

# Physiologie

Big  
Fiche  
récap

## LES COMPARTIMENTS DE L'ORGANISME

### Les compartiments :

#### On y trouve différents milieux :

- ♥ **Le milieu aérien extérieur** : dans les poumons, ouvert sur l'extérieur.
- ♥ **Le milieu hydrique extérieur** : dans l'intestin et les reins, ouvert sur l'extérieur.
- ♥ **Le milieu hydrique intérieur** : ensemble du sang, du liquide interstitiel (= liquide extracellulaire) qui circule autour des différents organes et dans lequel les cellules baignent et peuvent vivre.
- ♥ **Le milieu hydrique cellulaire** : intérieur des cellules musculaires, cérébrales, hépatiques par exemple.

Le **milieu intérieur** (plasma et liquide interstitiel) est à bien distinguer du **milieu cellulaire** (liquide intracellulaire inaccessible aux mesures) !

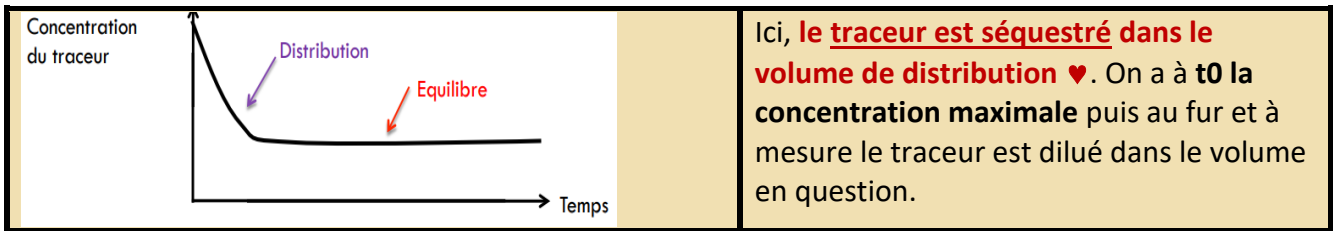
## A. VOLUME DE DISTRIBUTION D'UN TRACEUR



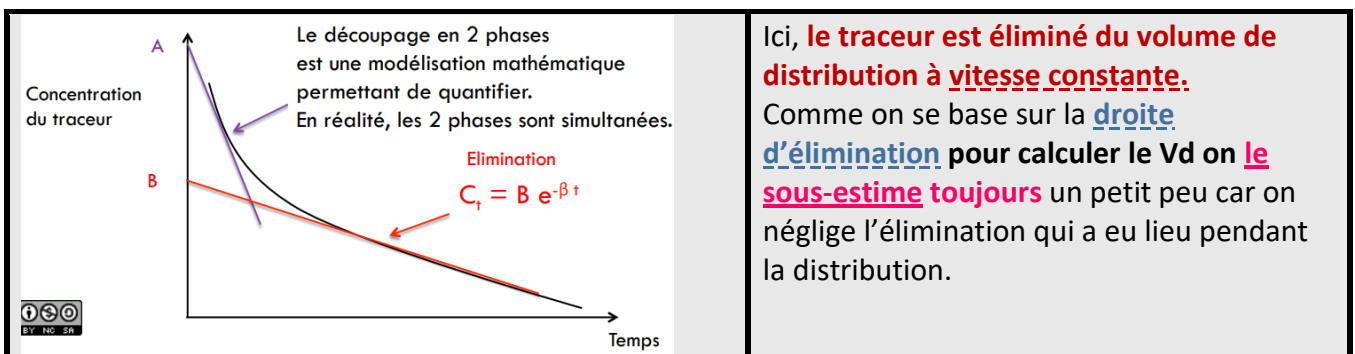
Dans l'organisme on mesure les espaces de distribution de l'eau, du sang, et de l'air grâce à **des traceurs** : ce sont **les traceurs moléculaires dont on va mesurer le trajet, la concentration, la vitesse de disparition.**

**Principe de la mesure** : On injecte un traceur puis **on mesure sa concentration** par rapport à **sa quantité injectée** ce qui va nous permettre de déduire le volume.

- ♥ **2 Situations** : le traceur peut être
  - ⇒ **Éliminé du volume de distribution (Vd)** (processus physiologique : clairance rénale, clairance hépatique, métabolisme, transformation...)
  - ⇒ **Séquestré dans le Vd** (il est distribué puis reste dans le Vd)
  - ⇒
- **Le plasma et le sang font partie du milieu extracellulaire tout comme le liquide de soutien interstitiel.** ♥



## 2. LE TRACEUR EST REGULIEREMENT ELIMINE DU VOLUME OU ON L'INJECTE



## LES TRACEURS

Il faut considérer **2 phases de la vie de ce traceur** : (qui en réalité sont simultanées)

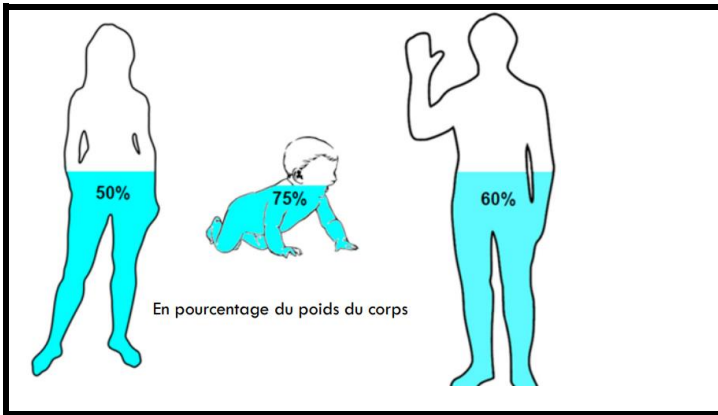
- ♥ **Phase de distribution** : démarre avec le pic de concentration (au moment de l'administration du traceur).
- ♥ **Phase d'élimination** : démarre immédiatement après l'administration +++ (**ET NON PAS APRES LA PHASE DE DISTRIBUTION ♥♥♥**)

On utilise différents traceurs selon le volume qu'on veut mesurer : ♥

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

## 3. MESURE DES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS

### a. Mesure du volume d'eau totale :



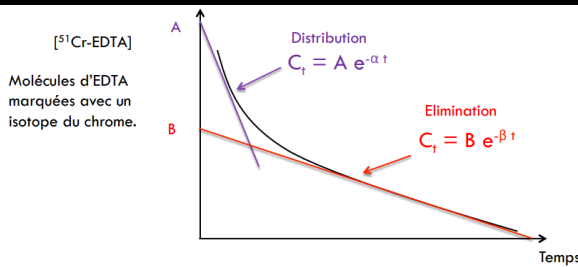
En faisant cette mesure, on s'aperçoit **que le volume d'eau totale n'est pas le même chez tout le monde** : il diffère en fonction de l'âge et du sexe.

Rapporté au volume d'eau totale et au poids corporel, l'eau représente :

- ♥ 50% du poids d'une femme
- ♥ 75% du poids d'un nourrisson
- ♥ 60% du poids d'un homme

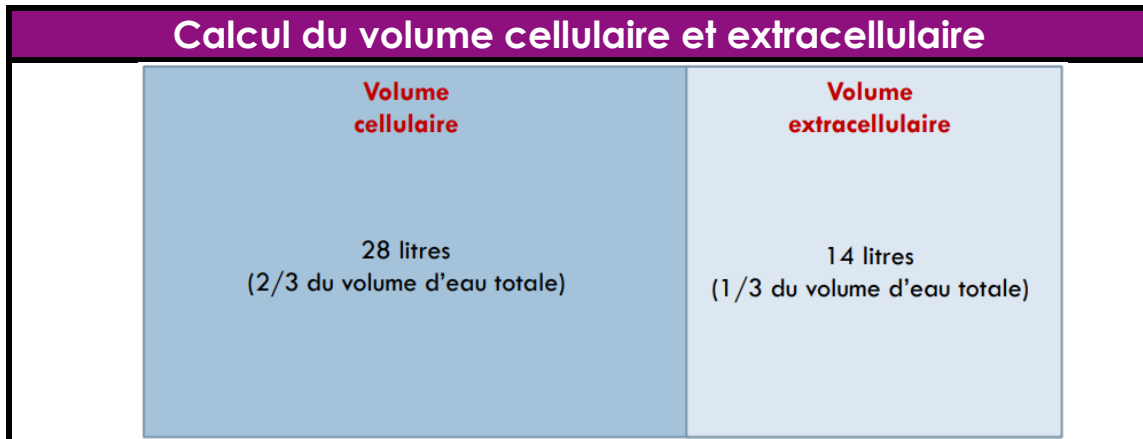
**b. Mesure du volume extracellulaire (=milieu intérieur) :**

→ C'est différent de l'eau totale : c'est l'eau qui est accessible à des mesures.



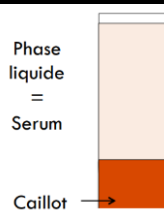
Pour mesurer le volume extracellulaire on utilise **l'EDTA**. L'EDTA est une **molécule exogène qui est éliminée uniquement par les reins**. Elle est en permanence filtrée et donc éliminée. Ainsi on tient compte de **la droite d'élimination+++**.

**Calcul du volume cellulaire et extracellulaire**



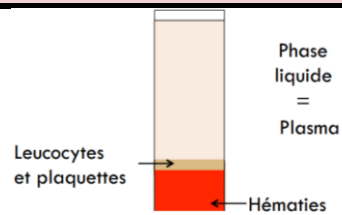
**Le sang et sa composition**

Tube « sec » dans lequel le sang coagule.



Le liquide qui surnage est le sérum.

Tube contenant un inhibiteur de la coagulation dans lequel les cellules sédimentent.



Le liquide qui surnage est le plasma

## L'hématocrite

L'hématocrite est un reflet de la quantité de cellules présentes dans le sang.

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

L'hématocrite se mesure sur le tube contenant un anticoagulant.

### c. Mesure du volume plasmatique

Le traceur utilisé pour mesurer le **volume plasmatique** est **la 125 I-albumine**. ♥

**L'albumine est une protéine plasmatique synthétisée par le foie.** Elle est rendue détectable par **couplage avec un isotope de l'iode**.

L'albumine est une protéine qui n'est pas renouvelée très rapidement. Elle est dégradée mais, sur un temps de mesure court on peut négliger le temps d'élimination.

**Rappel : le volume plasmatique se trouve dans le secteur extracellulaire ! ☛**

♥ **Volume plasmatique = 50 ml/kg de poids corporel** ♥

## Calcul du volume sanguin

Dans la mesure où on peut mesurer le volume plasmatique avec de l'albumine on va pouvoir mesurer le volume sanguin avec des calculs très simples.

→ On peut **calculer le volume sanguin à partir de l'hématocrite et du volume plasmatique**.

♥ **Vol sanguin total = Vol globulaire + Vol plasmatique = vol plasmatique / (1-hématocrite)** ♥

→ Ces calculs de volume extracellulaire et de volume sanguin sont utiles pour savoir combien injecter de liquide lors d'hémorragies.

## B. CLAIRANCE PLASMATIQUE

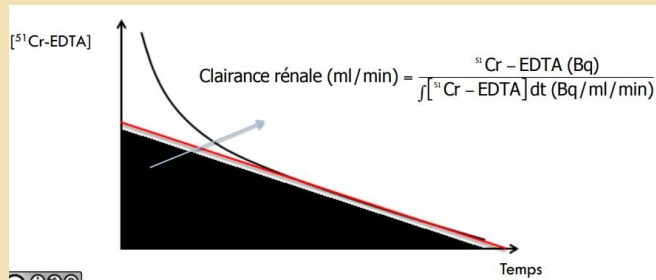
⇒ La clairance découle de la mesure des volumes.

☛\***Définition :** La **clairance plasmatique** est le **volume de plasma totalement épuré d'une substance par unité de temps**. ♥ Il s'agit d'un débit (ml/min) +++☛\*



### 1. CLAIRANCE PLASMATIQUE RENALE ET INSUFFISANCE RENALE

## Mesure de la clairance plasmatique rénale :



L'EDTA est une molécule éliminée exclusivement par filtration rénale. **Le volume de plasma épuré d'EDTA par minute est une mesure de la clairance plasmatique rénale** qui permet de donner une idée de la fonction rénale.

Les reins comportent chacun 1 million de petites unités fonctionnelles : les **néphrons**. Ceux-ci rentrent en contact avec les artères par l'intermédiaire des **glomérules**.

♥ On définit la clairance rénale comme la quantité de traceur (EDTA) injecté divisée par l'aire sous la courbe d'élimination (et non l'aire sous la courbe globale !). ♥

## Intérêt de la mesure de la clairance plasmatique rénale

- ➔ Pour l'individu standard, la clairance plasmatique rénale est de : **120 ml/min = 172,8 litres/jour**
- ↪ **C'est le débit de filtration glomérulaire (DFG).**
  - ⇒ Or le **volume plasmatique est de 3,5 L**. On peut alors **calculer l'intensité du travail des reins** :  $172,8/3,5 = 49,4 \Rightarrow$  **DONC les reins filtrent le plasma environ 50 fois par jour.** → les reins sont des organes très actifs.
- Pourtant, **le volume urinaire par jour est de 2 litres en moyenne.** ♥ **Les reins filtrent le plasma MAIS en réabsorbent la majeure partie.** ♥

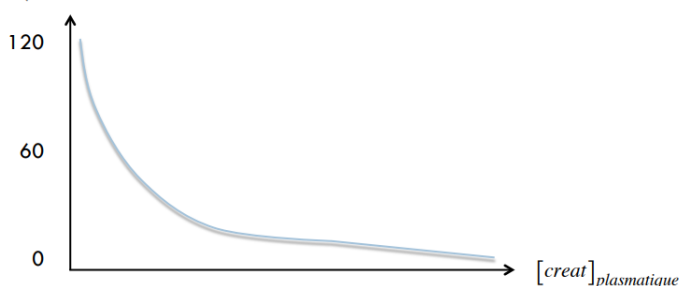
## Clairance de la créatinine et débit de filtration glomérulaire (DFG)

La **créatinine** est **endogène** (pas besoin d'injection) et **éliminée seulement par filtration rénale.** ♥

La **créatinine** le reflet de la masse musculaire → **sa production est proportionnelle à la masse musculaire.** **Le débit de créatinine urinaire est constant chez un individu en bonne santé.** La **clairance de la créatinine est donc proportionnelle à la diurèse et à la masse musculaire.**

Cela permet de déduire la clairance plasmatique de la créatinine. On doit faire ce dosage chez un individu sain puisqu'il faut que **la masse musculaire soit constante.** Chez un adulte en bonne santé **le débit de créatinine urinaire et la masse musculaire sont constants.**

Débit de filtration glomérulaire (ml/min)

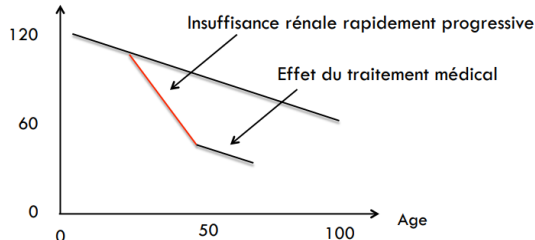


**La clairance plasmatique de la créatinine est inversement proportionnelle à la créatinine plasmatique** ♥. Ce n'est pas une relation linéaire : il s'agit d'une **exponentielle**.

☹♥ La créatinine est inversement proportionnelle au DFG : plus le rein filtre correctement, moins il y a de créatinine dans le sang puisque celle-ci est éliminée !  
+++ ♥☹

## L'insuffisance rénale → diminution du débit de filtration glomérulaire

Débit de filtration glomérulaire (ml/min)



Avec l'âge on voit une **baisse progressive** du DFG. Les reins perdent de leur capacité fonctionnelle **selon un processus linéaire**.



⇒ Une **maladie rénale** est une **perte rapide de DFG**, devant une situation pathologique : on parle **d'insuffisance rénale**. **Toute perte de fonction rénale est irréversible**.

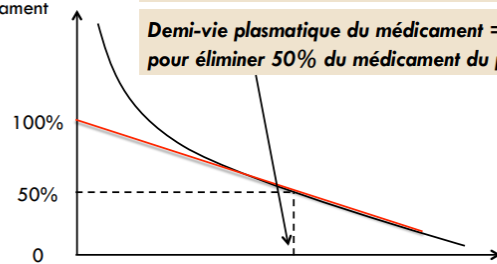
Les soins de cette insuffisance rénale consistent à arriver à **arrêter cette perte de fonction pour restaurer une perte physiologique** (le traitement permet de rétablir la pente comme à l'état physiologique → attention il y a quand même perte de fonction).

## 2. CLAIRANCE PLASMATIQUE ET MEDICAMENTS

Lorsque le médicament se distribue dans le **secteur extra cellulaire**, puis est **éliminé par les reins**, on arrive à connaître **la clairance de ce médicament**. Sur le graphique concentration du médicament en fonction du temps (voir ci-dessous) **on peut connaître le temps nécessaire pour que l'organisme élimine la moitié du médicament**.

→ C'est **la demi-vie du médicament** qui est utile pour connaître **sa posologie** (fréquence et dose) +++ ♥

Concentration du médicament



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

**Demi-vie plasmatique du médicament = temps nécessaire pour éliminer 50% du médicament du plasma.**



PACES - UFR Médecine, UFR d'Odontologie - Université Nice-Sophia Antipolis

- ♥ **La clairance plasmatique d'un médicament est le volume de plasma épuré du médicament par unité de temps.** ♥♥♥
- ♥ **Demi-vie d'un médicament → temps nécessaire pour éliminer 50% du médicament du plasma.** ♥

## 3. CLAIRANCE ET DISTRIBUTION D'OXYGENE

♥☼ **Clairance sanguine de l'oxygène = volume de SANG totalement épuré d'O<sub>2</sub> par un organe et par unité de temps** +++♥☼

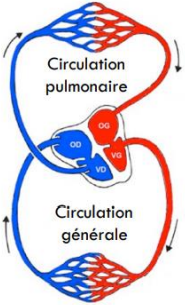
En conditions basales	Clairance de l'oxygène (cm <sup>3</sup> /min/100 g de tissu)
Cœur	7
Cerveau	3,2
Reins	5,5
Intestin et appareil digestif	3
Muscle et peau	0,15
<b>Poumons</b>	<b>- 39</b>

Ce sont les **organes de petite taille** (comme le cœur et les reins) qui **consomment beaucoup d'oxygène par rapport à d'autres organes massifs** (muscles). En cas d'exercice musculaire, la **clairance musculaire augmente beaucoup** pour le métabolisme énergétique.

♥💣\* Les poumons sont les organes qui apportent l'oxygène et dont la clairance est exprimée négativement : apport des poumons vers le sang et non du sang à l'organe. ♥💣\*

## C. DEBIT CARDIAQUE

### 1. CIRCULATION SANGUINE ET CYCLE CARDIAQUE : DEFINITIONS



$$\text{Débit cardiaque} = \frac{\text{pression VD} - \text{pression OG}}{\text{Résistance}_{\text{circ pulmonaire}}}$$

↕

Ecoulement laminaire prédominant

$$\text{Débit cardiaque} = \frac{\text{pression VG} - \text{pression OD}}{\text{Résistance}_{\text{circ générale}}}$$

Dans la circulation sanguine, les **pressions et les résistances ne sont pas les mêmes** : Dans la circulation générale la pression vaut **110 mmHg** alors **qu'elle est 10 fois plus faible dans la circulation pulmonaire**.

➔ Circulation générale : à haute pression

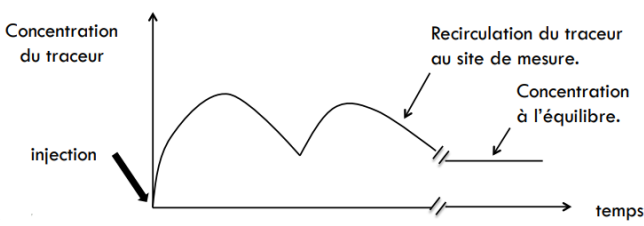
➔ Circulation pulmonaire : à basse pression

**Débit = Pression / Résistance**

➔ **Le débit est donc le même entre les deux circulations**, malgré des résistances et des pressions différentes.

### 2. MESURE DU DEBIT CARDIAQUE PAR DILUTION

#### Distribution du traceur

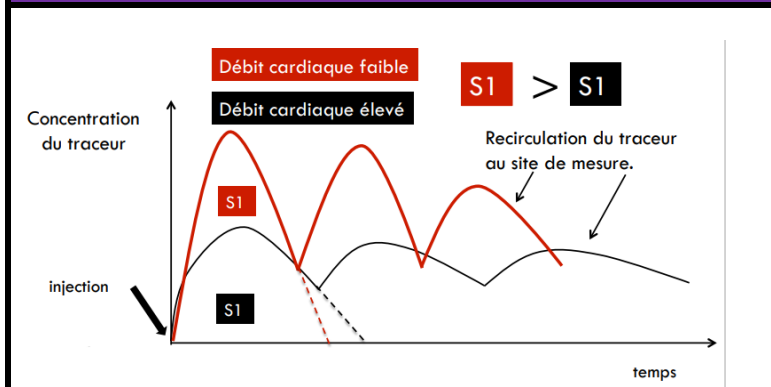


➔ Le traceur n'est **pas éliminé de la circulation** : Il **se dilue progressivement** dans le sang et la **mesure se fait en temps réel**.

♥💣\* La concentration du traceur au site de mesure est **inversement proportionnelle** au débit cardiaque !

+++ ♥💣\*

## Débit cardiaque élevé et débit cardiaque faible



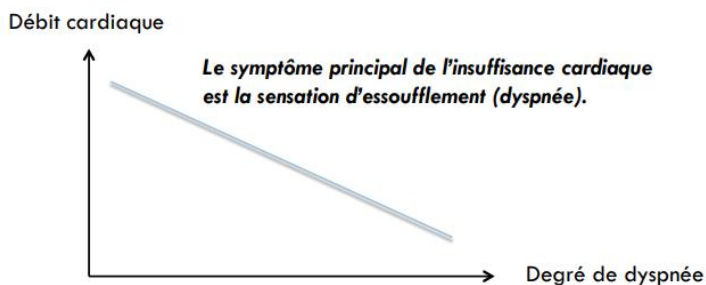
Un débit cardiaque faible entraîne une forte concentration du traceur puisque le sang circule lentement et le traceur reste très important en quantité : **il est peu dilué !** Un débit cardiaque fort entraîne une faible concentration (car le sang est beaucoup dilué).

### 3. INSUFFISANCE CARDIAQUE ET DEBIT SANGUIN PAR ORGANE

♥🫧\* La circulation pulmonaire et la circulation générale reçoivent le **même débit sanguin (5 L/min)**. ♥🫧\*

#### Insuffisance cardiaque

L'**insuffisance cardiaque** est définie par la **baisse du débit cardiaque** (l'insuffisance cardiaque est inversement proportionnelle au débit cardiaque). C'est l'**incapacité du cœur à apporter suffisamment de sang aux tissus pour les oxygéner** et permettre leur fonctionnement normal.



Le symptôme principal de l'insuffisance cardiaque est l'essoufflement. Si vous n'arrivez pas à faire circuler l'oxygène vous aurez une **sensation de manque d'air** : c'est ce qu'on appelle la **dyspnée +++**. Elle est **strictement proportionnelle au degré d'insuffisance cardiaque** : plus vous êtes essoufflé, plus vous êtes insuffisant cardiaque.

- Certains organes ont un **débit constant** : ce sont **les organes vitaux** (poumons, reins, cerveau). Ils ont une capacité **d'autorégulation** (surtout cerveau et rein).
- En revanche, **d'autres organes ont un débit variable selon l'activité** : la digestion (post-prandiale) pour l'appareil digestif, l'exercice pour les muscles... (C'est pour cela qu'il ne faut pas faire d'exercice juste après le repas). Cela se fait à l'aide d'une **régulation de débit** grâce à : vasoconstriction, vasodilatation, capteurs de gaz carbonique...

## D. VOLUME ET DEBIT AERIENS PULMONAIRES

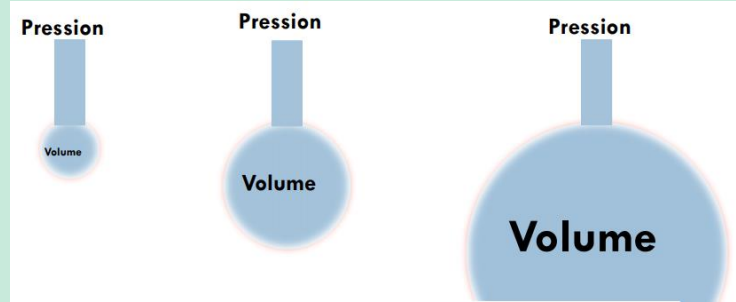
### 1. RELATION PRESSION - VOLUME DES ALVEOLES PULMONAIRES

🌟♥ La loi de Laplace ne prédit pas la relation pression-volume. 🌟♥

L'interface air-sang joue un rôle dans l'incapacité des poumons à appliquer la loi de Laplace. En revanche, quand le poumon n'est pas équipé normalement on voit que la courbe respecte la loi de Laplace. ♥🌟♥

### Interprétation : surfactant

Il y a une **substance tensio-active** à l'intérieur du poumon qui va venir **contrarier cette relation tension-volume** et fait que **la même pression est exercée sur les alvéoles de petit et grand volume**. Cette substance s'appelle **le surfactant**. **Cela va permettre de contrôler la tension superficielle** lorsque le volume alvéolaire augmente.

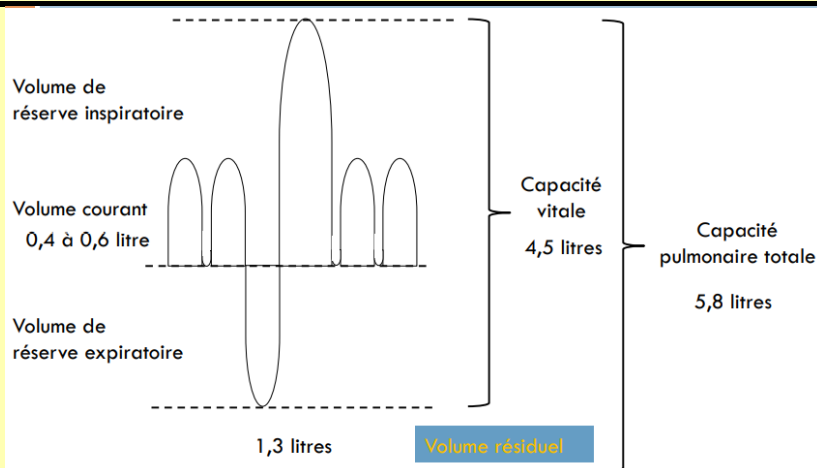


Il y a un **film liquidien important** à l'intérieur de l'alvéole qui va permettre de **modifier cette relation pression-volume** : on a une **grande modification du volume sans modification de pression**. C'est donc **une interface qui contrarie la loi de Laplace**. ♥🌟♥

## 2. MESURE DES PARAMETRES VENTILATOIRES

### Spirométrie des volumes pulmonaires

- ♥ La **capacité vitale** est l'ensemble du volume aérien qu'un individu est capable de mobiliser **entre une inspiration maximale et une expiration maximale**.
- ♥ **Capacité vitale = Volume courant + Volume de réserve inspiratoire + Volume de réserve expiratoire**.
- ♥ Le **volume courant** : Volume d'air qu'un individu est capable de mobiliser au repos **pour assurer son métabolisme de base**. Il vaut environ  $\frac{1}{2}$  L.
- ♥ **Capacité pulmonaire totale = capacité vitale + volume résiduel** (spirométrie + hélium)



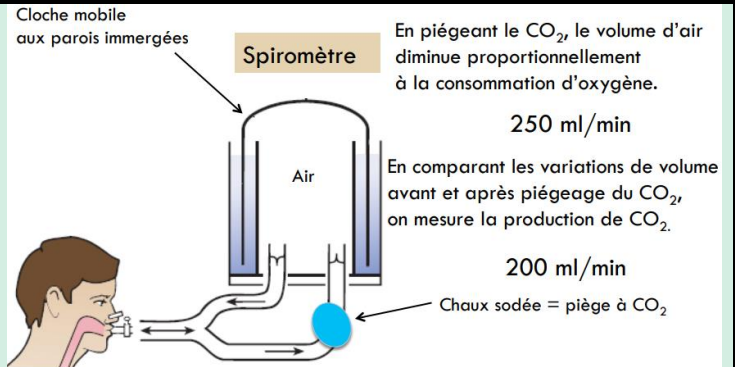
### 3. MESURE DES PARAMETRES RESPIRATOIRES

#### Mesure de la consommation d'oxygène

Lorsque vous inspirez vous consommez de l'oxygène, lorsque vous expirez vous rejetez du gaz carbonique.

Grâce à des pièges à gaz carbonique comme la chaux sodée (qui va réagir avec le CO<sub>2</sub> et le piéger), **on peut dissocier la consommation d'oxygène de l'expiration de CO<sub>2</sub>. Le volume de la cloche est uniquement proportionnel à la consommation d'O<sub>2</sub>.**

**250ml/min** est le volume d'oxygène que consomme un individu normal pour assurer son métabolisme de base.



#### Respiration cellulaire (≠ ventilation +++)

La respiration cellulaire désigne l'utilisation de l'O<sub>2</sub> par **les chaînes respiratoires mitochondriales** pour produire de l'**ATP**. **Ce sont les cellules qui respirent et pas les poumons !** Au cours de ce processus, **les molécules organiques** (glucides, lipides, protides) sont **oxydées grâce à l'O<sub>2</sub>** et du **CO<sub>2</sub> est produit** en proportion.

**Métabolisme de base** → C'est la quantité d'atp dont on a besoin pour faire fonctionner l'organisme au repos (équilibre thermique, pas en pleine digestion, pas de travail mécanique ni intellectuel : c'est une situation de vie végétative).

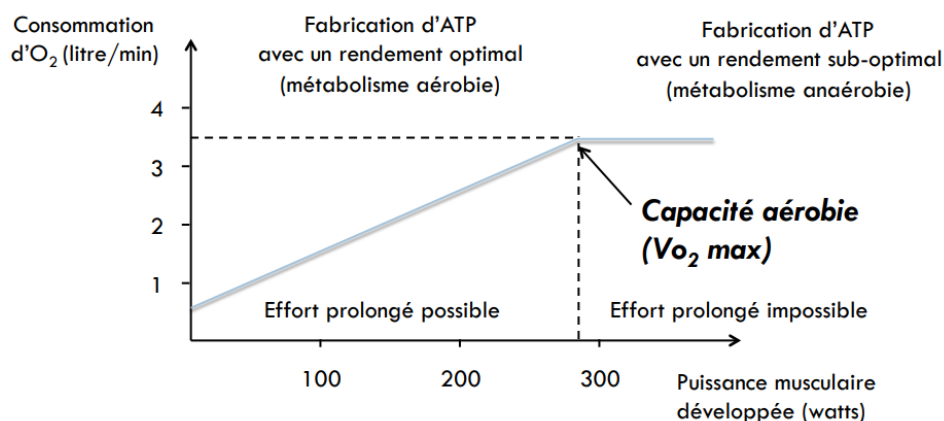
##### Bilan de la réaction (gaz seulement)

Consommation d'oxygène	Production de gaz carbonique
250 ml/min	200 ml/min

Résultats correspondant au métabolisme de base

#### Puissance musculaire et consommation d'oxygène

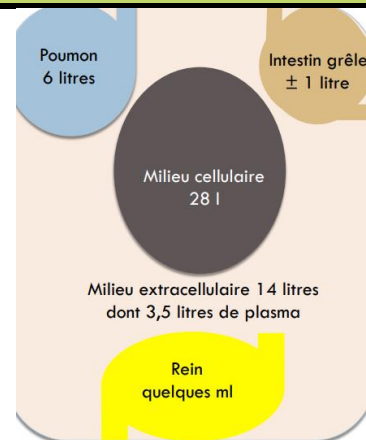
**VO<sub>2</sub>max** ou capacité aérobie = consommation d'O<sub>2</sub> maximale en capacité aérobie qui correspond au point d'inflexion sur la courbe. ♥♥



## VOLUMES, DEBITS ET SURFACES D'ÉCHANGES

### Volumes dans différents secteurs

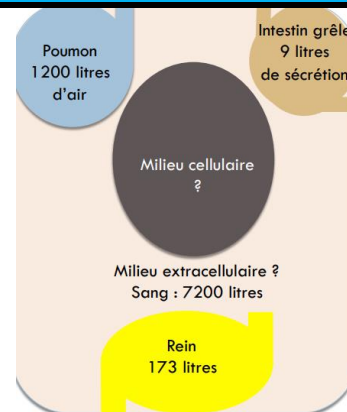
- ⇒ Volume extracellulaire : 14L (dont 3,5L de plasma)
- ⇒ Volume cellulaire : 28L
- ⇒ Poumon : 6 L d'air
- ⇒ Reins : quelques mL
- ⇒ Intestin grêle (fondamental dans les échanges au niveau digestif) : +/- 1 litre.



### Débits quotidiens dans différents secteurs

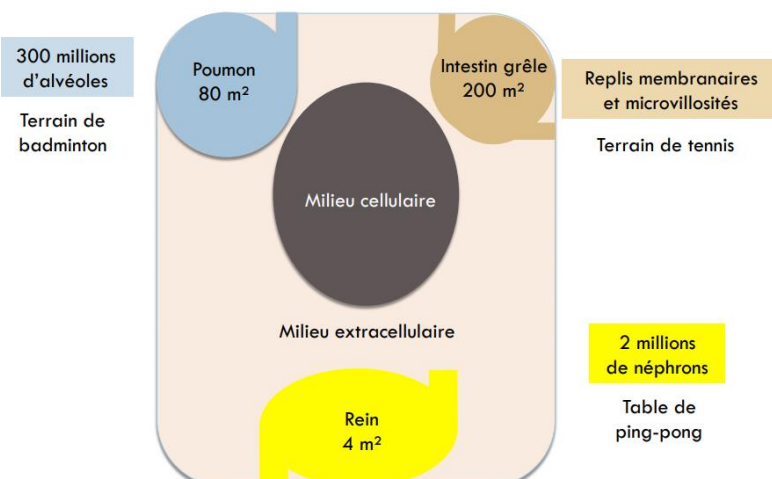
En un jour circulent :

- ⇒ Intestin grêle : 9 L de sécrétion
- ⇒ Poumons : 1200 L d'air
- ⇒ Brassage de 7200L de sang.
- ⇒ Rein : 173 L d'ultrafiltrat



### Surface d'échange des différents secteurs avec le sang

- ⇒ **Poumons** : 80 m<sup>2</sup> (avec 300 millions d'alvéoles) = terrain de badminton.
- ⇒ **Intestin grêle** : 200 m<sup>2</sup> (membranaires et microvillosités) = terrain de tennis.
- ⇒ **Reins** : 4 m<sup>2</sup> (2 millions de néphrons) = table de ping-pong.



→ Les débits sont très modulables selon l'activité physique, lors d'un effort :

♥ La ventilation peut être multipliée par 15

♥ Le débit cardiaque peut être multiplié par 5

- La **surface d'échange alvéolo-capillaire** est importante (**80 m<sup>2</sup>**) avec un débit extrêmement important ⇒ **échanges intenses**.
- **Au repos**, on a la capacité de mettre en contact 7200 L/j de sang et 1200 L/j d'air. A l'effort on passe à 36000 L/j de sang et 18000L/j d'air. **On a une capacité d'échange par diffusion gazeuse qui est absolument énorme.**
  - Cette différence entre le repos et l'activité maximale nous donne la **notion de réserve fonctionnelle**. Il y a une capacité d'échanges qui est très grande par rapport à ce qu'on utilise. Un individu non entraîné atteint d'une insuffisance cardiaque reste capable d'effectuer la plupart de ses activités quotidiennes sans trop de problème. **Cette réserve fonctionnelle est donc très importante.**

### Absorption dans l'intestin grêle et élimination rénale

*Il y a autant de neurones dans l'intestin que dans la moelle épinière. L'intestin va absorber tout ce que vous lui donnez. Les nutriments passent l'épithélium intestinal et partent dans le sang. Le seul organe capable d'éliminer et de réguler ce qu'on absorbe c'est le rein.*

Le **débit**, le **temps de contact** et la **surface d'échange** sont différents entre l'intestin et le rein.

- **Au niveau du rein on a : un débit élevé, un temps de contact court et une petite surface d'échanges.**
  - **Au niveau de l'intestin on a : un débit faible, un temps de contact élevé et une énorme surface d'échanges.**
- Dans les deux cas, l'intensité des échanges reste adaptée pour maintenir l'équilibre de composition du plasma.

Ces organes ne vont pas fonctionner de la même manière et pourtant ce sont des **milieux d'échanges entre le milieu intérieur et le milieu extérieur**. Ce qui va se passer dans le **rein** est complètement indépendant de votre volonté : **régulation hormonale**.

9 L /jour	792 L/jour	180 L /jour
Liquide intestinal	Plasma	Ultrafiltrat urinaire