

TTR: PHYSIOLOGIE & BIOPHYSIQUE

Emma Kairet
Kairématome
Ornella Ruimy
Messody
Lucas Cauvin
Lukatak



RÉPARTITION

■ PHYSIO

- Compartiments de l'organisme
- Potentiel chimique
- Potentiel électrique
- PA neuronal
- PA cardiaque et ECG
- Equilibre acido-basique
- Dosages
- Homéostasie
- Cas cliniques commentés
- Physiologie vasculaire

■ BIOPHY

- Biophy de la circulation 1&2
- Biophy des solutions 1&2
- Biophysique cardiaque
- Biophysique du pH

PLAN TTR

Compartiments

Potentiel chimique

Potentiel Electrique

Biophysique Circulatoire

Equilibre Acido-Basique

COMPARTIMENTS DE L'ORGANISME

- A) Volume de distribution d'un traceur
- B) Clairance plasmatique
- C) Débit cardiaque
- D) Volumes et débits aériens pulmonaires

A- VOLUME DE DISTRIBUTION D'UN TRACEUR

INDIVIDU STANDARD UNISEXE

Caractéristiques d'un individu standard **unisexe** : ++

Taille : 1,60 m

Poids : 70 kg

Surface corporelle : 1,73 m²

Bien retenir ces valeurs, elles nous suivront tout au long de l'année

DIFFÉRENTS MILIEUX DU CORPS HUMAIN

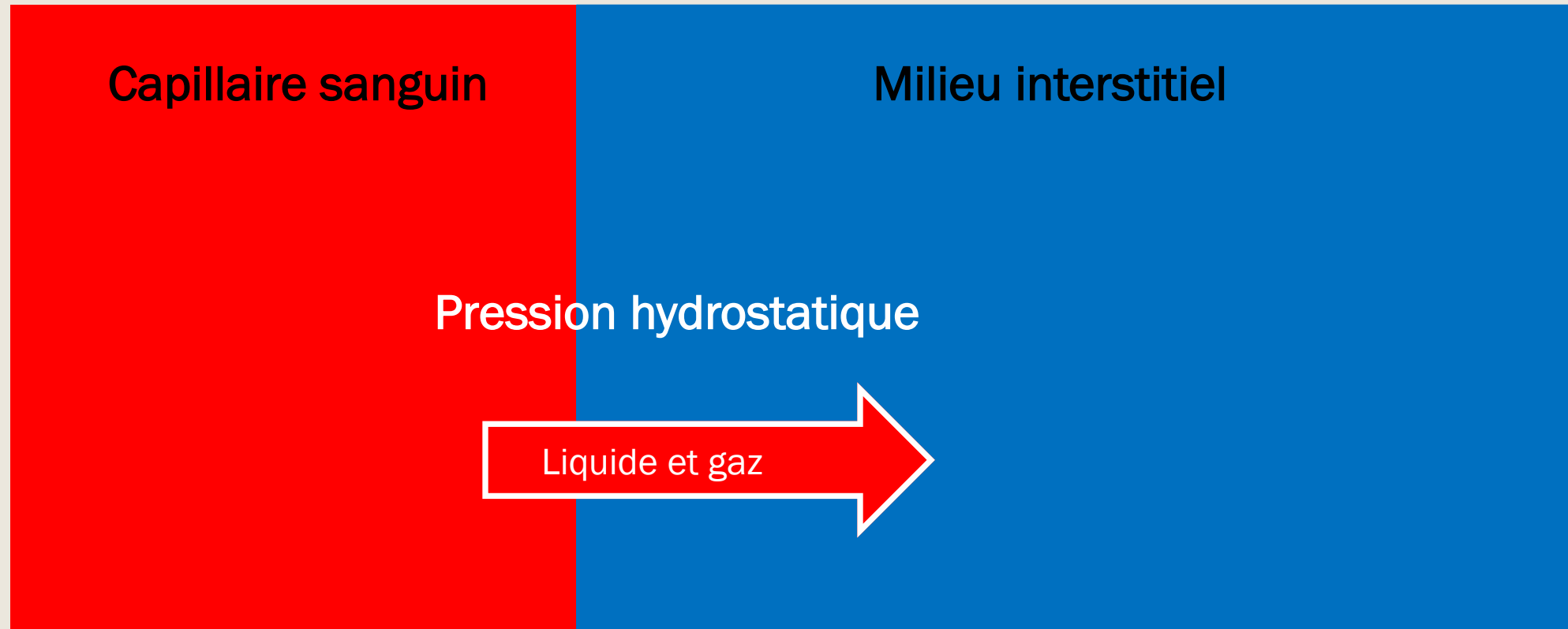
- **Milieu hydrique intérieur = Milieu extracellulaire**
ensemble du sang et du liquide interstitiel qui circule autour des différents organes
- **Milieu hydrique cellulaire:**
(à l'intérieur même de la cellule)
- **Milieu hydrique extérieur**
liquide dans les intestins et les reins
- **Milieu aérien extérieur**
air dans les poumons

Remarque: nous n'avons pas
accès au milieu cellulaire ! ++

PRESSION HYDROSTATIQUE

- Pression Exercée par la gravité, les muscles et les forces élastiques des tissus
- L'air et le sang circulent sous l'effet de celle-ci
- Sens: Passage de liquide et gaz de l'intérieur du vaisseau sanguin vers le milieu interstitiel

CONSÉQUENCES DE LA P HYDROSTATIQUE



VOLUMES DE DISTRIBUTION

→ On peut MESURER certains volumes grâce à des traceurs :

- Volume extracellulaire
 - Volume d'eau totale
 - Volume plasmatique
 - Volume pulmonaire

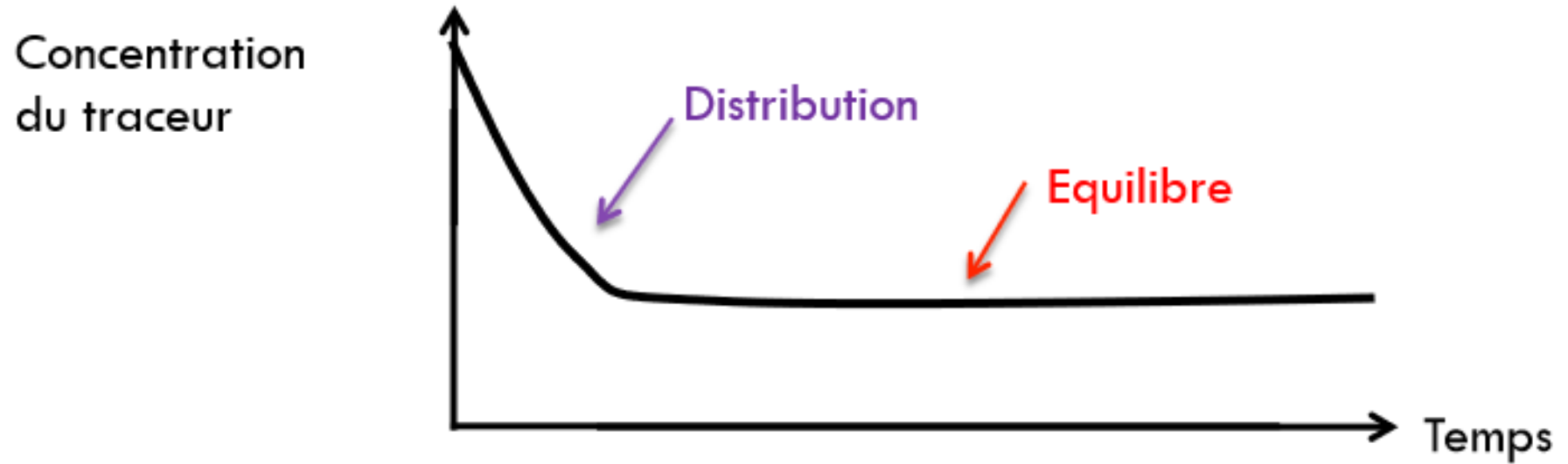
Remarque : le volume cellulaire et le volume sanguins ne sont pas mesurés mais calculés !

LES TRACEURS

2 situations pour le traceur :

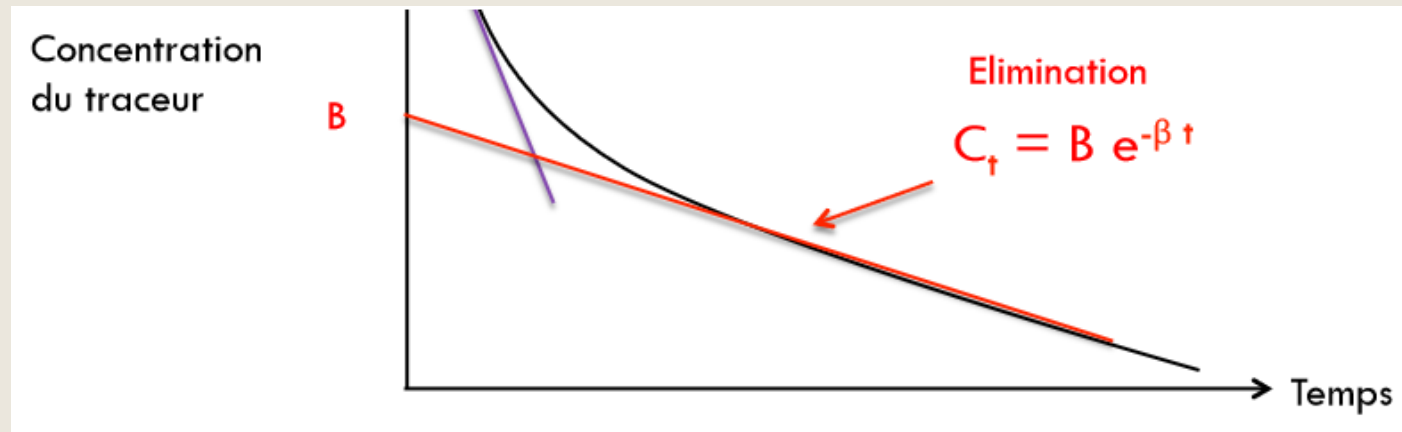
- Soit il est séquestré dans le volume de distribution
- Soit il est régulièrement éliminé

TRACEURS SÉQUESTÉRÉS



$$\text{Volume de distribution (Litre)} = \frac{\text{Quantité injectée (mole ou béquerel)}}{\text{Concentration mesurée à l'équilibre (mol/L ou Bq/L)}}$$

TRACEUR ÉLIMINÉ RÉGULIÈREMENT



On utilise la courbe d'élimination pour calculer le volume de distribution.

$$\text{Volume de distribution (litres)} = \frac{\text{Quantité injectée (mol)}}{B \text{ (mol/L)}}$$

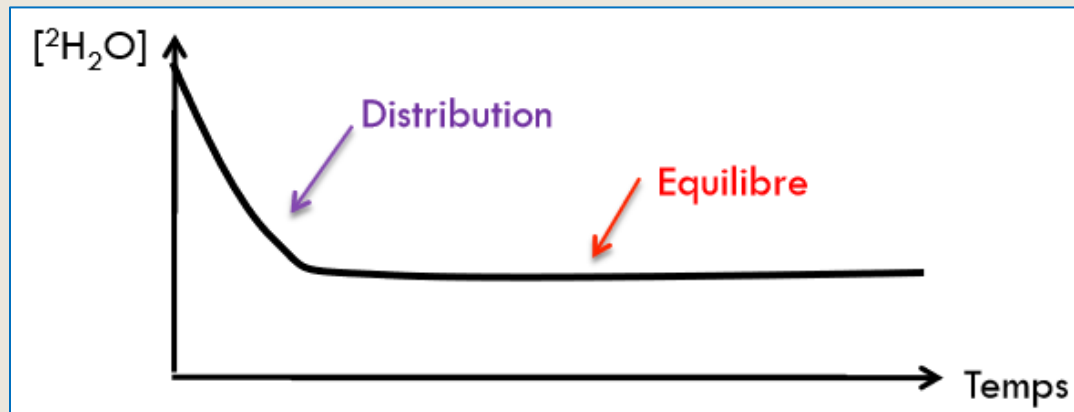
Attention ! On utilise la courbe d'élimination pour le calcul, on néglige donc la partie du traceur éliminée durant la phase de distribution -> **le volume de distribution sera donc systématiquement sous-estimé +++**

DIFFÉRENTS TRACEURS POUR CHAQUE MILIEU

Volumes mesurés	Volume d'eau totale	Volume plasmatique	Volume extracellulaire	Volume pulmonaire
Traceurs	$^2\text{H}_2\text{O}$ (= deutérium) $^3\text{H}_2\text{O}$ (= tritium)	^{125}I -albumine	^{51}Cr -EDTA Inuline	Hélium

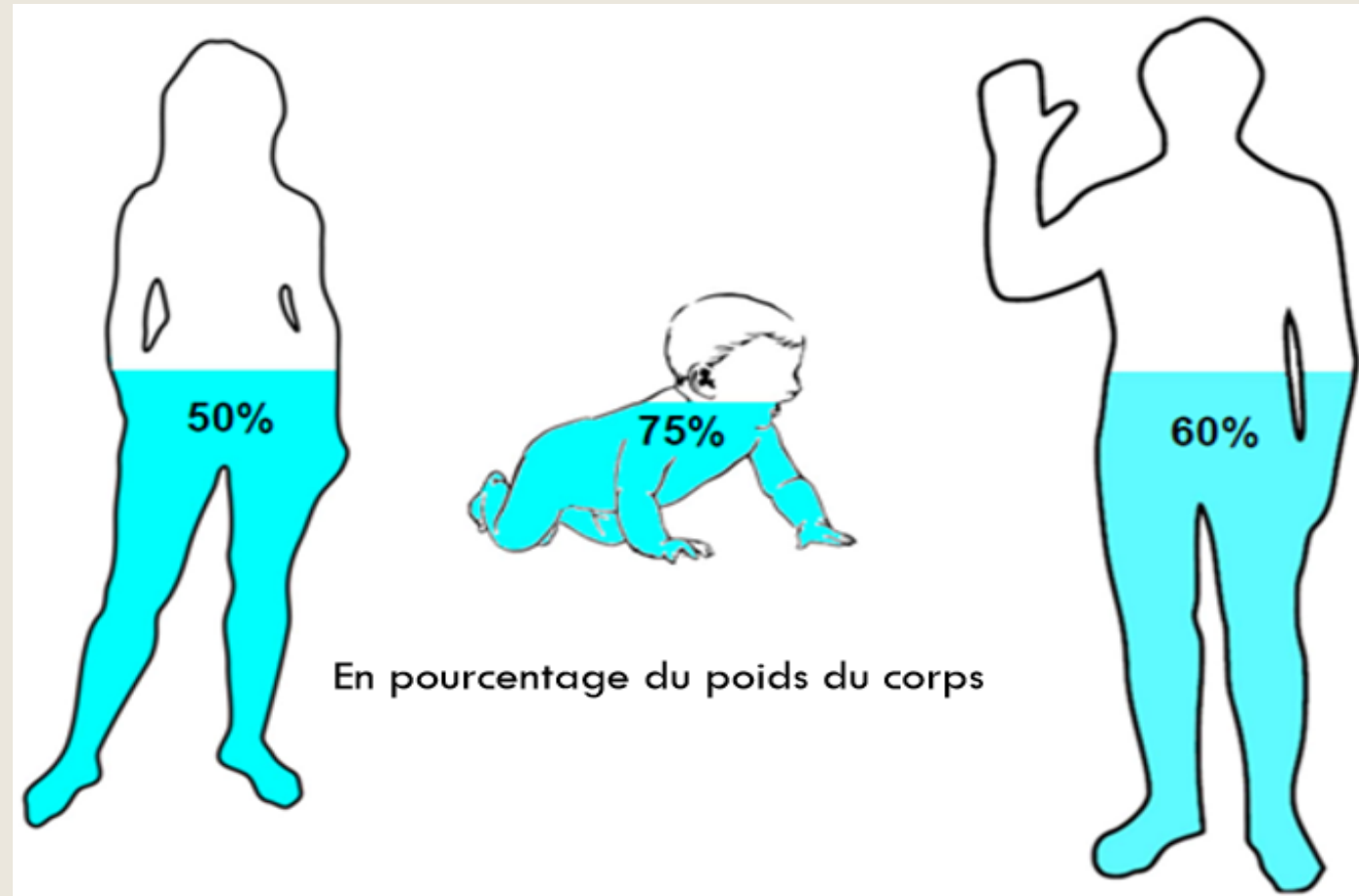
MESURE DU VOLUME D'EAU TOTALE

- Le renouvellement permanent des molécules d'eau (apports et élimination) ne fausse pas les mesures
- Le traceur est une molécule d'eau marquée avec un isotope de l'hydrogène



$$\text{Volume de distribution (litres)} = \frac{\text{Activité injectée (Bq)}}{[\text{}^2\text{H}_2\text{O}] \text{ à l'équilibre (Bq/L)}}$$

VOLUME D'EAU TOTALE

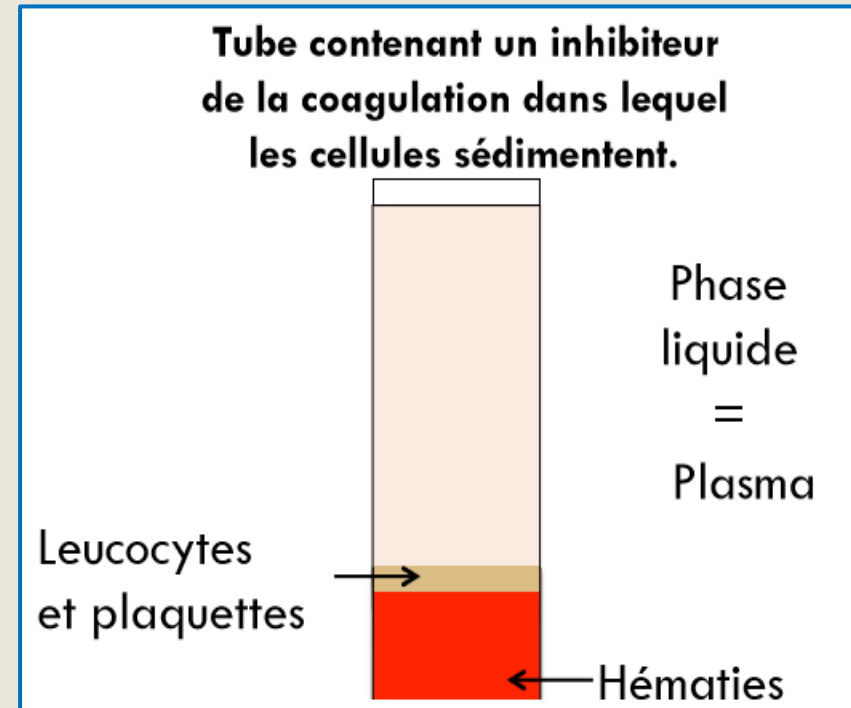
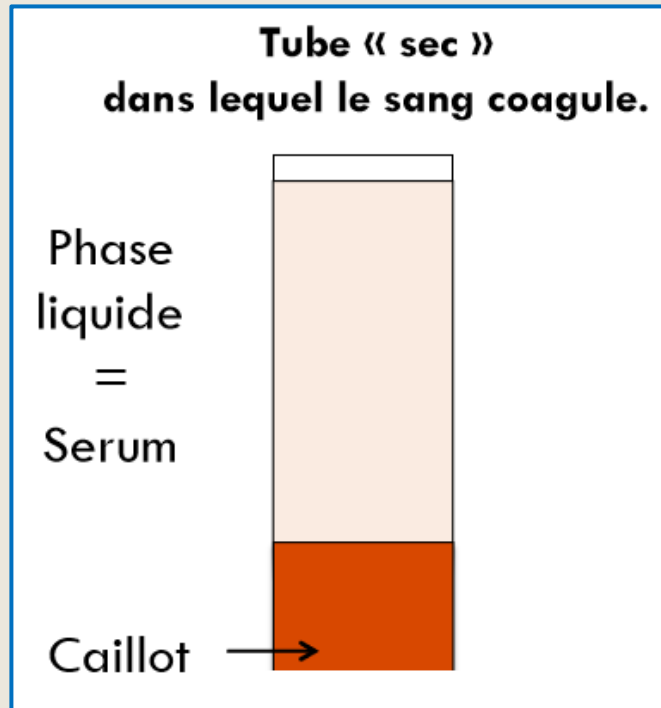


Remarque : La différence homme/femme est liée au fait que la femme a plus de tissu adipeux hydrophobe (cc l'histo <3)

VOLUME EXTRACELLULAIRE

- Se mesure avec l'EDTA, une molécule exogène
- Représente 1/3 du volume d'eau totale, le reste correspond au volume cellulaire ++
- Volume cellulaire = volume d'eau totale – volume extracellulaire ++++

LE SANG ET SA COMPOSITION



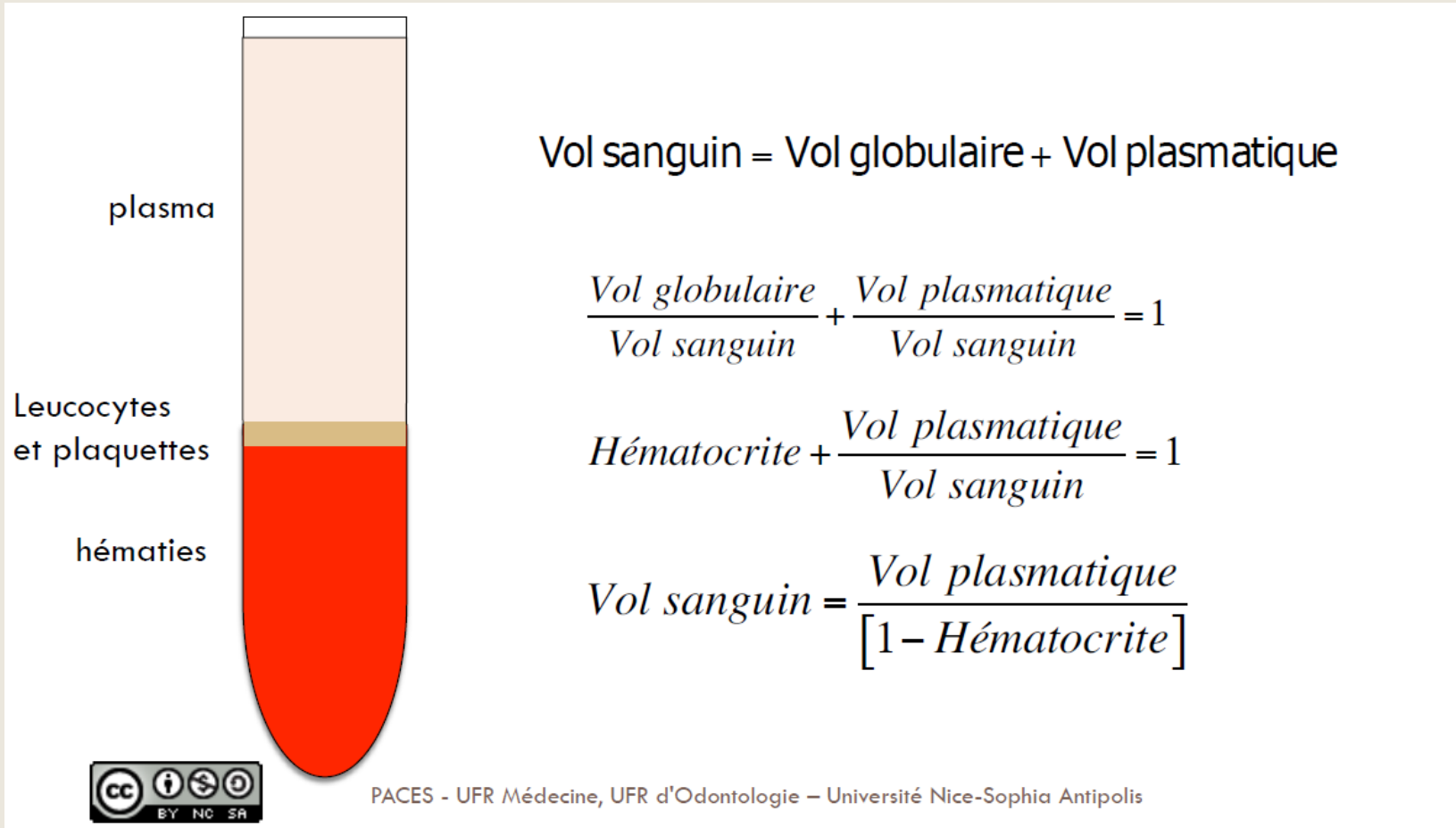
Plasma = sérum + éléments de coagulation

Hématocrite

- Mesuré dans un tube contenant un **anticoagulant**

$$\textit{Hématocrite} = \frac{\textit{Vol globulaire}}{\textit{Vol sanguin}} = 0,45$$

VOLUME SANGUIN



VOLUME PLASMATIQUE

→ Volume plasmatique = 50mL/Kg de poids corporel

Volume cellulaire	Volume extracellulaire
28 litres (2/3 du volume d'eau totale)	14 litres (1/3 du volume d'eau totale) dont 3,5 L de plasma = 50 ml/kg de poids corporel

B- CLAIRANCE PLASMATIQUE

= Volume de plasma totalement épuré d'une substance par unité de temps +++

⚠ C'est un débit d'épuration (ml/min)

* Le volume plasmatique = 50mL/kg de poids corporel

1/ CLAIRANCE RÉNALE

= Débit de filtration glomérulaire (DFG)

= Volume de plasma épuré par les reins par unité de temps

= **120 mL/min**

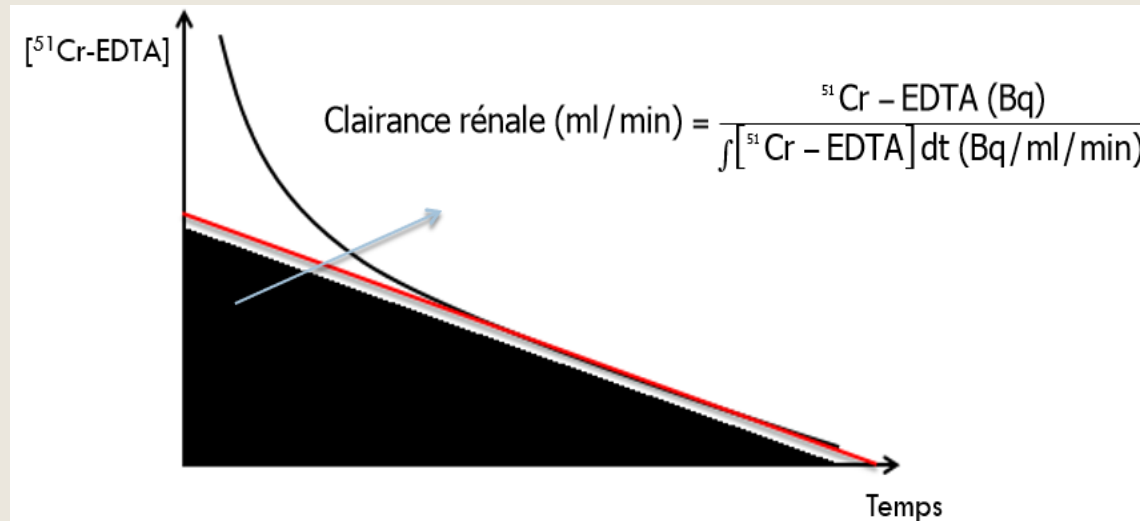
= 172,8 L/jour \approx **173 L/jour**

➤ Les reins filtrent le plasma environ **50 fois par jour** et en **réabsorbent la majeure partie.**

MESURE CLAIRANCE PLASMATIQUE RÉNALE

→ Méthode 1

- Traceur utilisé = **EDTA** (exclusivement éliminé par les reins) : molécule **exogène**
= Volume de plasma totalement épuré d'EDTA par unité de temps



$$\text{CR} = \frac{\text{qté de traceur injecté}}{\text{aire sous la courbe d'élimination}}$$

MESURE CLAIRANCE PLAMATIQUE RÉNALE

→ Méthode 2 :

- Traceur utilisé = **créatinine** (exclusivement éliminé par les reins)
- Créatinine = molécule **endogène** proportionnelle à la masse musculaire

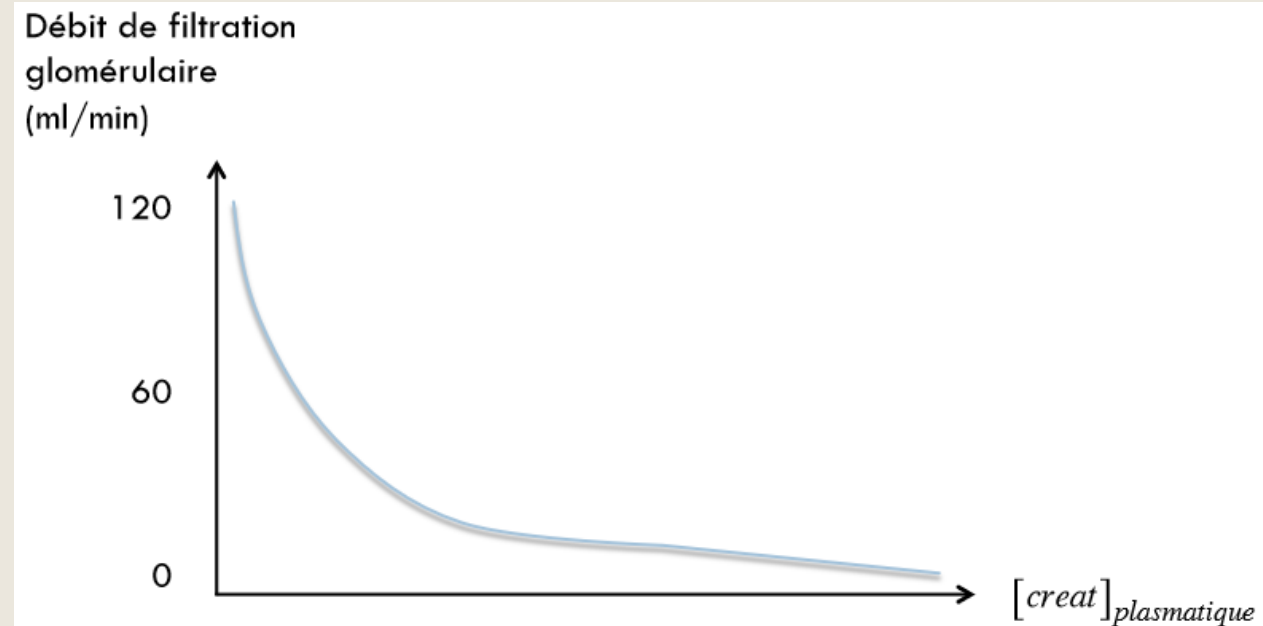
$$[creat]_{urinaire} \times \text{débit urinaire} = [creat]_{plasmatique} \times \text{Clairance}_{creat}$$

$$\text{Clairance}_{creat} = \frac{[creat]_{urinaire} \times \text{débit urinaire}}{[creat]_{plasmatique}}$$

* Le débit de créatinine urinaire est **constant** chez un individu en bonne santé. ++

CONCENTRATION PLASMATIQUE EN CRÉATININE & DÉBIT DE FILTRATION GLOMÉRULAIRE

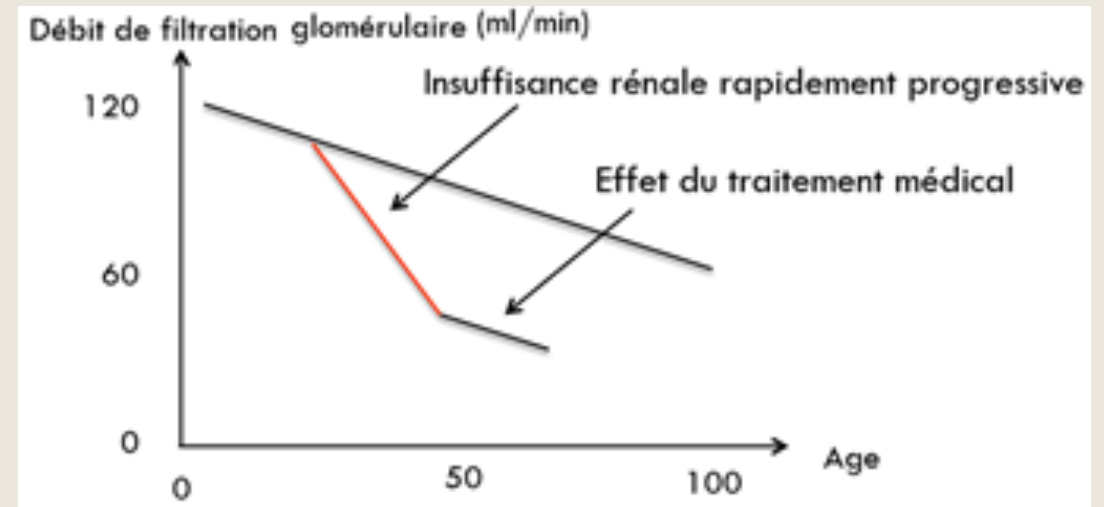
- Varie en **sens inverse**
- Relation **exponentielle**
- La créatinine est **inversement proportionnelle** au DFG :
 - + le rein filtre correctement
 - il y a de créatinine dans le sang



INSUFFISANCE RÉNALE

= **Diminution** du débit de filtration glomérulaire (DFG)

- *Diminution avec l'âge : linéaire*
- Si **maladie** -> diminution rapide du DFG



2/ CLAIRANCE PLASMATIQUE D'UN MDC

= le volume de plasma épuré du médicament par unité de temps

= un **DEBIT**

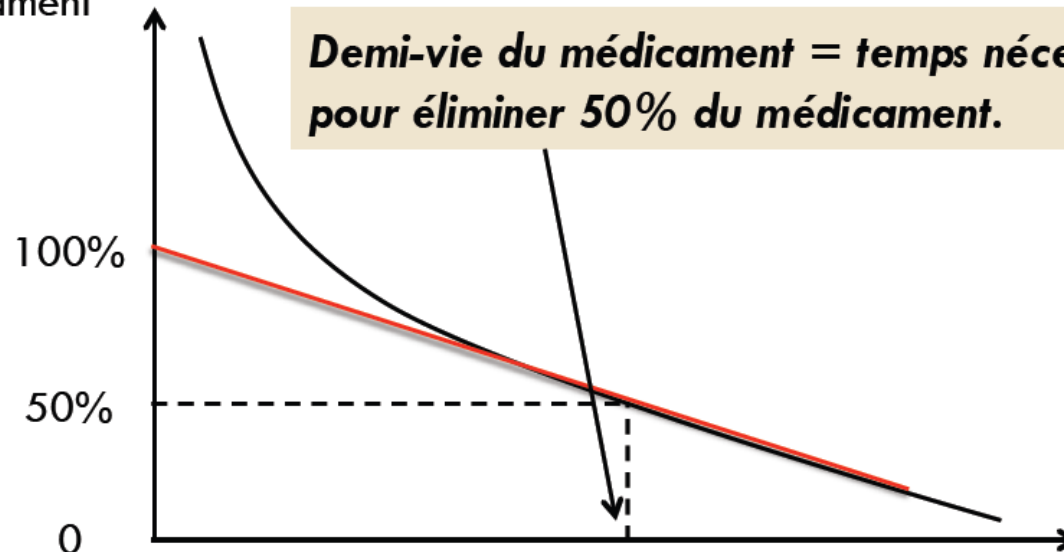
- **Posologie** d'un mdc : déterminé par le Volume de distribution
- **Demi-vie** d'un mdc : Temps nécessaire pour éliminer **50%** du mdc du plasma
- **Fréquence** d'administration : dépend de sa demi-vie

2/ CLAIRANCE PLASMATIQUE D'UN MDC

C'est le volume de plasma épuré du médicament par unité de temps.

La fréquence d'administration d'un médicament dépend de sa demi-vie plasmatique.

Concentration
du médicament



3/ CLAIRANCE SANGUINE DE L'O₂

= Volume de sang totalement épuré d'O₂ par un organe et par unité de temps

= **DEBIT**

= mesure de la consommation d'O₂ par les tissus

En conditions basales	Clairance de l'oxygène (cm ³ /min/100 g de tissu)
Cœur	7
Cerveau	3,2
Reins	5,5
Intestin et appareil digestif	3
Muscle et peau	0,15
<i>Poumons</i>	<i>- 39</i>

→ Apport d'O₂
au sang

* **Poumons** = clairance sanguine
de l'oxygène **NEGATIVE**

C- DÉBIT CARDIAQUE

→ **Systole** : contraction des fibres musculaires cardiaques

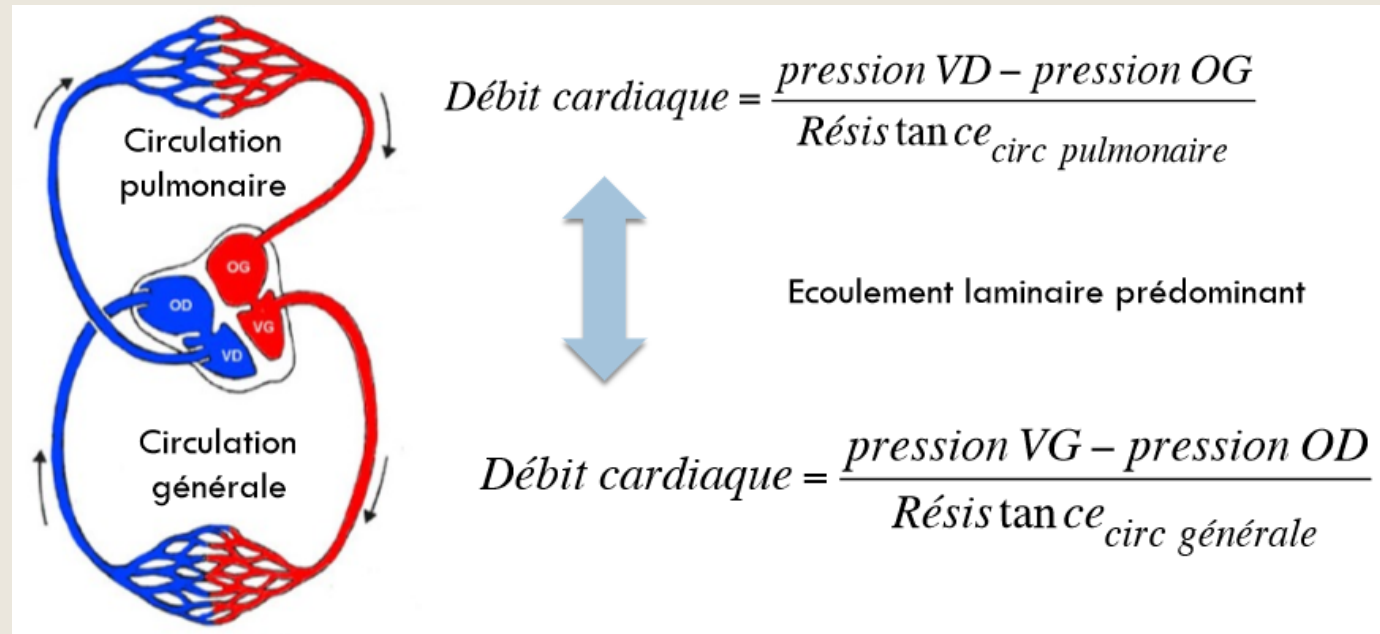
→ **Diastole** : relâchement des fibres musculaires cardiaques

Le **débit cardiaque** représente la mesure de la **quantité de sang** que le coeur expulse à chaque contraction, sur un temps donné.

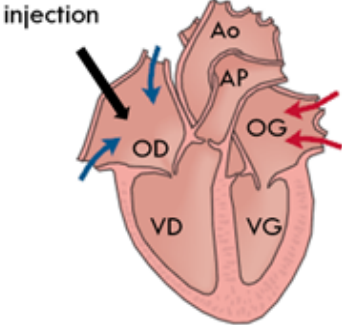
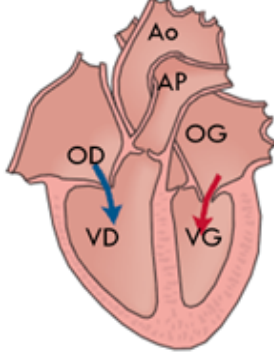
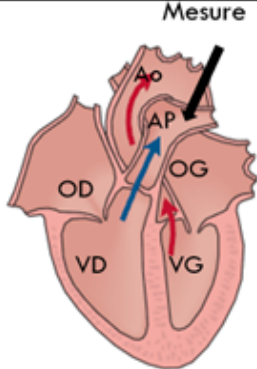
Débit sanguin = **5L/min**

Circulation générale
= **haute pression**

Circulation pulmonaire =
basse pression



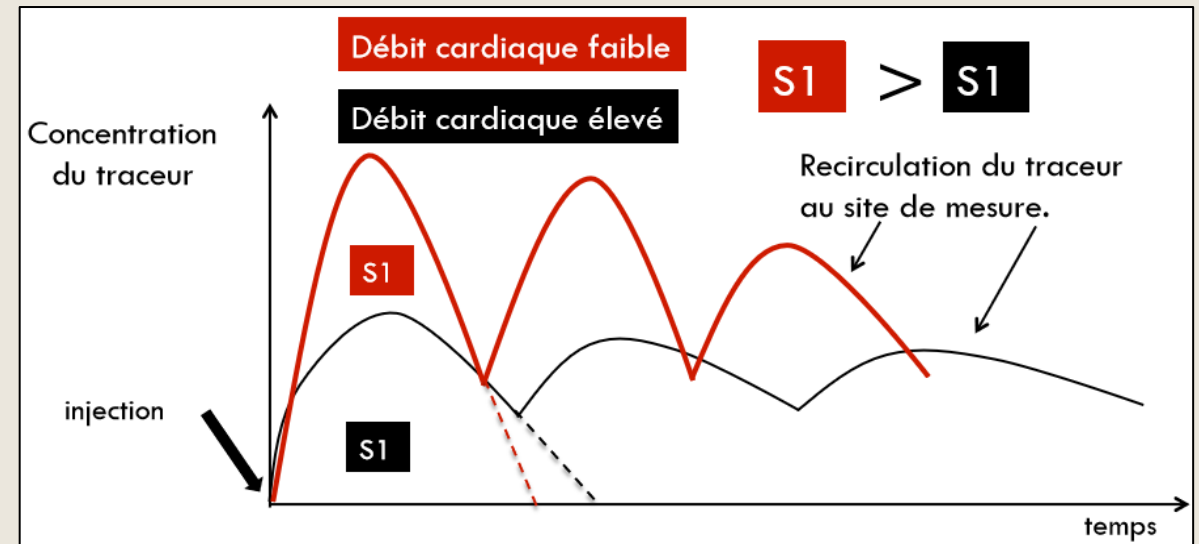
1/ MESURE DU DÉBIT CARDIAQUE PAR DILUTION

Diastole	Systole auriculaire	Systole ventriculaire
		
<p>Injection du traceur. Pas de contraction. Le sang de l'organisme reflue vers les oreillettes.</p>	<p>Contraction des oreillettes. Le traceur se dilue dans le sang de l'OD et du VD (donc dans le cœur Droit).</p>	<p>Contraction des ventricules. Evacuation du sang vers l'artère pulmonaire (et l'aorte pour le cœur gauche). Mesure de la concentration du traceur dans le sang de l'artère pulmonaire.</p>

1/ MESURE DU DÉBIT CARDIAQUE PAR DILUTION

- * **FORTE** concentration en traceur => **débit cardiaque faible**.
- * **Faible** concentration en traceur => **débit cardiaque FORT**.

La concentration du traceur au site de mesure est **inversement proportionnelle** au débit cardiaque.



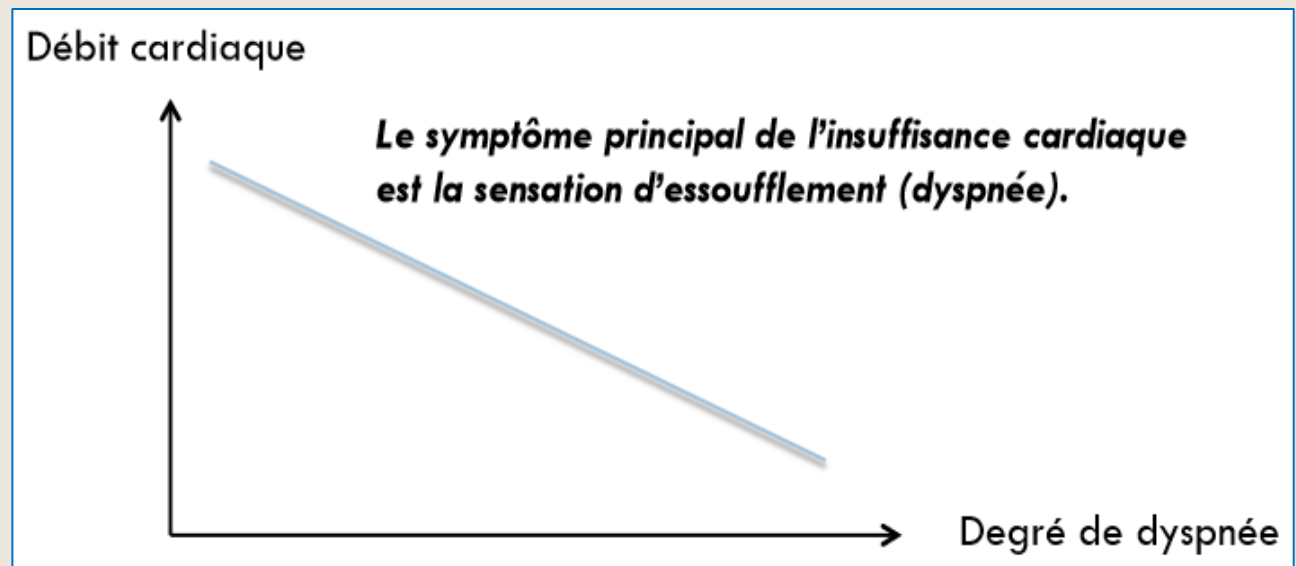
2/ INSUFFISANCE CARDIAQUE

= **baisse** du débit cardiaque entraînant une **incapacité** du cœur à **distribuer une quantité d'oxygène suffisante** aux tissus périphériques.

Dyspnée

= **symptôme principal** de l'IC

= sensation d'**essoufflement**



3/ DÉBIT SANGUIN DE CHAQUE ORGANE

→ Organes **vitaux** (cerveau, poumons, reins) : débit sanguin **constant**.

→ Autres organes : débit qui **varie selon l'activité**.

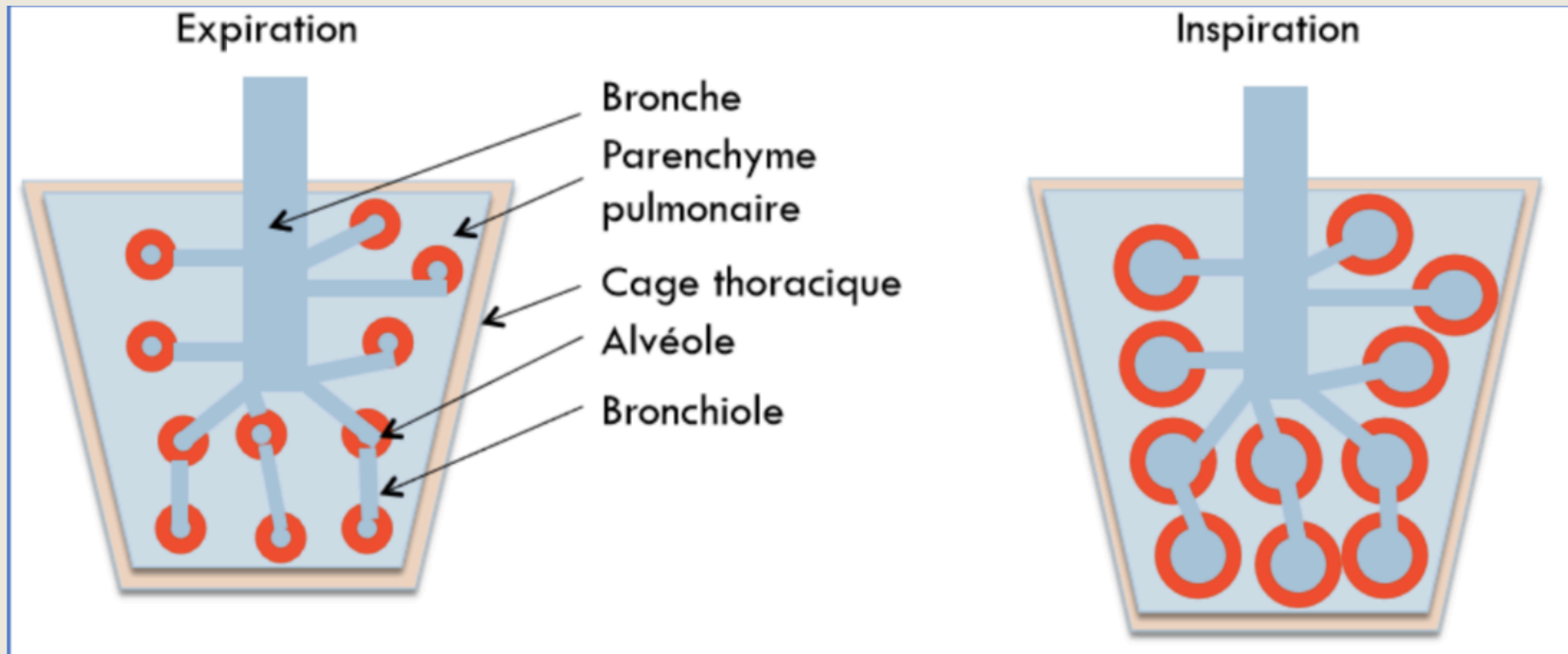
En conditions basales	% débit cardiaque	
Poumons	100 %	Débit constant
Cerveau	15 %	
Reins	20 %	
Intestin et appareil digestif	36 %	Débit variable selon l'activité
Muscle et peau	24 %	
autres	5 %	

D – VOLUMES ET DÉBITS AÉRIENS PULMONAIRES

- De l'extérieur vers l'intérieur :

Cage thoracique -> parenchyme pulmonaire -> bronches -> bronchioles -> alvéoles

- dV de la cage thoracique = dV d'air dans les alvéoles



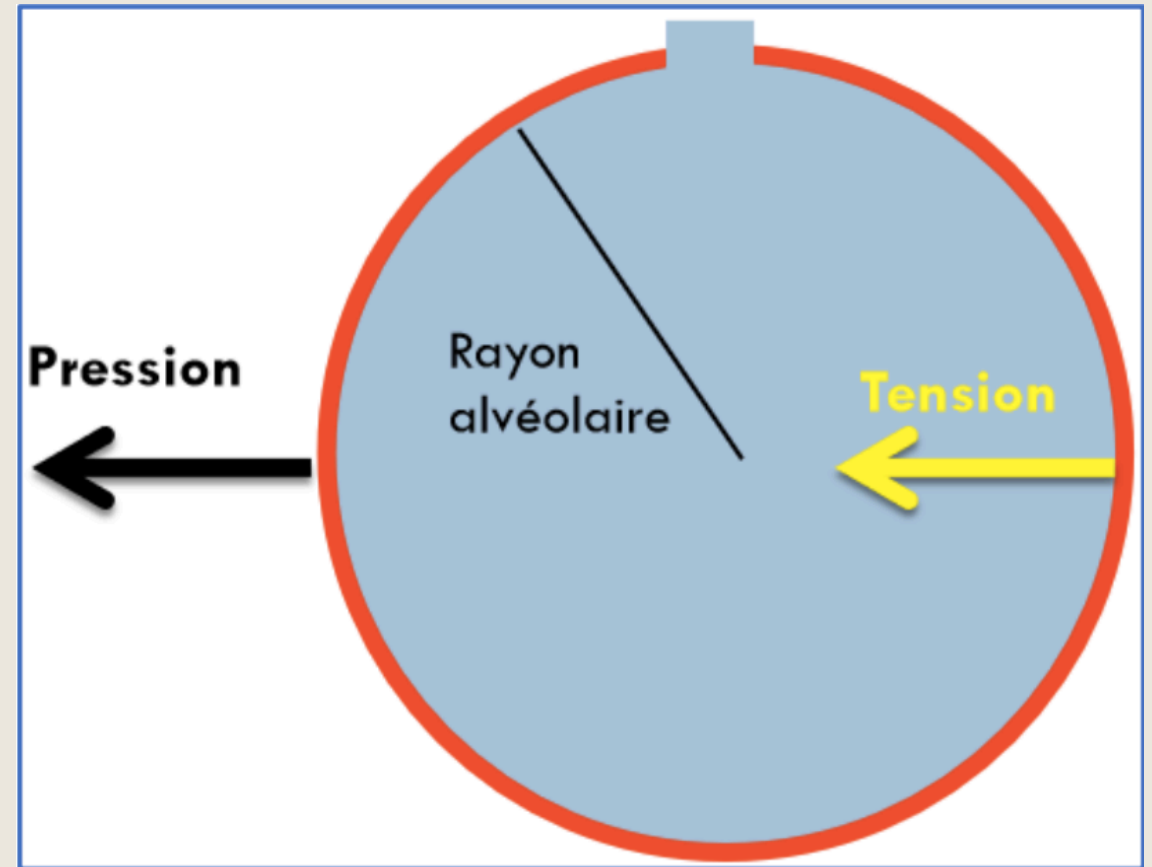
1/ RELATION P-V ALVÉOLAIRE

LOI DE LAPLACE

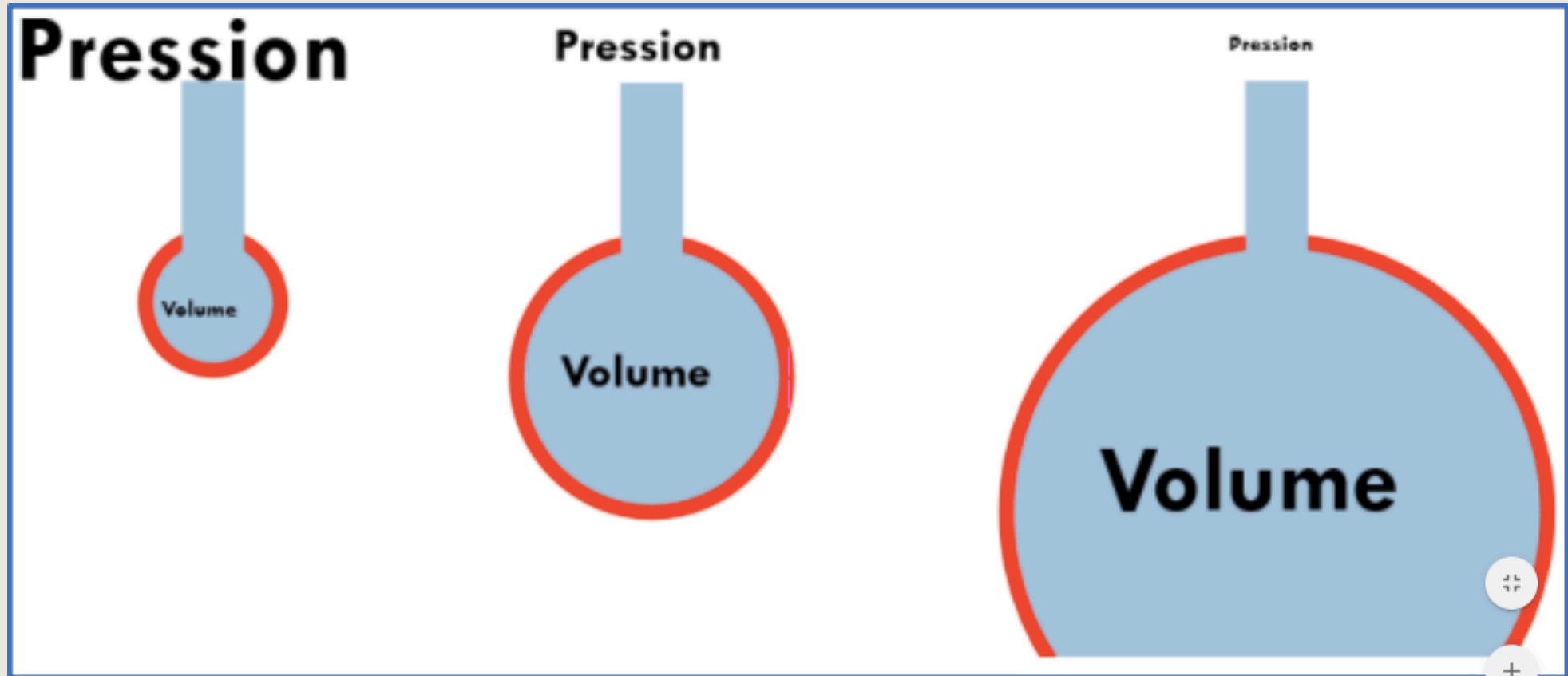
$$P = (2 \times T) / R$$

→ Légende :

- P : pression intra-alvéolaire
- T : tension de surface
- R : rayon

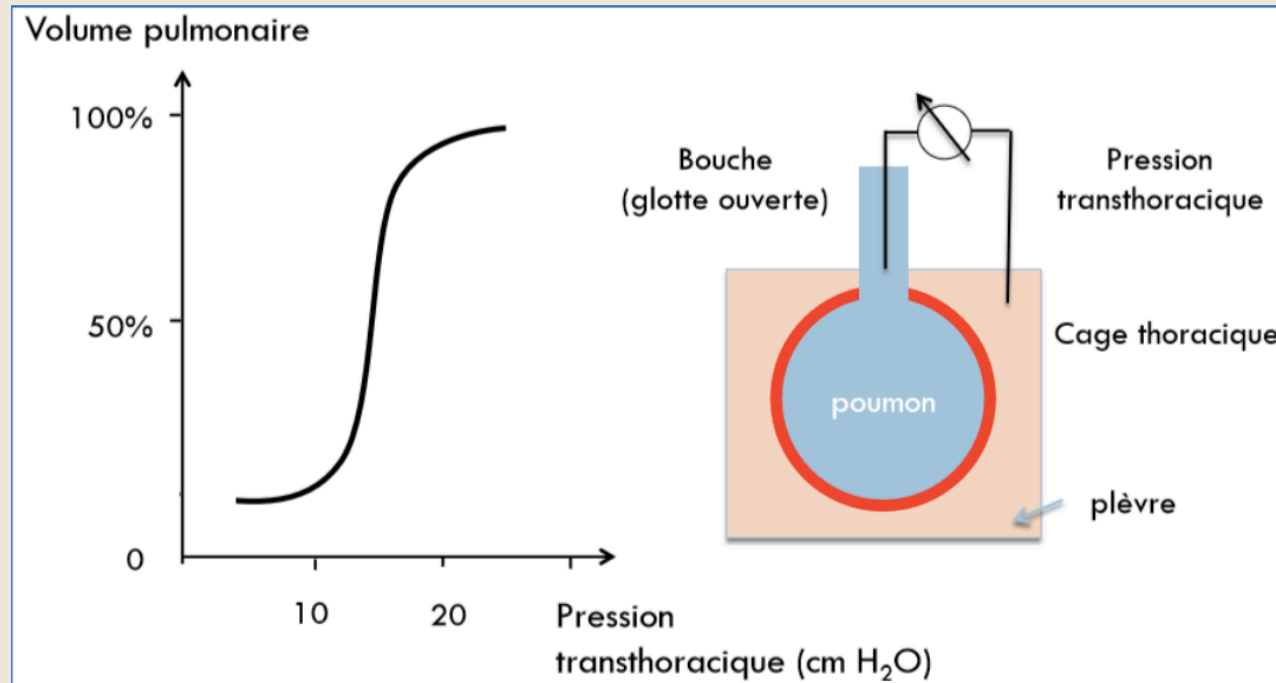


1/ RELATION P-V ALVÉOLAIRE



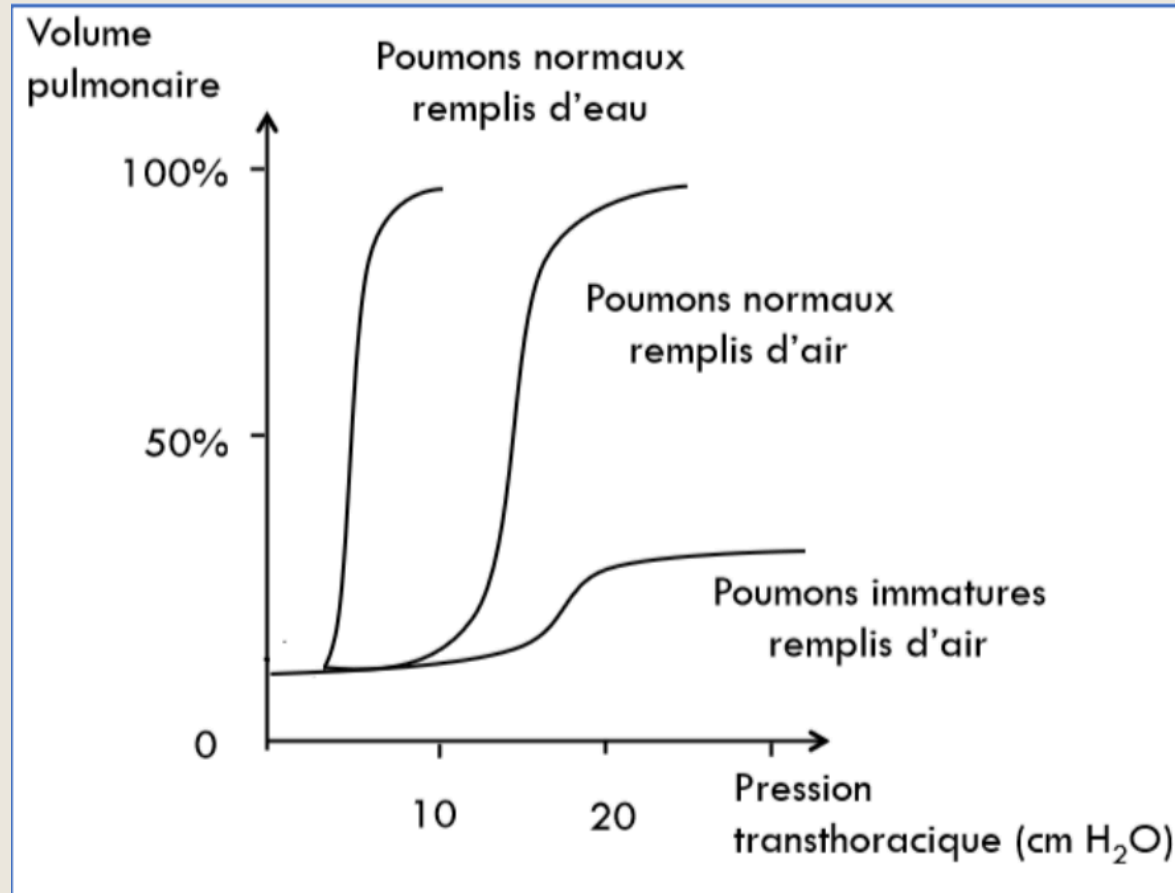
→ pas besoin de faire d'efforts : loi de Laplace ne fonctionne pas

1/ RELATION P-V ALVÉOLAIRE



- Pour avoir un grand volume **pas besoin grande variation de pression**
- Très faible fourchette pour passer de 0 à 100% de volume pulmonaire

1/ RELATION P-V ALVÉOLAIRE



- Interface remplacée par de l'eau : déplace **relation P-V** vers les basses pressions
 - **Prématurité** : relation P-V à fortes pressions → le nouveau-né a du mal à ouvrir ses alvéoles
- **Interface air-sang** responsable de l'incapacité des poumons à appliquer la loi de Laplace

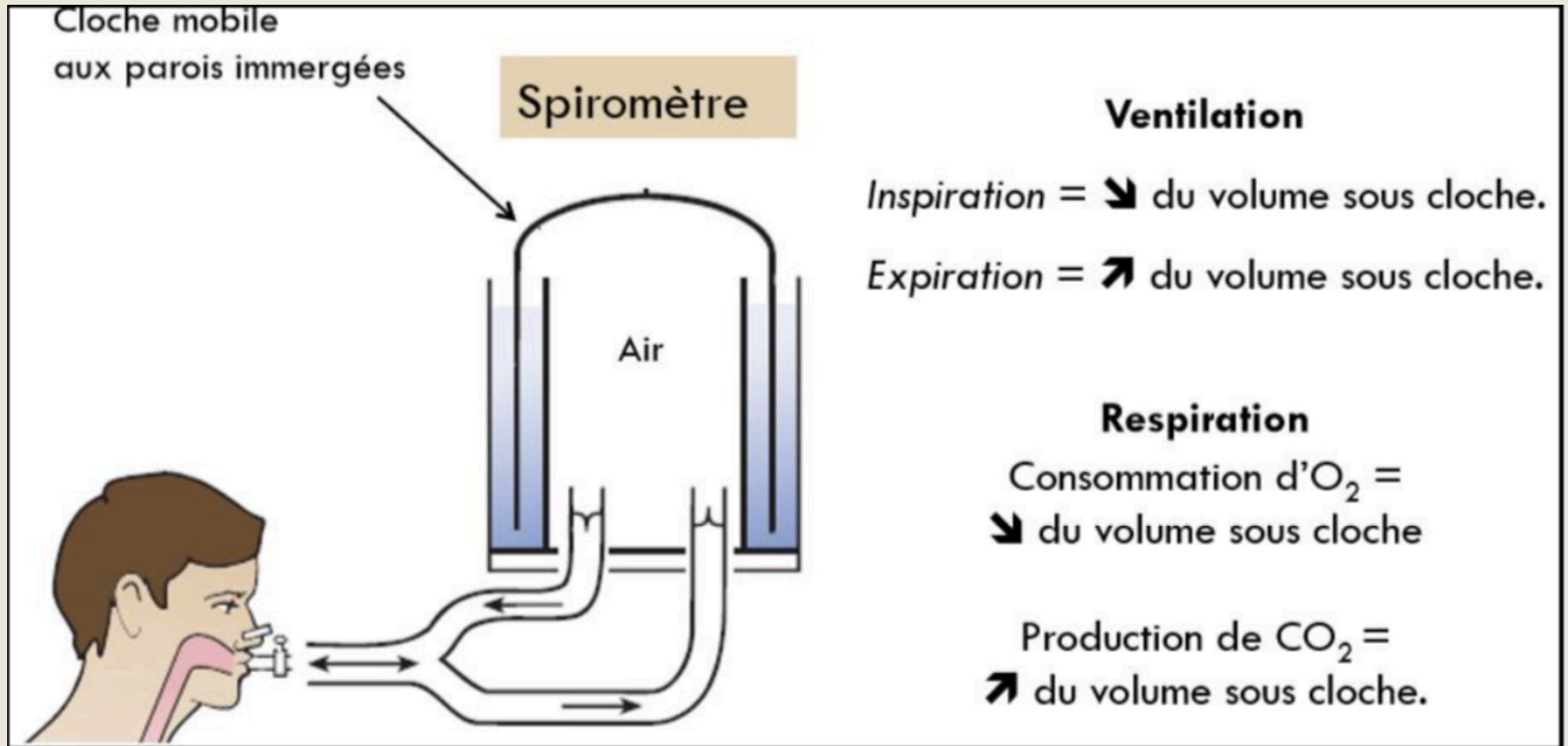
1/ RELATION P-V ALVÉOLAIRE

→ **Surfactant** :

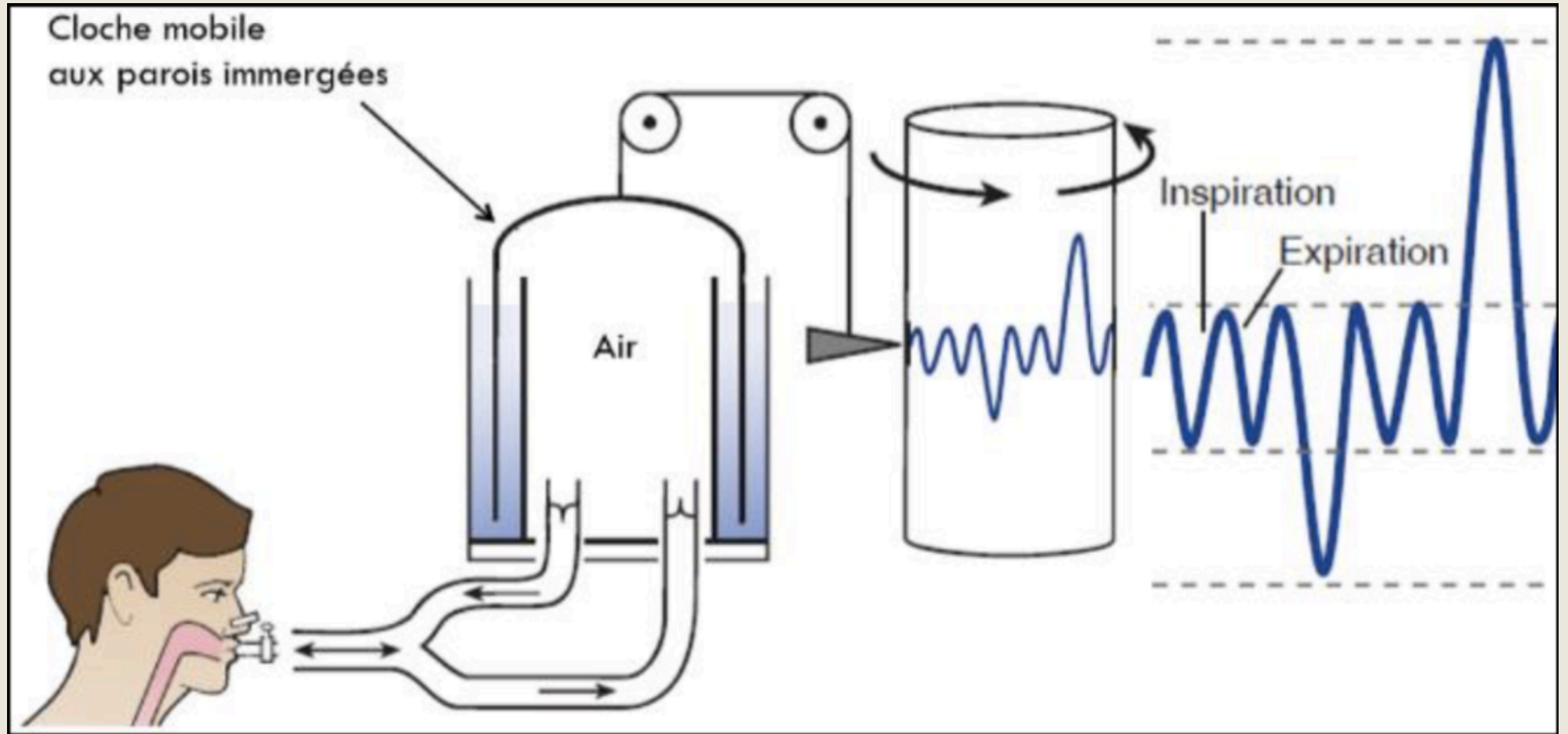
- Substance **tensio-active**
- Petites **lipoprotéines** (comme des bulles de savon)
- Couche surfactant s'affine et s'épaissit pour contrôler tension superficielle

→ Grande modification de volume sans grande modification de pression

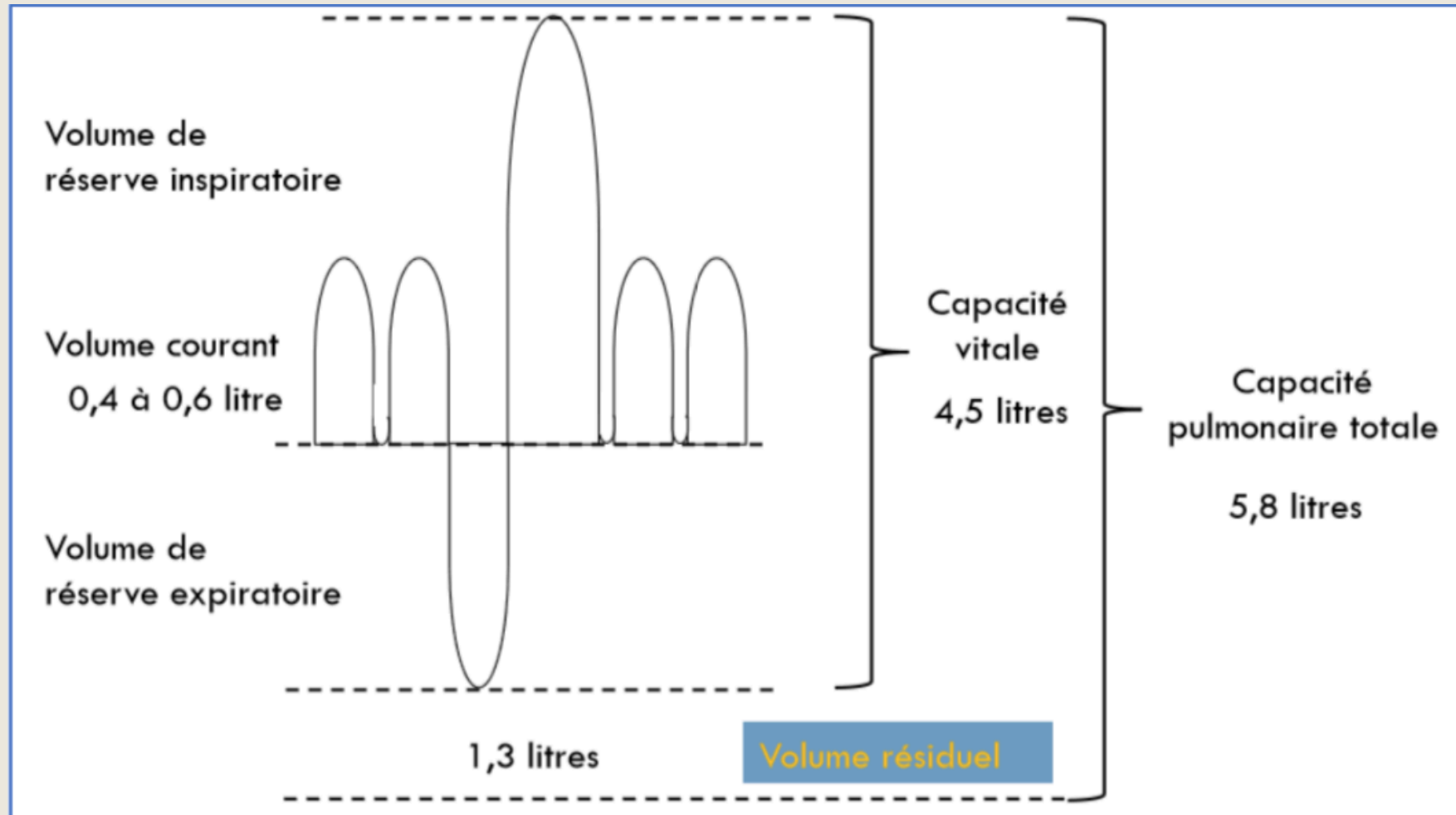
2/MESURE DES PARAMÈTRES VENTILATOIRES



2/MESURE DES PARAMÈTRES VENTILATOIRES



2/MESURE DES PARAMÈTRES VENTILATOIRES




2/MESURE DES PARAMÈTRES VENTILATOIRES

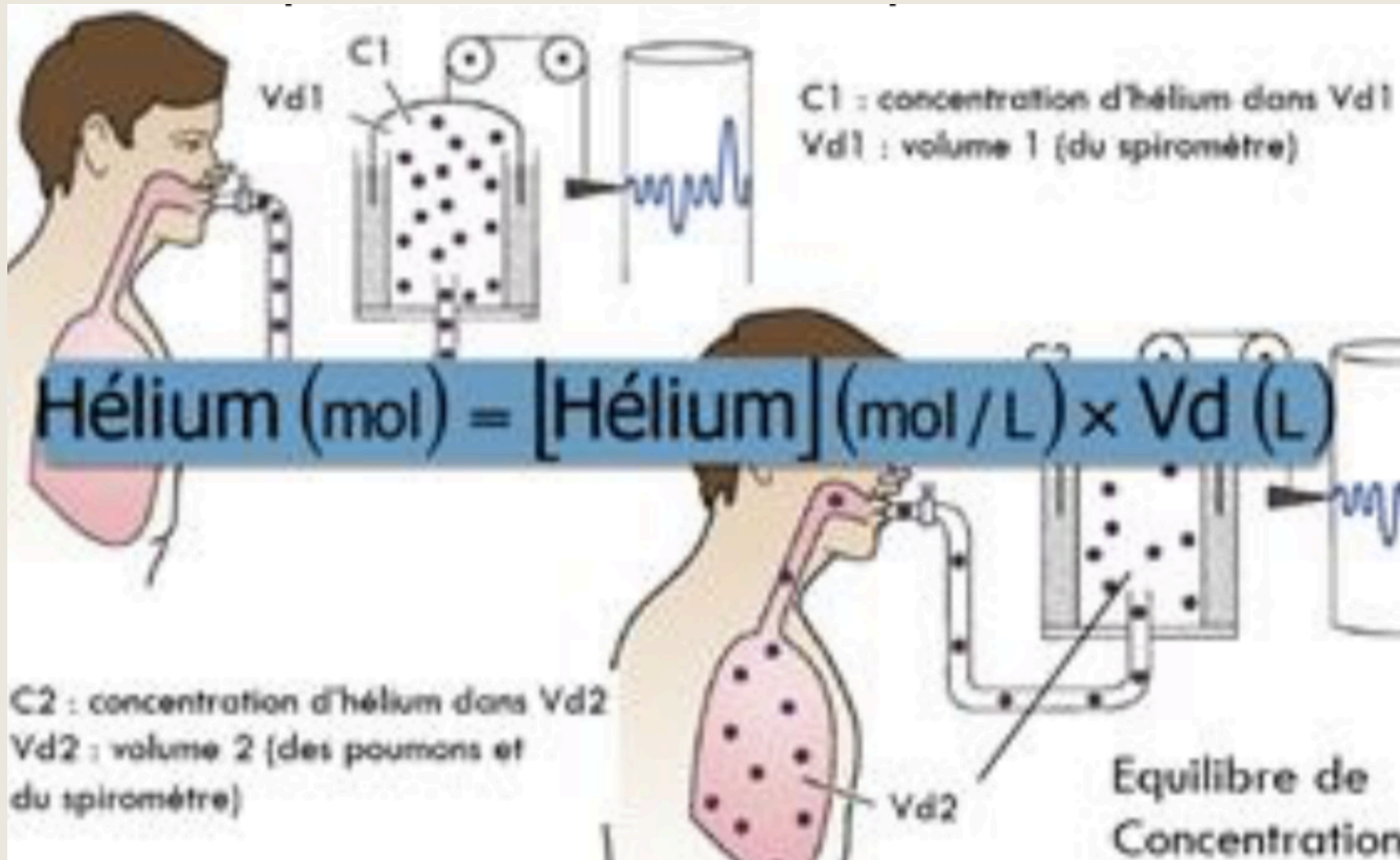
- **CAPACITÉ VITALE** : ensemble du V aérien qu'un individu est capable de mobiliser entre inspiration maximale et expiration maximale (4,5L)

$$CV = V \text{ courant} + V \text{ réserve inspiratoire} + V \text{ réserve expiratoire}$$

- **V COURANT** : V air mobilisé au repos pour le métabolisme de base (1/2 L)

-  **CAPACITÉ VITALE** = expansion des alvéoles \neq V PULMONAIRE TOTAL (comprend aussi V bronchique et trachéal = V résiduel) (5,8L)

2/MESURE DES PARAMÈTRES VENTILATOIRES



2/MESURE DES PARAMÈTRES VENTILATOIRES

V résiduel : V n'étant pas en contact avec le sang, espace mort sur le plan fonctionnel

→ **INSUFFISANCE RESPIRATOIRE** : diminution échanges gazeux entre sang et air alvéolaire secondaire à une **maladie pulmonaire**
V résiduel augmente et capacité vitale diminue → diminution des échanges gazeux

→ Symptôme principal : essoufflement = **dyspnée**

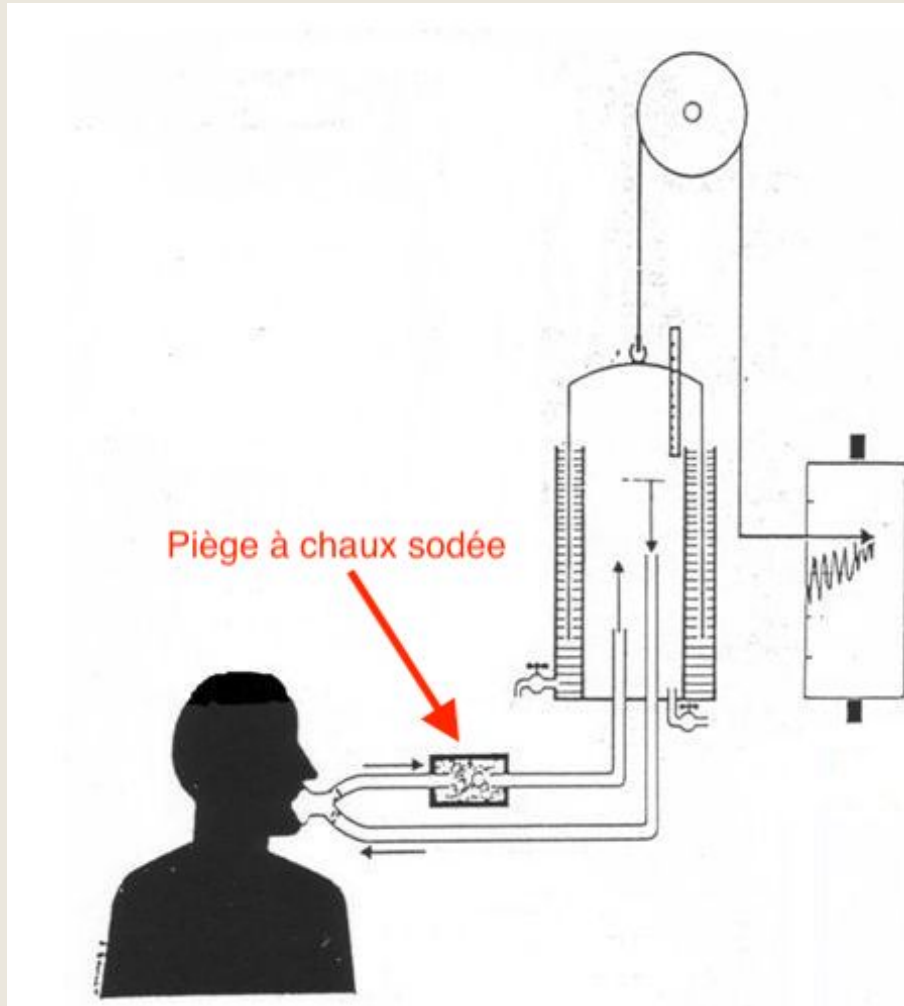
2/MESURE DES PARAMÈTRES VENTILATOIRES



Exemple de maladie
pulmonaire : l'emphysème

- Bulles noires médiastinales
et postérieures :
**emphysème/espace mort
fonctionnel**
- Espace dense gris en
antérieur : poumon sain

3/MESURE DES PARAMÈTRES RESPIRATOIRES



- Chaux sodée réagit avec le CO_2
- La variation de volume sous la cloche est proportionnelle seulement à la variation de consommation d' O_2
- V d' O_2 consommé par un individu normal avec son métabolisme de base :
250 mL/min
- V de CO_2 expiré par un individu normal avec son métabolisme de base :
200 mL/min

3/MESURE DES PARAMÈTRES RESPIRATOIRES

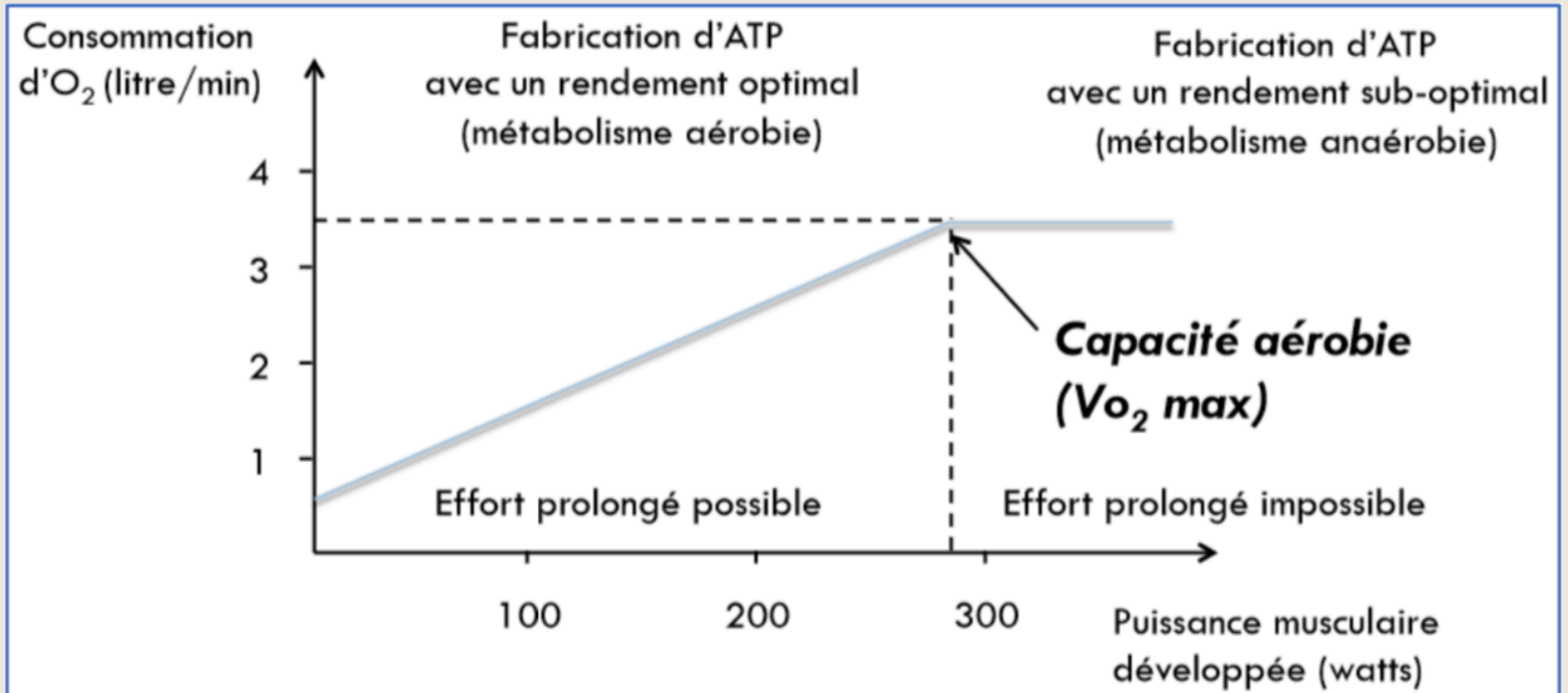
Respiration cellulaire :

- Utilisation O_2 par chaînes respiratoires mitochondriales pour **produire ATP**
- **Cellulaire** pas pulmonaire
- Molécules organiques sont oxydées et CO_2 est produit

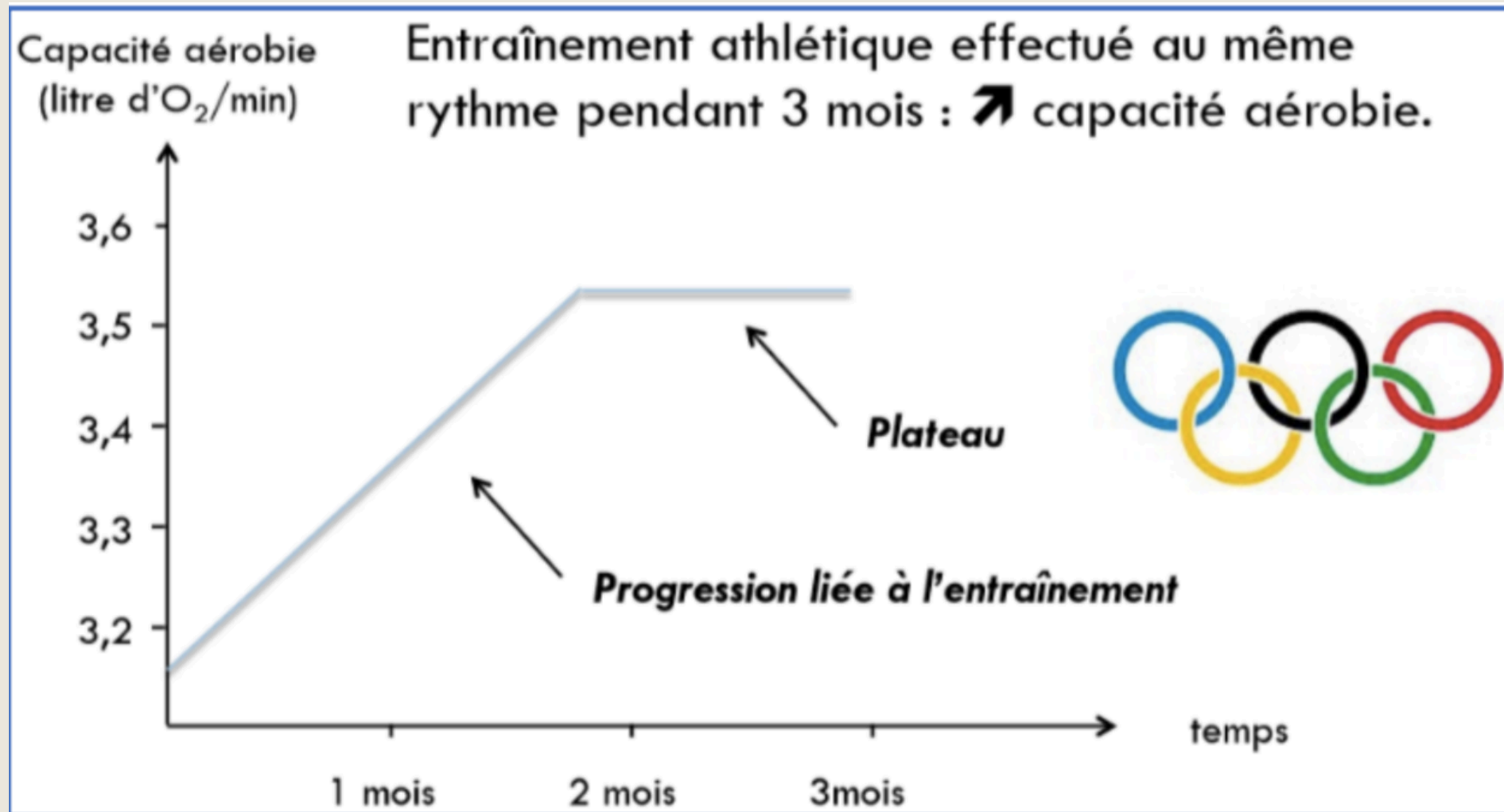
Métabolisme de base :

- Quantité d'ATP nécessaire pour faire fonctionner l'organisme au repos/ situation de vie végétative
- **(Conso d' O_2 : 250 mL/min)**
- **(Production de CO_2 : 200 mL/min)**

3/MESURE DES PARAMÈTRES RESPIRATOIRES



3/MESURE DES PARAMÈTRES RESPIRATOIRES



VOLUMES, DÉBITS ET SURFACE D'ÉCHANGES

Intestin



Rein



Poumons



VOLUMES

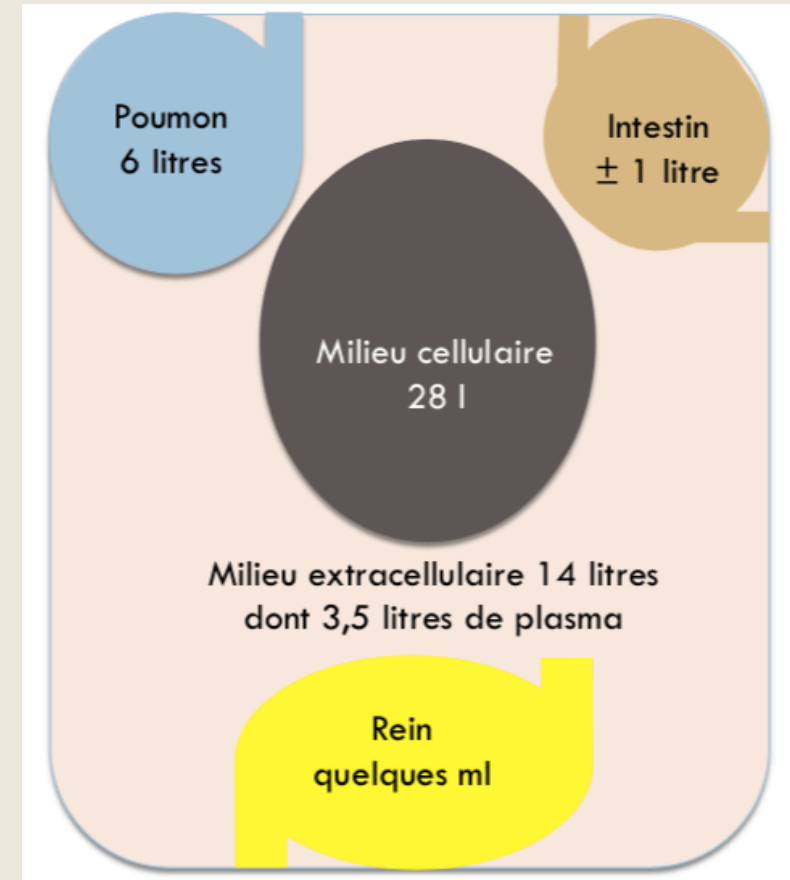
→ V extracellulaire : 14L
(dont 3,5L de plasma)

→ V cellulaire : 28L

→ Poumon : 6L (air)

→ Reins : quelques mL

→ Intestin grêle : +/- 1L

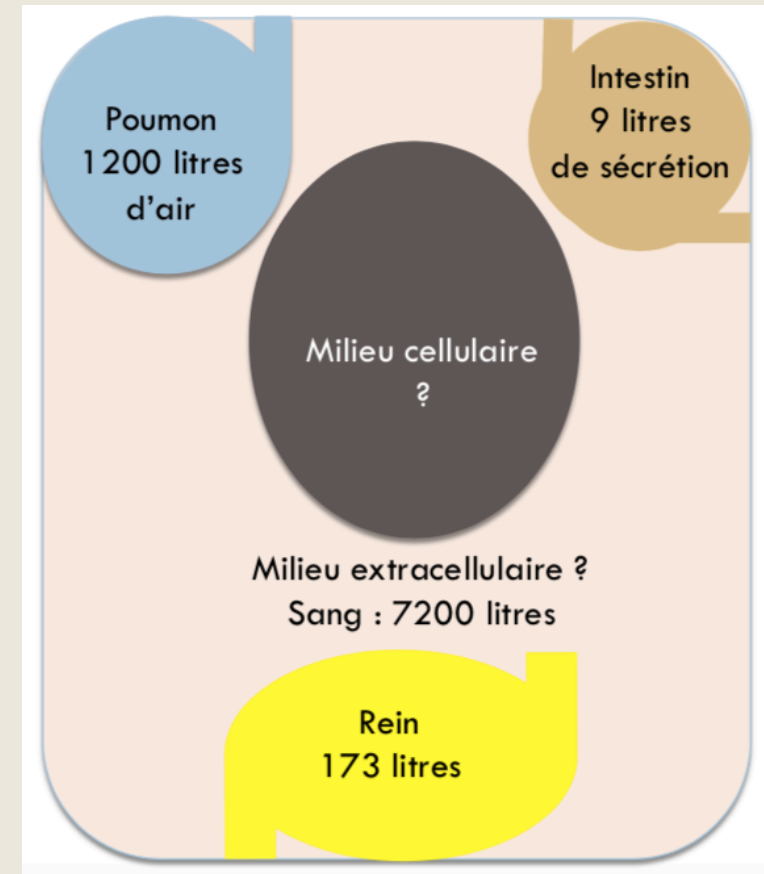


DÉBITS

→ Intestin grêle : 9L de sécrétion

→ Poumons : 1200L d'air
7200L de sang

→ Reins : 173L d'ultrafiltrat



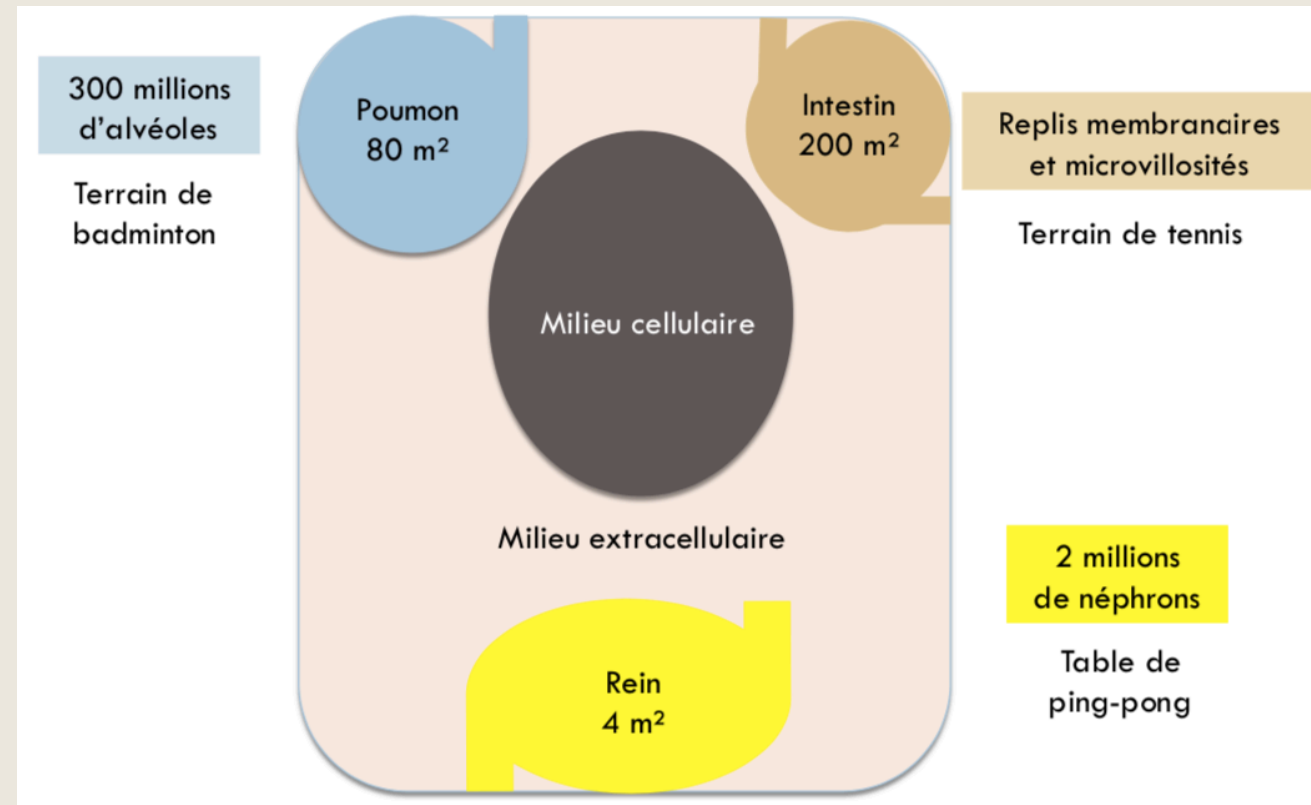
SURFACES

→ Intestin grêle : 200 m² – terrain de tennis

→ Poumons : 80 m² – terrain de badminton

→ Reins : 4 m² – table de ping-pong

Organes bordures : épithéliums



VOLUMES, DÉBITS ET SURFACE D'ÉCHANGES

7200 L/jour

36.000 L/j

SANG

1 200 L/jour

18.000 L/jour

AIR ALVÉOLAIRE

→ Débits très modulables :

- aérien x 15

- sanguin x 5

VOLUMES, DÉBITS ET SURFACE D'ÉCHANGES

INSUFFISANCE CARDIAQUE :

Diminution du débit cardiaque (qualité du muscle cardiaque)

INSUFFISANCE RESPIRATOIRE :

Diminution de la surface d'échange air/sang (qualité membrane alvéolo-capillaire)

VOLUMES, DÉBITS ET SURFACE D'ÉCHANGES

REIN :

Débit élevé, temps de contact court,
petite surface d'échanges

INTESTIN :

Débit faible, temps de contact élevé,
grande surface d'échanges

9 L /jour

Liquide
intestinal

792 L/jour

Plasma

180 L /jour

Ultrafiltrat
urinaire

VOLUMES, DÉBITS ET SURFACE D'ÉCHANGES

MALABSORPTION INTESTINALE :

Accélération du transit, réduction chirurgicale de la surface → carences

INSUFFISANCE RÉNALE :

Diminution du débit d'ultrafiltration urinaire → composition du plasma compromise

FIIIIIIN

MERCI DE VOTRE ATTENTION

