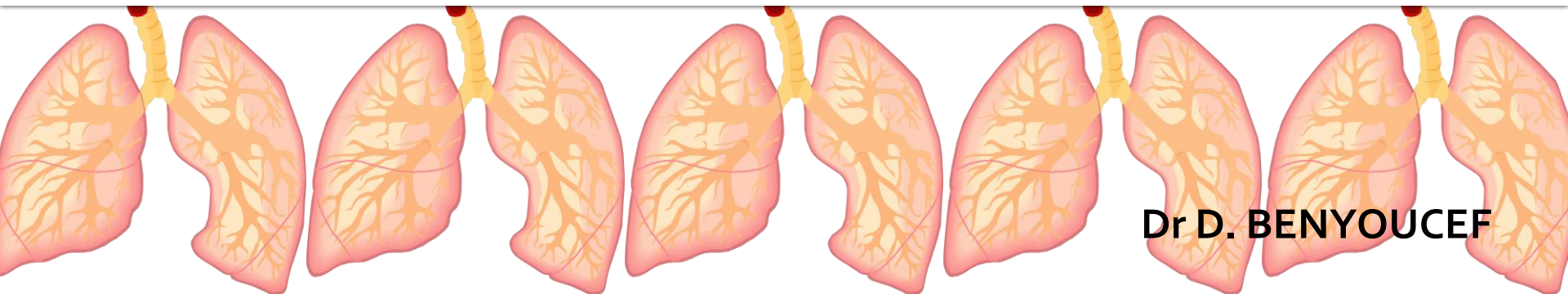


# PHYSIOLOGIE RESPIRATOIRE

## ADAPTATIONS RESPIRATOIRES



Dr D. BENYUCEF

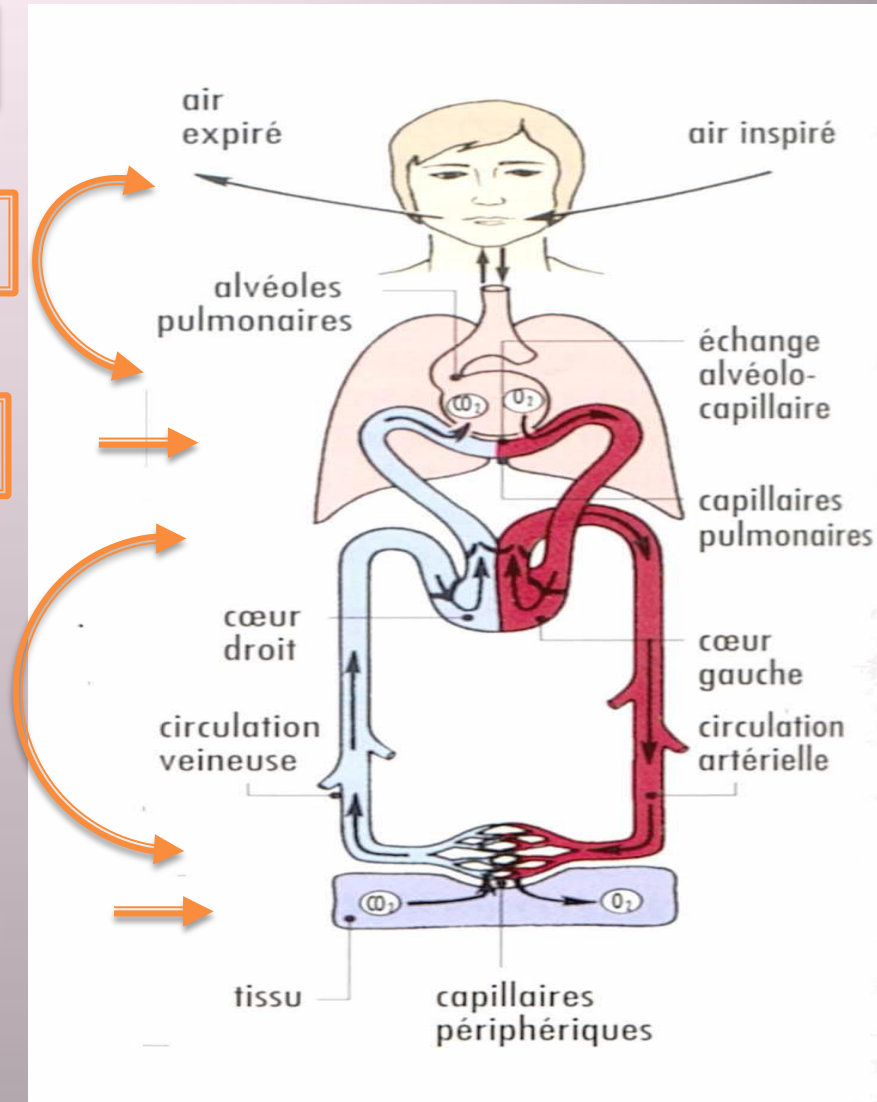
## Processus fonctionnels

Ventilation alvéolaire

Diffusion alvéolo-capillaire

Le transport des gaz

Diffusion tissulaire



# Généralités

- Rupture de l'équilibre de notre organisme = exercice.
- Défis homéostatique → réponse intégrée de différents systèmes de notre organisme.
- À l'exercice physique notre consommation d'O<sub>2</sub> ( $\dot{V}O_2$ ) peut x 20!
- Chaque étape doit s'adapter au nouveau régime métabolique.

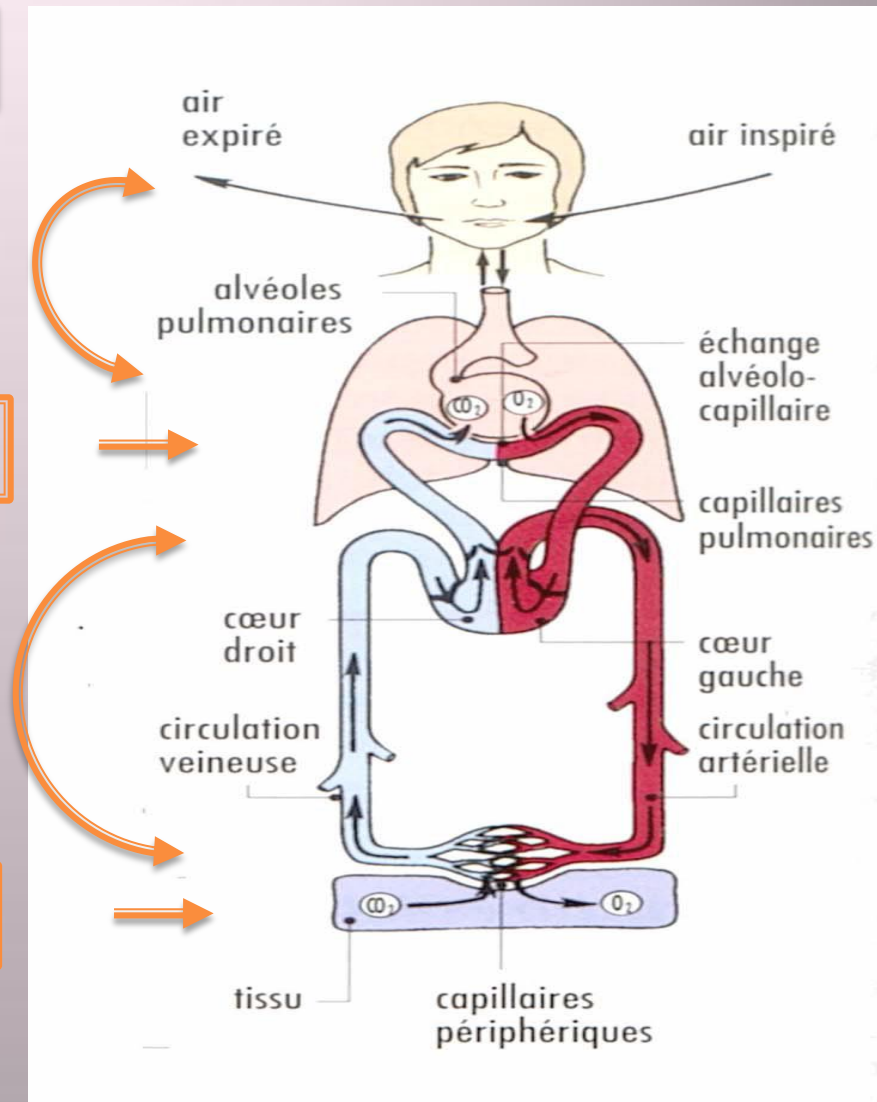
## Processus fonctionnels

$$\dot{V}O_2 = \dot{V}_I \cdot F_I O_2 - \dot{V}_E \cdot F_E O_2$$

$$\dot{V}O_2 = DLO_2 \cdot (PAO_2 - PaO_2)$$

$$\dot{V}O_2 = \dot{Q}_c \cdot (Ca O_2 - Cv O_2)$$

$$\dot{V}O_2 = D_t O_2 \cdot (P_c O_2 - P_t O_2)$$



# Adaptation ventilatoire

- Exercice modéré:

- $\uparrow \dot{V}_E$  par :

- $\uparrow V_t$

$$L' \uparrow V_t > \uparrow FR$$

- $\uparrow FR$

$$\dot{V}_A = (V_t \cdot FR) - (V_d \cdot FR)$$

$\dot{V}_A \uparrow \rightarrow$  rendement ventilatoire  $\uparrow$

- $\dot{V}O_2$  et  $\dot{V}CO_2 \parallel \dot{V}_E$

# Adaptation ventilatoire

- Exercice intense:
  - $\dot{V}O_2\text{max}$
  - $\dot{V}_E$  et  $\dot{V}CO_2 \uparrow$  // l'intensité de l'exercice  $\gg \dot{V}O_2$
- L'hyperactivité métabolique →
  - $\uparrow \dot{V}CO_2$ ,
  - acide lactique } → St° ventilation

Hyperventilation est lié à 2 composantes

- Besoin d'adaptation ventilatoire
- Besoin de régulation acidobasique.

# Adaptation de diffusion

$$\dot{V}O_2 = DLO_2 \cdot (PAO_2 - PaO_2)$$

1.  $\uparrow$  Grdt (A-a) :
  - $L' \uparrow$  métabolisme  $\rightarrow \downarrow P_v O_2$
  - $L' \uparrow \dot{V}_E \rightarrow \uparrow PA O_2$
2.  $\uparrow DLO_2: \uparrow S/e$ 
  - Recrutement
  - Distension = harmonisation  $\dot{V}/\dot{Q}$
  - $\uparrow \vec{V}$  circulation (le sang passe 3 x plus vite donc 3 fois plus!)  $\rightarrow$  triplement de la S d'échange

# Adaptation du transport

$$\dot{V}O_2 = \dot{Q}_c \cdot DAV O_2$$

$$\dot{V}O_2 = FC \cdot VES \cdot Po [Hb] \cdot (SaO_2 - SvO_2)$$

- FC, VES: pompe cardiaque
- Po, [Hb]: composition du sang
- SaO<sub>2</sub>:  $\dot{V}_E$ , DLO<sub>2</sub>
- SvO<sub>2</sub>: extraction tissulaire de l'O<sub>2</sub>

Exercice → au niveau tissulaire:

- ↓ O<sub>2</sub>, ↑ CO<sub>2</sub>, acidose, hyperthermie → ↓ affinité de l'Hb pour O<sub>2</sub> → libération d'O<sub>2</sub> → SvO<sub>2</sub> ↓



# Adaptation des échanges tissulaires

$$\dot{V}O_2 = D_t O_2 \cdot (P_c O_2 - P_t O_2)$$

- $D_t$  dépend de  $S/e$
- Libération de métabolites localement → vasodilatation locale → ↑ surface d'échange, ↓ distance de diffusion

# Hypoxie / hypoxémie

- Hypoxie:

la quantité d'oxygène délivrée aux tissus est insuffisante par rapport aux besoins cellulaires. Celle-ci peut s'accompagner d'une hypoxémie ou non.

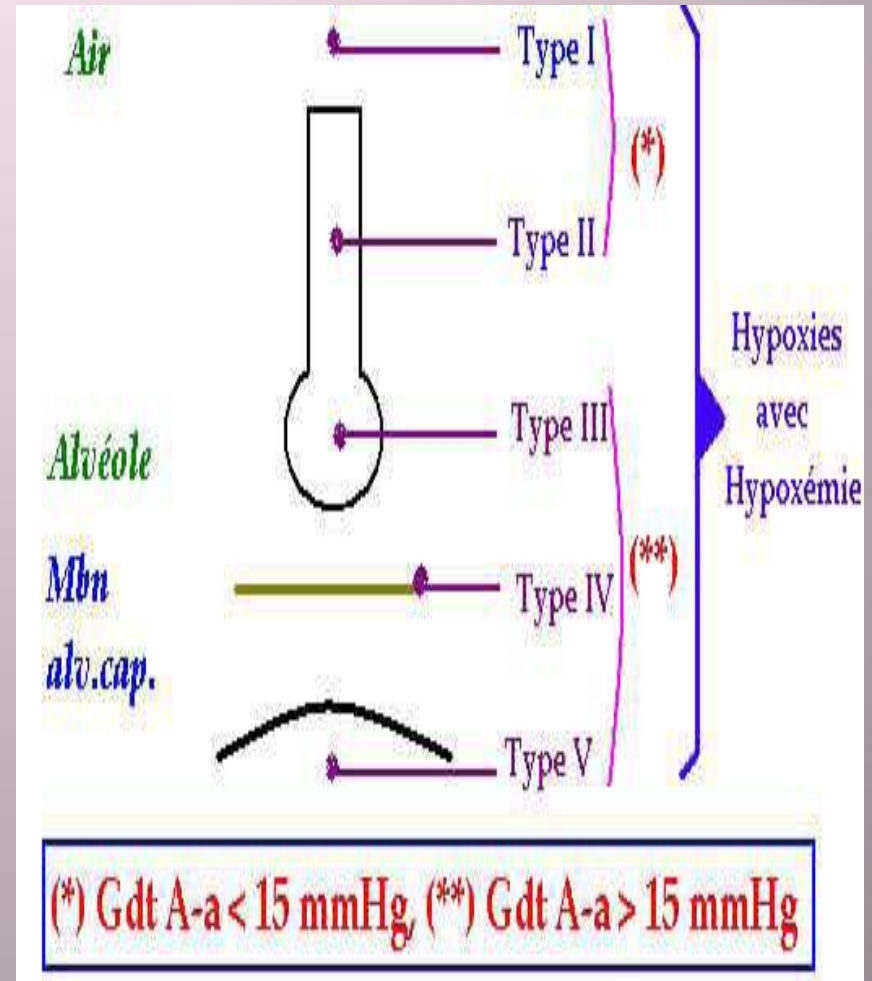
- Hypoxémie

la quantité d'oxygène transportée dans le sang est diminuée. Cela se traduit biologiquement par une baisse de la PaO<sub>2</sub> < 70 mm Hg (*Gaz du sang artériels*).

- Il existe 10 types d'hypoxies pouvant être divisés en **sous-groupes** suivant leur physiopathologie :
  - Hypoxies hypoxémiques
  - Hypoxies normoxémiques

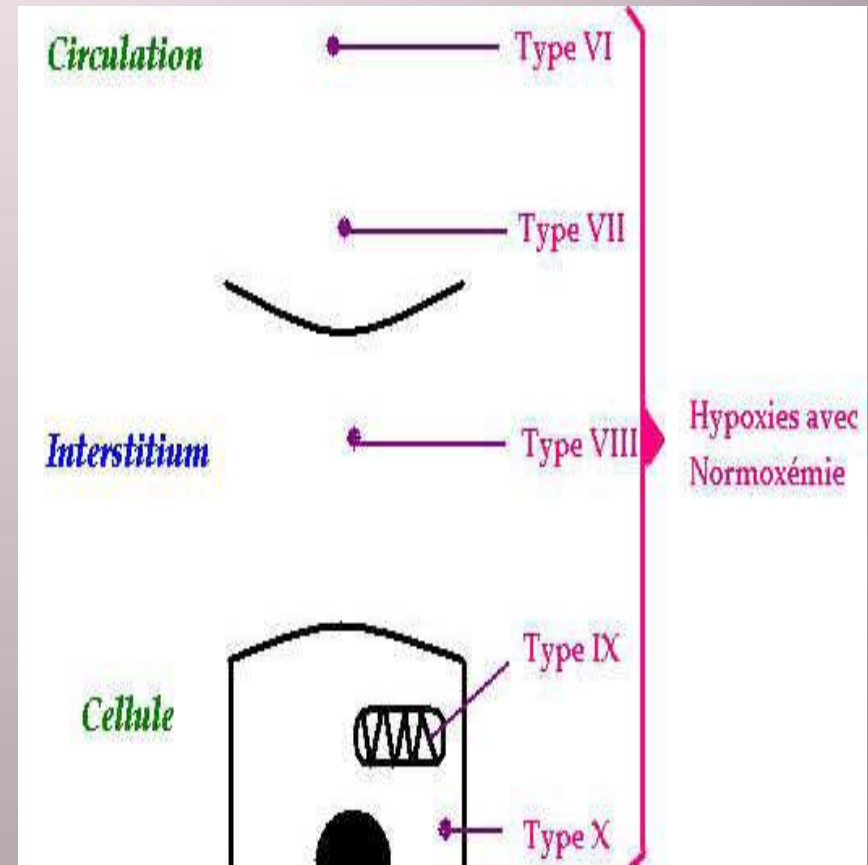
# Hypoxies hypoxémiques

- **Type I**  
Déficit en O<sub>2</sub> dans l'air inspiré  
(Ex : passage en haute altitude)
- **Type II**  
Hypoventilation alvéolaire globale  
(Ex : Crise d'asthme sévère, Altération des muscles du centre respiratoire...)
- **Type III**  
Trouble du rapport ventilation/perfusion  
(Ex : Embolie pulmonaire, pneumonie...)
- **Type IV**  
Trouble de diffusion alvéolo-capillaire  
(Ex : Œdème pulmonaire, granulomatoses, fibrose...)
- **Type V**  
Court-circuit veino-artériel (shunt droit-gauche)  
(Exemple : Cardiopathies cyanogènes)



# Hypoxies normoxémiques

- **Type VI**  
Trouble du transport de l'oxygène (Hb)  
(Ex: Anémie, drépanocytose, méthémoglobinémie, Intox. au CO)
- **Type VII**  
Insuffisances circulatoires  
(Ex : Collapsus cardiovasculaire)
- **Type VIII**  
Trouble de diffusion au niveau interstitiel  
(Ex : Œdème interstitiel)
- **Type IX**  
Hypoxie histotoxique par blocage du métabolisme cellulaire de l'O<sub>2</sub>.  
(Ex : Intoxication au cyanure)
- **Type X**  
Surconsommation cellulaire  
(Ex : Exercice musculaire intense au début avant l'adaptation physiologique)



# Le DOPAGE

- Le facteur primordial de la performance physique dans les sports d'endurance (courses de fond, ski de fond, cyclisme...) est le rendement énergétique aérobie. Il est exprimé par la consommation maximale en oxygène ou  $\text{VO}_2\text{max}$ .
- L'un des facteurs limitant de  $\text{VO}_2$  est la capacité de transport de l' $\text{O}_2$  au muscle. D'où l'idée d'améliorer la performance physique en augmentant " artificiellement " le transport d' $\text{O}_2$  par l'↑ du transporteur: Hb

# Le DOPAGE

- L'↑ de l'Hb peut être produit naturellement en effectuant un entraînement en altitude pendant 3 à 4 semaines, ou bien, de façon moins naturelle, grâce aux chambres hypoxique ou hypobares.
- Une ↑ plus rapide (et illégale) du taux d'Hb peut être obtenue par autotransfusion (ré-infusion) de 1 à 2 litres de sang total, ou 400 à 500 ml de GR prélevée qq semaines auparavant sur l'athlète concerné.

Cette méthode est considérée comme un procédé de dopage, avec effets immédiats, initié par les athlètes scandinaves dans les années soixante. Elle reste, néanmoins, indécélable.

# Le DOPAGE

- Une autre méthode, bien plus dangereuse, consiste en l'administration d'érythropoïétine (EPO) sous forme d'EPO recombinante rhu-EPO => ↗ masse érythrocytaire et de la capacité de transport. Les effets secondaires de cette méthode sont souvent mortels => ↗ viscosité sg => ↗ risque de thrombose: IDM, AVC...
- De nouveaux médicaments, sont susceptibles d'être détournés à des fins de dopage. Il s'agit des transporteurs d'oxygène (émulsions de per fluorocarbures et solutions d'hémoglobines) et des modificateurs allostériques de l'hémoglobine, molécules permettent à cette protéine de libérer plus d'oxygène au niveau des tissus qu'elle ne le fait naturellement.