe de dissociation

- $PO_2 > 100$ mmHg
l'augmentation de PO_2
n'affecte plus SO_2 , toute
l'Hb est saturée
- $60 > PO_2 > 100$ mmHg
une diminution de PO_2
diminue peu la quantité d' O_2
transportée
- $PO_2 < 60$ mmHg
une diminution de PO_2
diminue beaucoup la
quantité d' O_2 transportée



Structure et propriétés de l'hémoglobine

- Propriétés allostériques de l'Hb
 - La désoxy Hb a une affinité faible pour l'O₂
 - La fixation d'une première molécule d'O₂ change la configuration de la molécule d'Hb et facilite la fixation de la seconde molécule d'O₂
 - Donc l'affinité de l'Hb pour l'O₂ varie selon le degré de saturation de la molécule
- De ce fait, la relation entre la saturation de l'Hb et la PO₂ du sang n'est pas linéaire

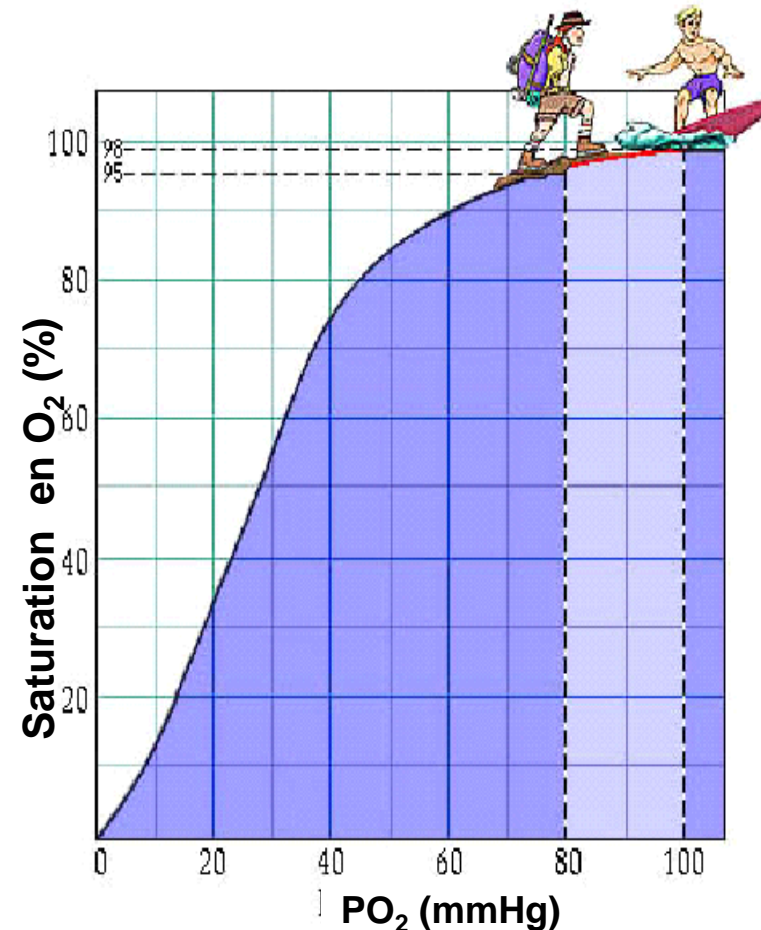


La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- La forme sigmoïde de la courbe de dissociation de l'Hb a des avantages physiologiques:

- Si la PO_2 ambiante, et par conséquent la PO_2 du sang artériel diminue de 20 mmHg, la SO_2 ne diminuera que très peu

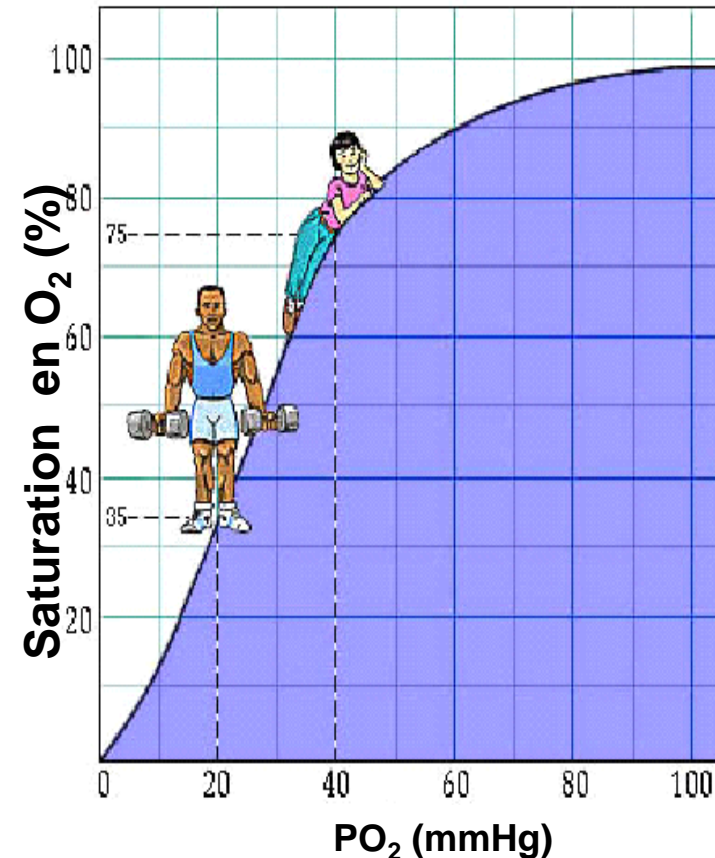
- Ceci traduit une plus grande affinité de l'Hb pour l' O_2 , pour des valeurs de PO_2 correspondant au sang artériel



La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- La forme sigmoïde de la courbe de dissociation de l'Hb a des avantages physiologiques:

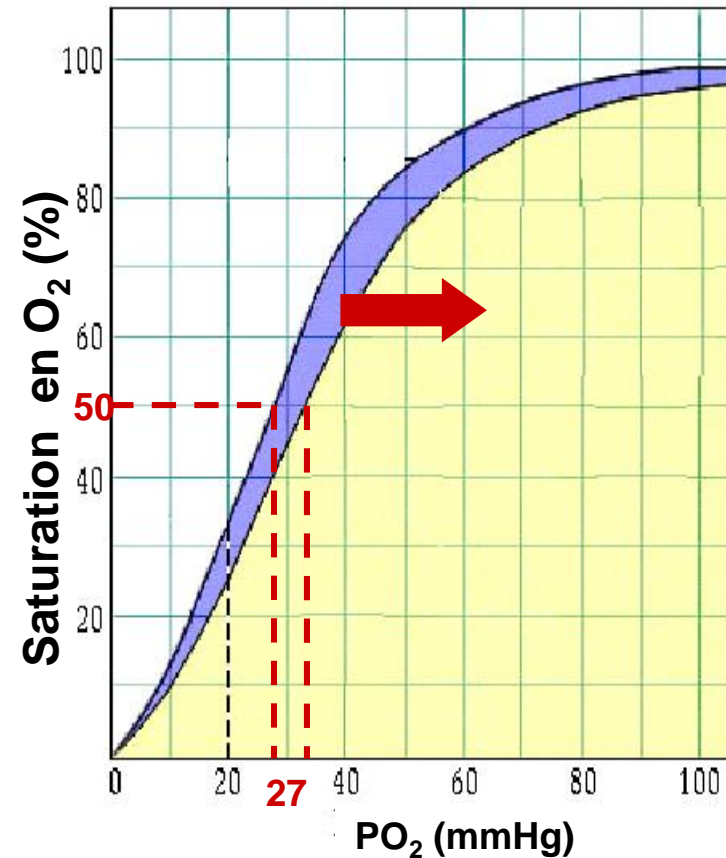
- Pour des valeurs de PO_2 correspondant au sang veineux: de faibles baisses de PO_2 entraînent de fortes chutes de SO_2
- Ceci traduit une baisse de l'affinité de l'Hb pour l' O_2 pour des valeurs de PO_2 correspondant au sang veineux
- Favorise la libération de l' O_2 dans les tissus



La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- L'affinité de l'Hb pour l'O₂

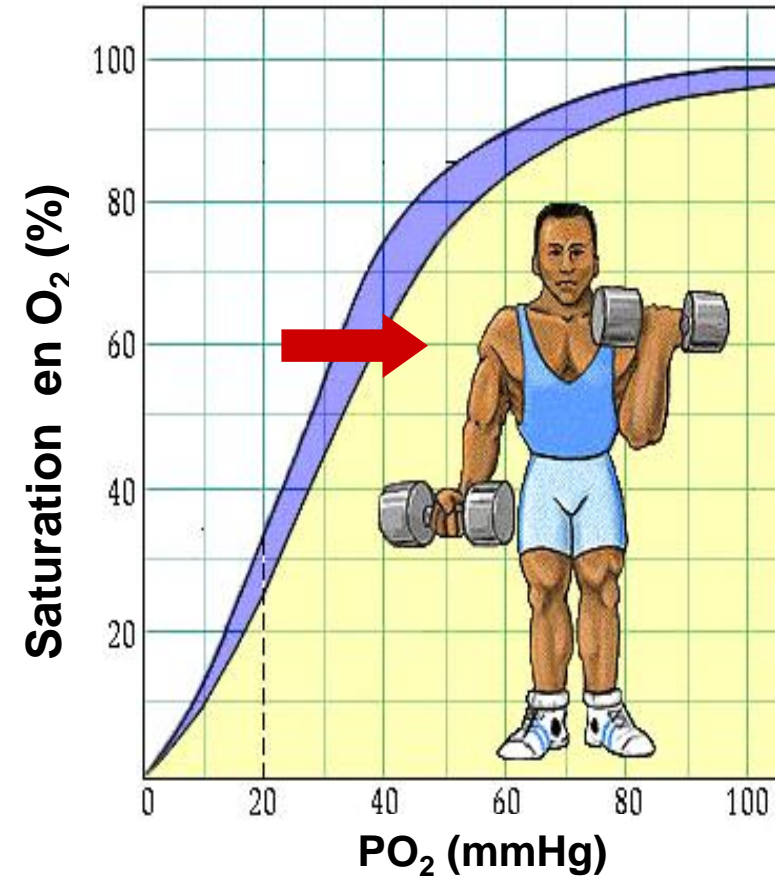
- P₅₀ = PO₂ nécessaire pour saturer l'Hb à 50%
- Une baisse de l'affinité de l'Hb pour l'O₂ :
 - Augmentation de la P₅₀
 - Déplacement de la courbe de dissociation vers la droite



La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

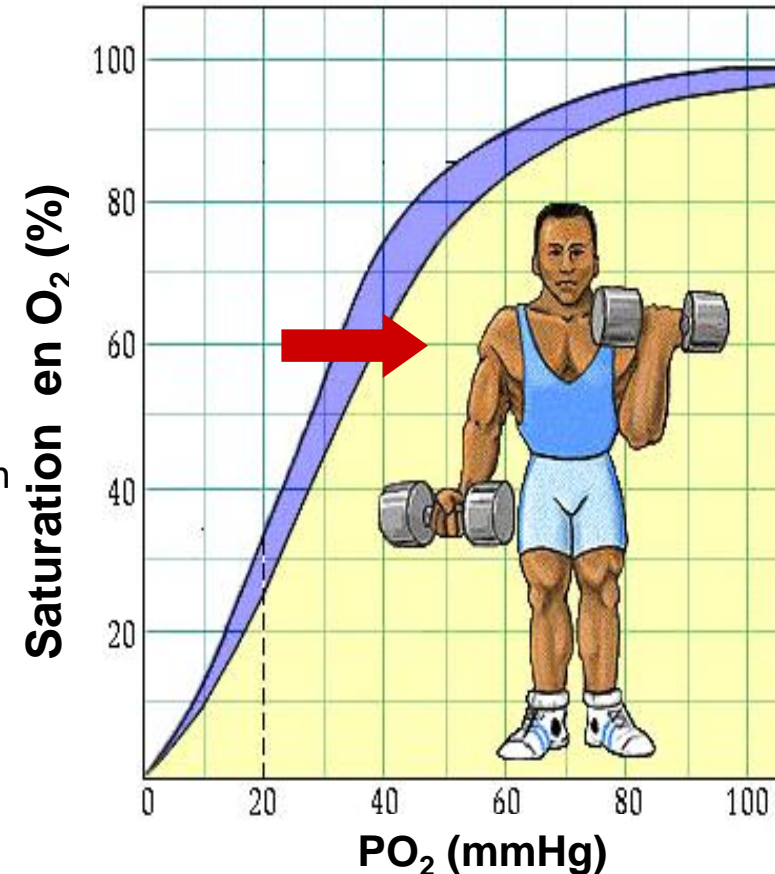
- Baisse de l'affinité de l'Hb pour l'O₂

- ↑ [H⁺] : *effet Bohr*
- ↑ PCO₂
- ↑ température



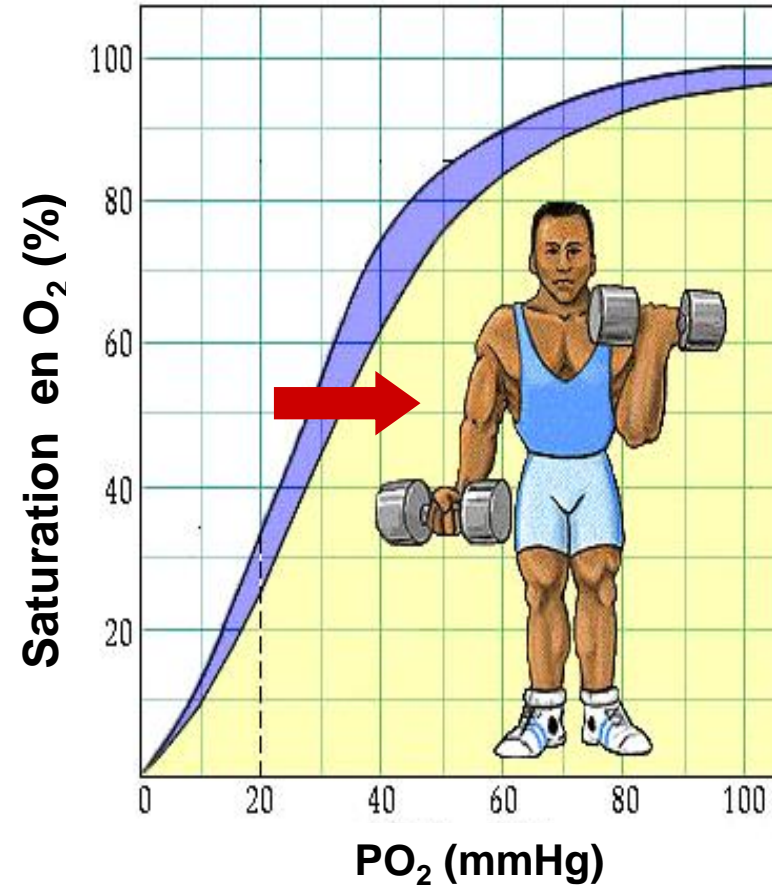
La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine

- Baisse de l'affinité de l'Hb pour l'O₂
- ↑ 2,3 DPG
 - produit par la glycolyse anaérobie dans les hématies
 - ↑ en hypoxie chronique
 - ↑ si ↑ [H⁺]
 - ↓ dans les poches de sang conservées pour la transfusion



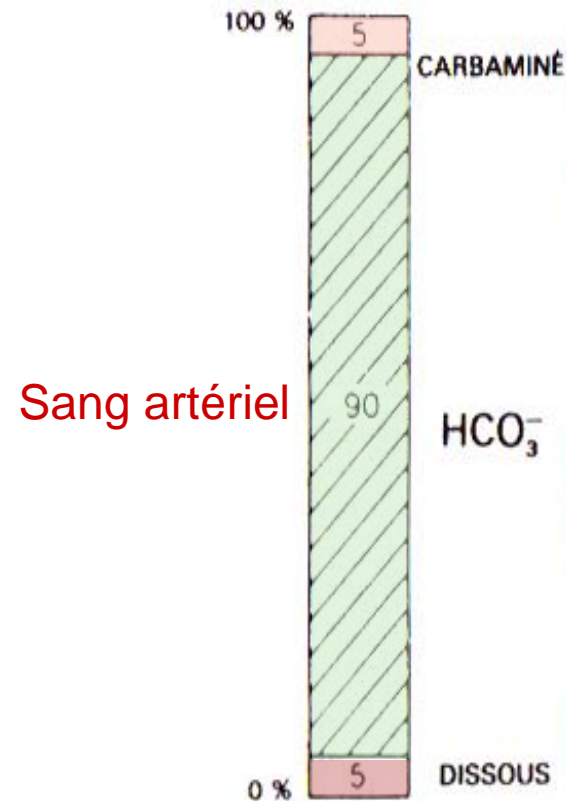
Transport de l'oxygène

- Baisse de l'affinité de l'Hb pour l'O₂
- Le muscle à l'effort est chaud, acide et hypercapnique
- Ces conditions favorisent la libération de l'O₂ car ↓affinité de l'Hb



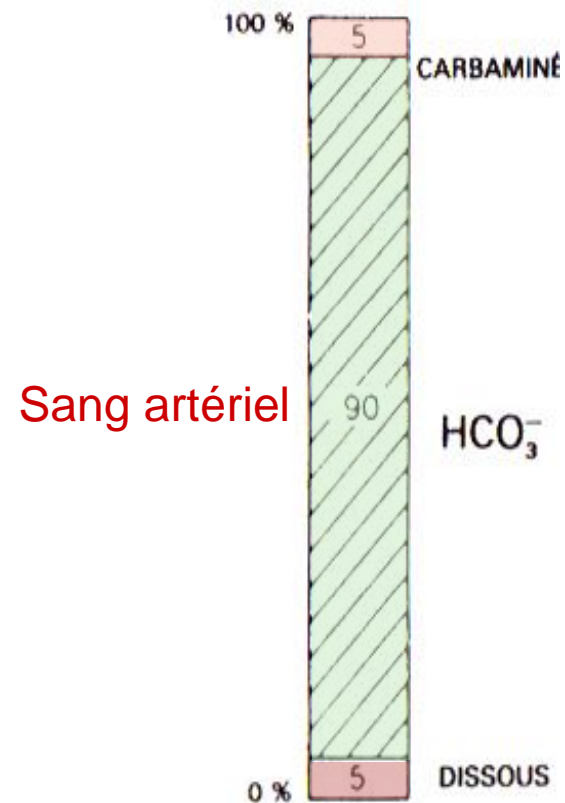
Transport du CO₂

- Le CO₂ est transporté dans le sang sous trois formes:
 - CO₂ dissous
 - À l'état de bicarbonates
 - Sous forme de composés carbaminés



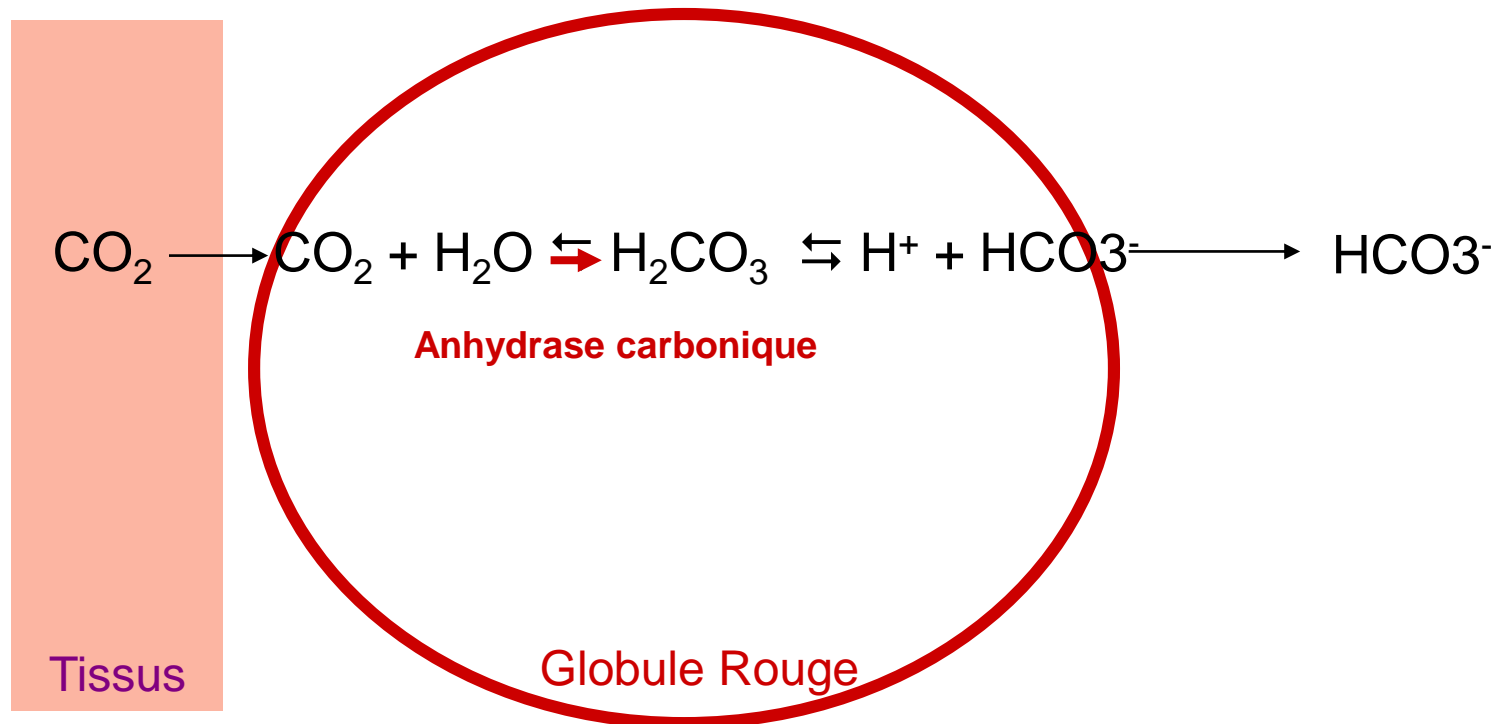
CO₂ dissous

- À la fois dans le plasma et les globules rouges
- Comme l'O₂, obéit à la loi de Henry
- Le CO₂ est 20 fois plus soluble que l'O₂:
 - Rôle significatif dans le transport
 - ~5 % du CO₂ est transporté sous forme dissoute



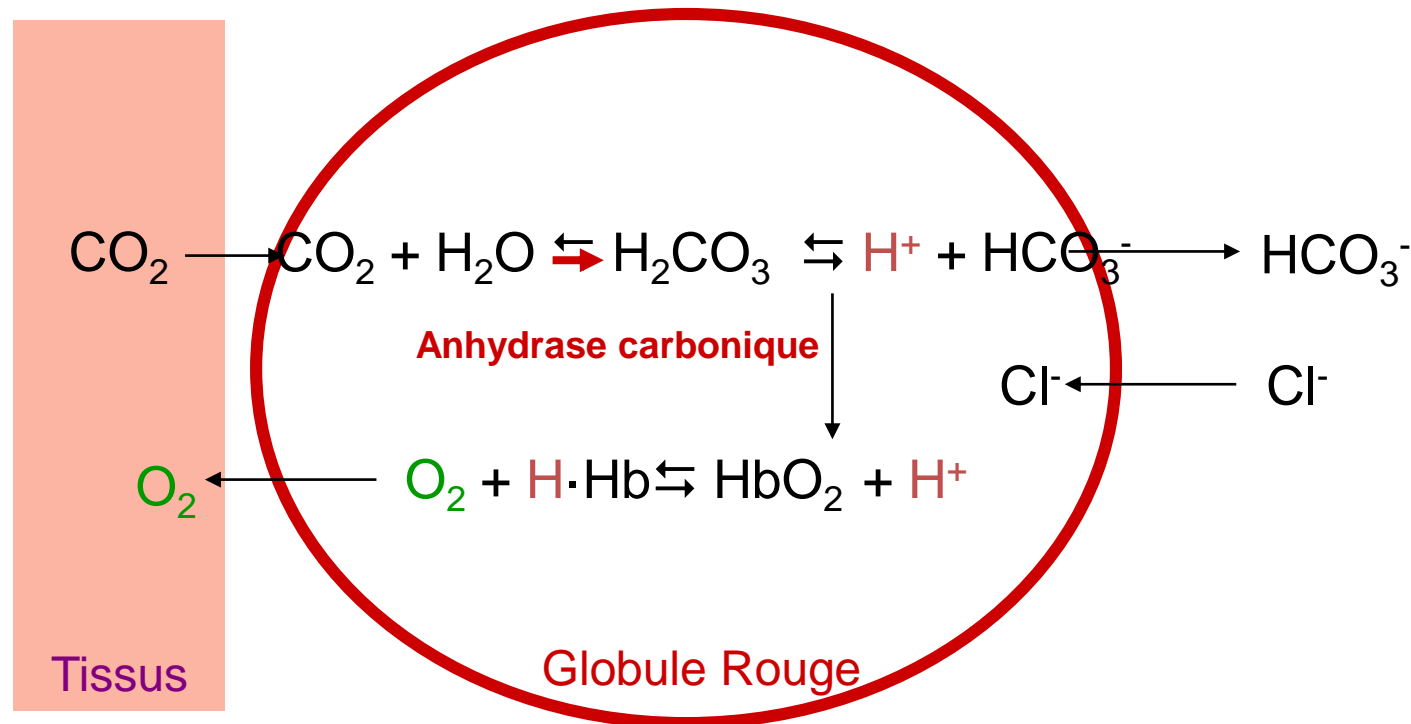
CO₂ à l'état de bicarbonates

- Le CO₂ se combine avec l'H₂O et forme l'acide carbonique:
- Cette réaction est lente dans le plasma mais rapide dans le **GR**:
anhydrase carbonique
- Le bicarbonate produit par la dissociation de l'acide carbonique diffuse en dehors du GR
- L'H⁺ est retenu par la membrane du GR



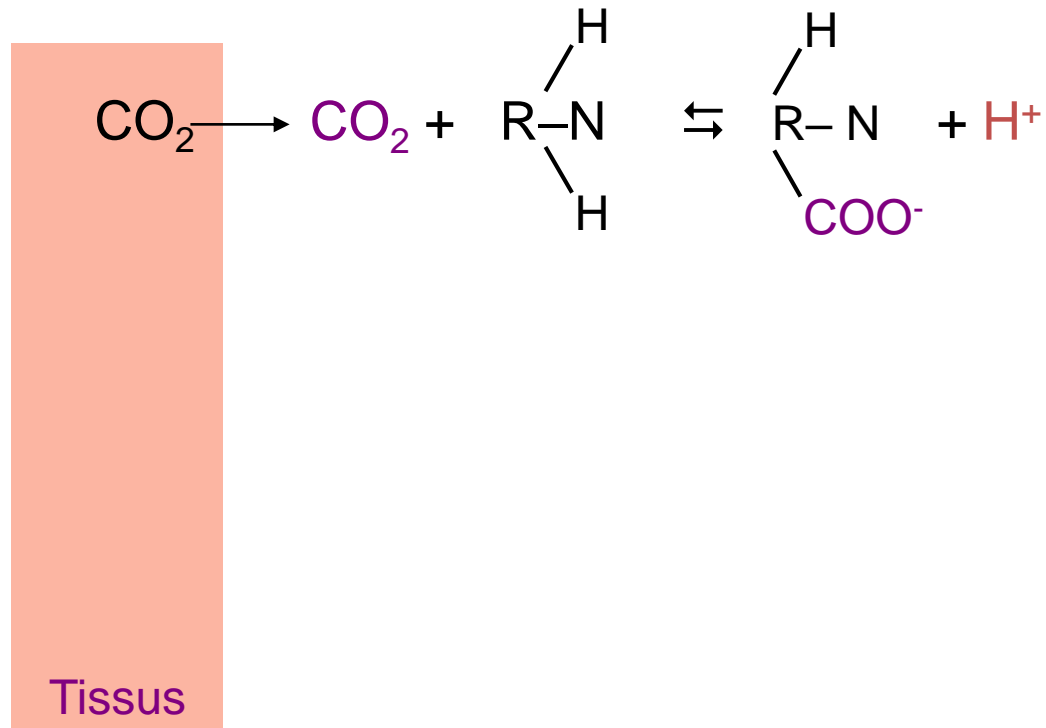
CO₂ à l'état de bicarbonates

- Une partie de l'H⁺ libéré se lie à l'Hb
- Cette réaction a lieu car l'Hb réduite a une plus grande affinité pour l'H⁺ (moins acide, accepte plus facilement un proton)
- La liaison de l'H⁺ à l'Hb diminue son affinité pour l'O₂ = *effet Bohr*



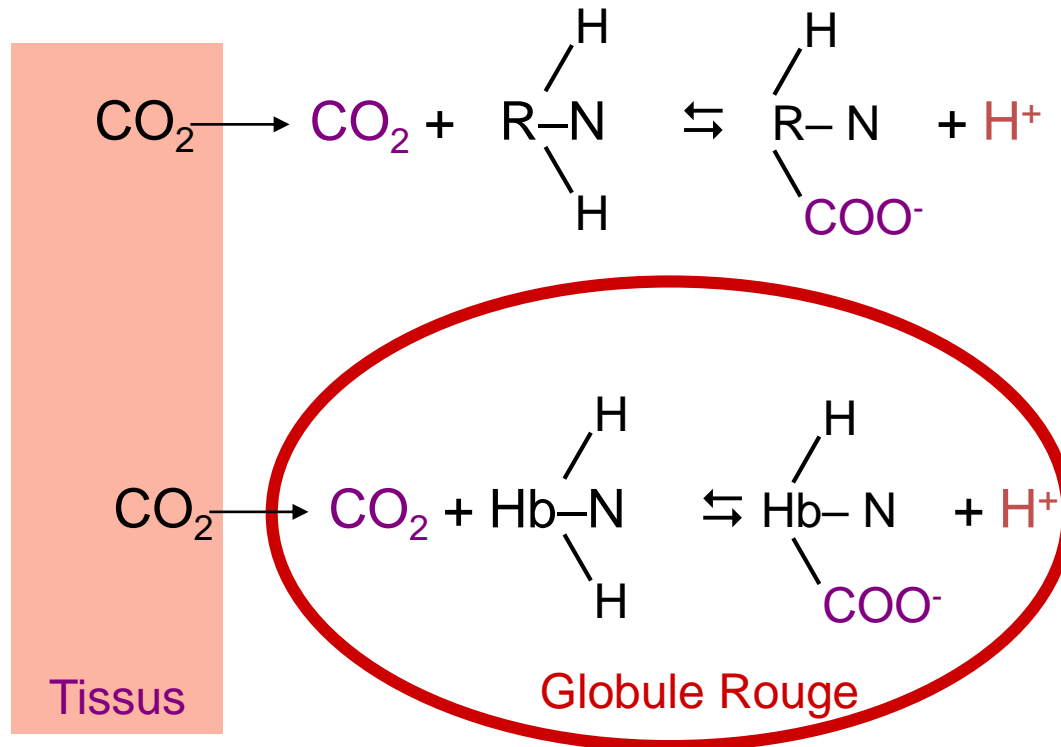
CO₂ sous forme de composés carbaminés

- Formés par la combinaison du avec les groupes amines terminaux des protéines dans le plasma ou le GR
- Réaction rapide ne nécessitant pas d'enzyme



CO₂ sous forme de composés carbaminés

- La protéine la plus abondante est la **globine** de l'Hb → **carbamino-hémoglobine**
- L'Hb réduite fixe plus de CO₂ sous forme de carbamino-Hb que l'HbO₂
- **Signification:** la libération d'O₂ par l'Hb dans les tissus facilite la captation de CO₂



Relation entre transport de CO₂ et équilibre acido-basique

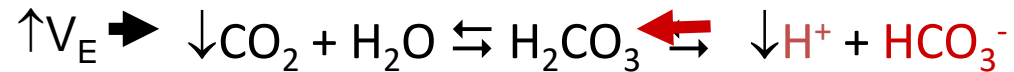
- La **réaction entre le CO₂** et l'eau produit le système tampon le plus important de l'organisme: bicarbonate/acide carbonique



- Rappel: les systèmes tampons résistent aux variations du pH des liquides organiques :
 - En libérant des ions H⁺ (en agissant comme des acides) quand ↑pH
 - En fixant les ions H⁺ (en agissant comme des bases) quand ↓pH
 - NB: pH = -log[H⁺]
- La ventilation alvéolaire agit sur la PCO₂ qui agit à son tour sur [H⁺]
 - Hyperventilation → ↑élimination de CO₂ → alcalose respiratoire
 - Hypoventilation → ↓élimination de CO₂ → acidose respiratoire

Relation entre transport de CO₂ et équilibre acido-basique

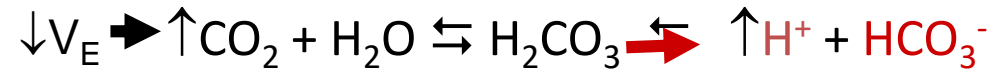
- La **réaction entre le CO₂** et l'eau produit le système tampon le plus important de l'organisme: bicarbonate/acide carbonique



- Rappel: les systèmes tampons résistent aux variations du pH des liquides organiques :
 - En libérant des ions H⁺ (en agissant comme des acides) quand \uparrow pH
 - En fixant les ions H⁺ (en agissant comme des bases) quand \downarrow pH
 - NB: $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$
- La ventilation alvéolaire agit sur la PCO₂ qui agit à son tour sur [H⁺]
 - Hyperventilation \rightarrow \uparrow élimination de CO₂ \rightarrow alcalose respiratoire
 - Hypoventilation \rightarrow \downarrow élimination de CO₂ \rightarrow acidose respiratoire

Relation entre transport de CO₂ et équilibre acido-basique

- La **réaction entre le CO₂** et l'eau produit le système tampon le plus important de l'organisme: bicarbonate/acide carbonique



- Rappel: les systèmes tampons résistent aux variations du pH des liquides organiques :
 - En libérant des ions H⁺ (en agissant comme des acides) quand ↑pH
 - En fixant les ions H⁺ (en agissant comme des bases) quand ↓pH
 - NB: pH = -log[H⁺]
- La ventilation alvéolaire agit sur la PCO₂ qui agit à son tour sur [H⁺]
 - Hyperventilation → ↑élimination de CO₂ → alcalose respiratoire
 - Hypoventilation → ↓élimination de CO₂ → acidose respiratoire

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées aux Instituts de Formation en Soins Infirmiers de la région Rhône-Alpes.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits dans les Instituts de Formation en Soins Infirmiers de la région Rhône-Alpes, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.