

# Les compartiments de l'organisme

Coucou !!! Je m'appelle Enzo ou EnzOsmole et je suis l'un de vos trois tuteurs de physiologie (la meilleure des matières) cette année. Ce premier cours va parler des différents compartiments de l'organisme. Il s'agit de votre premier cours de physiologie et il est très accessible donc pas de panique. Avant de commencer j'aimerais vous donner un conseil: essayez tout d'abord de comprendre les notions du cours avant d'apprendre par coeur, la compréhension favorise l'apprentissage. Trêve de blabla et on commence !!!

## I-Compartiments du milieu intérieur

### A) Définitions

L'organisme possède des **compartiments** à différentes échelles. Tout d'abord, nous allons décrire les compartiments du milieu intérieur. Nous définirons de quoi il s'agit, comment est-ce qu'on les mesure et nous les décrivons.

La notion de **milieu intérieur** remonte à **Claude Bernard** (un médecin français du 19ème siècle) et est **fondatrice en physiologie**.

Mais Enzo, c'est quoi le milieu intérieur ? (très bonne question jeune P1)

**Milieu intérieur:** Il s'agit de l'ensemble du liquide qui baigne les cellules (plasma + interstitiel), et est **accessible aux mesures**.

→ compartiments du milieu intérieur



Le milieu intérieur correspond également au **milieu Extracellulaire +++**

et

On oppose ce **milieu intérieur** (ou **extracellulaire**) au **milieu cellulaire** (piège QCM facile à faire donc attention !)

**Milieu cellulaire: Sanctuaire++** dans lequel on n'effectue généralement **pas de prélèvement**.

**Milieu intérieur ou extracellulaire**  $\neq$  **milieu cellulaire**

## B) Mesure

### **Volume de distribution d'un traceur**

Pour pouvoir appréhender ces compartiments, on utilise la capacité de certains **traceurs** à se distribuer selon:

- leur **taille**
- leur **affinité**

Le **volume de distribution** permet de **mesurer** les compartiments.

Le principe de la mesure est simple, il s'agit d'injecter le traceur (*dans une veine par exemple*) et de mesurer sa concentration un peu plus tard.

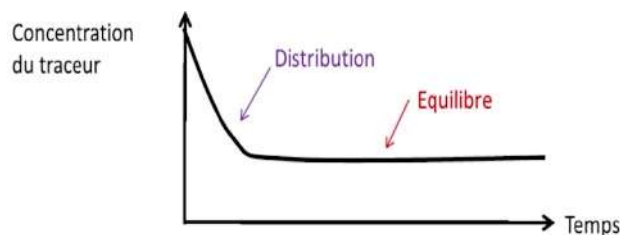
Ensuite, on calcule le volume de distribution du traceur en tenant compte du fait que celui-ci peut-être:

- **Éliminé régulièrement** dans le volume de distribution (*vitesse constante*)
- Ou au contraire, être **séquestré** à l'intérieur de celui-ci. (*Traceur à l'équilibre de concentration*)

### **Traceur à l'équilibre de concentration (séquestré)**

Si l'on est à **l'équilibre de concentration**, lorsqu'on injecte le traceur, on obtient un **pic de concentration** qui va **diminuer** avec la **dilution** du traceur à l'intérieur du compartiment.

On a donc une courbe de **distribution** puis une droite de concentration à **l'équilibre** en fonction du temps.



**Volume de distribution d'un traceur à l'équilibre:** rapport de la **quantité injectée** du traceur (*Au début*) sur la **concentration** de celui-ci à **l'équilibre** (*après dilution*).

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

→ Soit en **mole** si on mesure la **quantité** du traceur

→ Soit en **Becquerel** si on mesure **l'activité radioactive** de celui-ci

## Traceur éliminé à vitesse constante

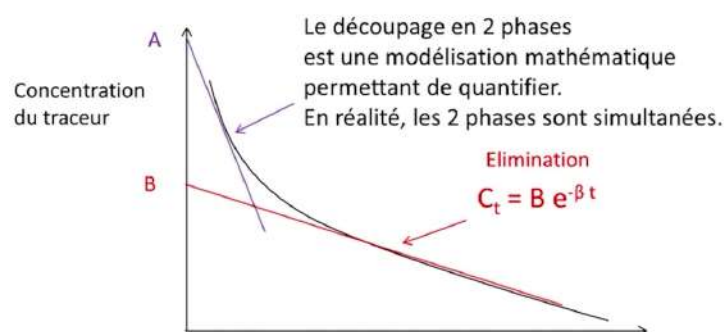
Lorsque le traceur est éliminé à **vitesse constante**, on obtient une **décroissance exponentielle** du traceur en fonction du temps qui démarre au moment où la concentration du traceur est **maximale**, c'est-à-dire au **moment de l'injection**.

Il y a donc une phase de **distribution** du traceur puis une phase **d'élimination**.

En réalité, les deux phases de distribution et d'élimination sont **simultanées +++++**

*On retient bien ça !!!!!*

Elimination constante du traceur →  $dC = -KCdT$



*Bon là c'est le petit moment mathématiques, si vous ne comprenez pas trop c'est pas grave, retenez ce que j'ai écrit plus haut.*

L'**extrapolation** linéaire de ces phases nous permet de calculer la concentration du traceur au **point B**. Ainsi, la concentration en fonction du temps est **proportionnelle** à ce point B, fonction d'une exponentielle qui dépend de la constante d'élimination.

C'est une modélisation mathématiques car les phases de **distribution** et **d'élimination** sont **simultanées ++** (*Je l'ai déjà dit plus haut*)

**Volume de distribution d'un traceur éliminé à vitesse constante:** rapport de la **quantité** injectée totale de traceur et la **concentration** du traceur au **point B**.

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

- Soit en **mole** si on parle de **concentration**
- Soit en **Becquerel** si on parle de **l'activité radioactive**

### C)Description

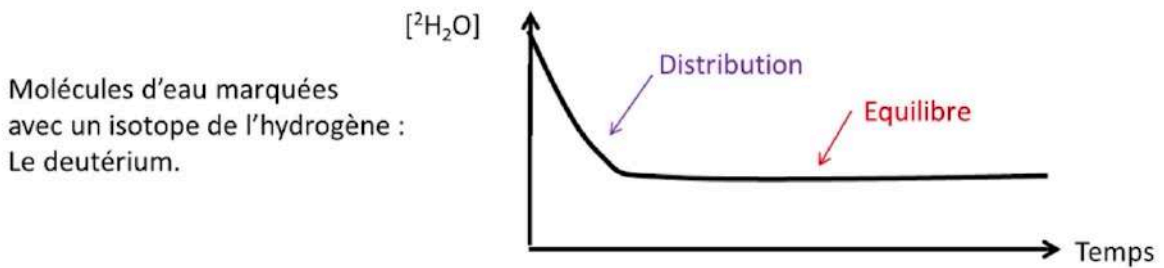
Ainsi, on obtient une description des différents volumes mesurés dans l'organisme selon les différents traceurs.

*Le tableau doit être appris par cœur je rigole même pas ça tombe souvent en QCM !*

Volumes mesurés	Volume d'eau total	Volume plasmatique	Volume extracellulaire
Traceurs	<b>-Deutérium:</b> <sup>2</sup> H <sub>2</sub> O <b>-Tritium:</b> <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O	<b>Albumine</b> marquée à l' <b>Iode 125:</b>  <sup>125</sup> I-albumine	<b>EDTA marqué au Chrome 51</b> ou <b>l'Inuline</b> ( <i>pas INSULINE !!!</i> ):  <b>-Inuline</b>  <b>-<sup>51</sup>Cr-EDTA</b>

### **Volume d'eau total**

L'équilibre de concentration du traceur (*Deutérium ici pour l'eau*) est établi au bout d'un **certain temps**, car même si les molécules d'eau se renouvellent régulièrement, elles ne se renouvellent **pas suffisamment rapidement pour fausser notre mesure**. Ici l'eau est donc considérée comme **séquestrée** et le **deutérium** reste dans le compartiment liquidien.



**Volume de distribution d'un traceur séquestré:** Activité injectée divisée par l'activité à l'équilibre du deutérium.

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

*C'est exactement la même formule que l'on a vu plus, ici elle est appliquée au deutérium.*

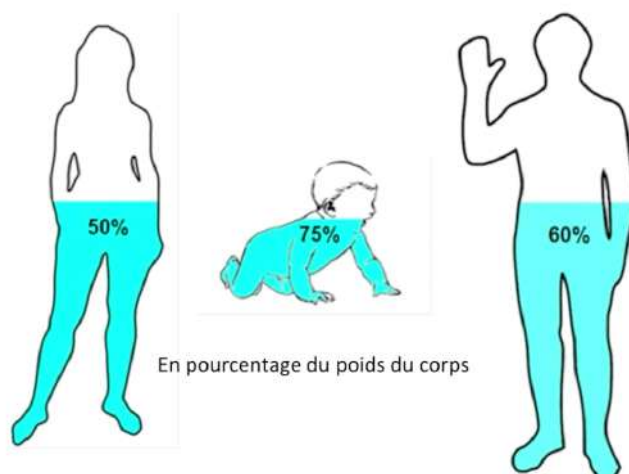
Cela nous donne l'image suivante:

→ Pour une **femme**, le volume d'eau totale représente **50%** du poids du corps

→ Pour un **homme**, l'eau totale représente **60%** du poids du corps

→ Chez un **nouveau-né** (peu importe si c'est un garçon ou une fille), l'eau totale représente **75%** du poids du corps

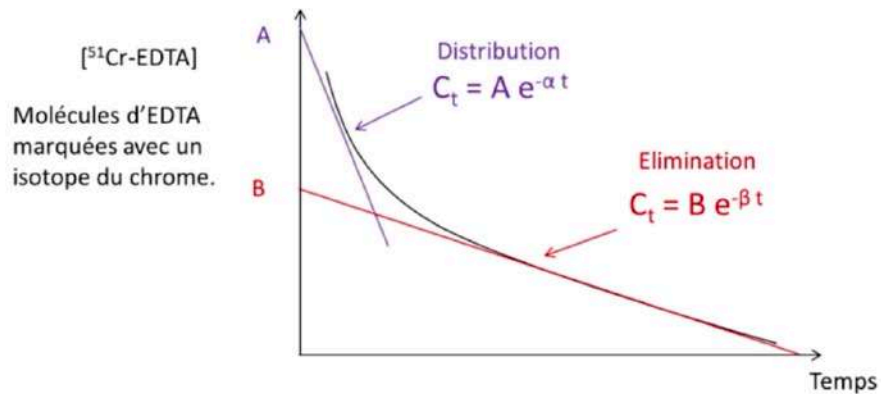
*Il faut absolument connaître ces valeurs **par cœur** car vous pouvez avoir des QCM de calcul à l'examen !!! (Je vous ferai des QCM calcul pour vous entraîner)*



## Volume extracellulaire

Si l'on veut mesurer le **volume extracellulaire**, on va utiliser **l'EDTA** qui est une molécule **exogène** régulièrement éliminée par les reins.

On utilise donc la courbe de distribution d'un traceur et on peut ensuite calculer le volume de distribution du traceur



**Volume de distribution d'un traceur éliminé à vitesse constante:** rapport entre la quantité **injectée totale** de traceur et la **concentration** du traceur au **point B**.

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

## Volume cellulaire

En connaissant le **volume extracellulaire** (**EDTA ou inuline**) et le volume d'eau totale (**deutérium ou tritium**), on peut calculer le **volume cellulaire**.

**Volume cellulaire:** Il s'agit de la **différence** entre le volume d'eau totale et le volume extracellulaire.

On peut voir que la répartition est de:

→ **2/3** pour le volume cellulaire

→ **1/3** pour le volume extracellulaire

**Volume cellulaire = volume d'eau totale – volume extracellulaire**

Volume d'eau totale de l'individu standard = 42 L



Les valeurs sont à connaître par coeur là aussi !!!

Cela donne pour un individu standard de **42L** d'eau totale, un volume cellulaire de **28L** ( $42 \times \frac{2}{3} = 28$ ) et un volume extracellulaire de **14L** ( $42 \times \frac{1}{3} = 14$ ).

Exemple concret de calcul: Si un homme pèse 70 kg

- Volume d'eau = 60% du poids = 42L d'eau au total
- Volume extracellulaire =  $\frac{1}{3}$  de 42L = 14L
- Volume cellulaire =  $\frac{2}{3}$  de 42L = 28L

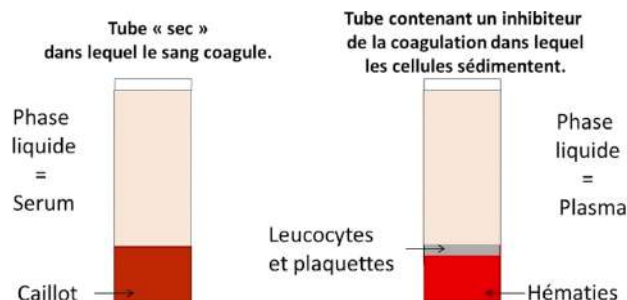
## Volume de plasma

On peut également mesurer le volume de plasma.

**Le plasma:** liquide qui reste après avoir prélevé du sang avec un **anticoagulant**

**Le sérum:** liquide qui reste lorsqu'un **caillot** s'est formé dans un tube dit "**sec**" (sans anticoagulant)

Différenciez bien les deux c'est important !



Lorsqu'on prélève du sang avec un anticoagulant, on peut trouver l'**hématocrite**.

**Hématocrite**: rapport entre le **volume globulaire** et le **volume sanguin**

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

→L'hématocrite est généralement autour de **45% (0,45)+++++**

Concrètement, l'hématocrite est le **pourcentage de volume occupé par les globules rouges par rapport au volume total de sang.**

Ainsi, on peut utiliser l'**albumine** (protéine plasmatique) marquée à l'**Iode 125** qui se distribue dans le plasma, pour mesurer le **volume plasmatique**.

**Volume plasmatique**: rapport entre l'activité injectée et l'activité à l'équilibre

$$\text{Volume plasmatique (L)} = \frac{{}^{125}\text{Ialbumine (Bq)}}{[{}^{125}\text{Ialbumine}] \text{ (Bq/L)}}$$

En effet, on peut calculer le **volume plasmatique** de cette manière puisque l'**albumine** ne se renouvelle pas très rapidement (bien qu'elle soit en permanence dégradée et renouvelée par le foie).

## Volume de sang

Grâce à la **proportionnalité** entre le volume sanguin et le plasma dans l'équation de l'hématocrite, on peut aboutir au **volume de sang** qu'on calcule.

**Volume de sang**: Volume **plasmatique** divisé par 1-l'**hématocrite**

$$\text{Vol sanguin} = \text{Vol globulaire} + \text{Vol plasmatique}$$

$$\frac{\text{Vol globulaire}}{\text{Vol sanguin}} + \frac{\text{Vol plasmatique}}{\text{Vol sanguin}} = 1$$

$$\text{Hématocrite} + \frac{\text{Vol plasmatique}}{\text{Vol sanguin}} = 1$$

$$\text{Vol sanguin} = \frac{\text{Vol plasmatique}}{[1 - \text{Hématocrite}]}$$

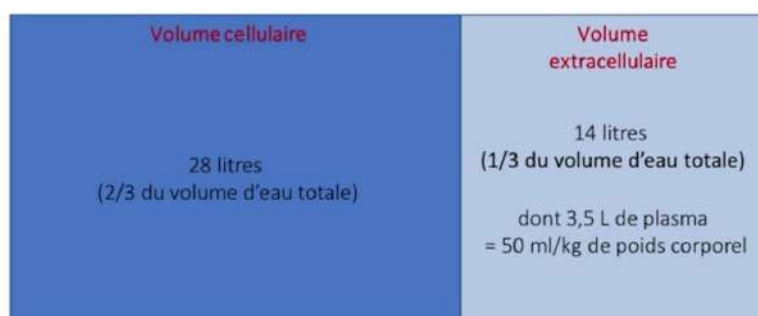
Là aussi il y a beaucoup de maths mais ne vous inquiétez pas, apprenez la première formule et la dernière car ce sont les plus importantes +++++

## Vue d'ensemble

Ainsi on a une image complète des différents compartiments liquidiens de l'organisme qui sont ceux dont on va se servir en physiologie et en médecine.

Information importante !!! → Le volume **plasmatique** s'estime par rapport au **poids corporel** et **il est égal à 50mL par kilo de poids corporel.**+++++

Volume plasmatique = 50 ml/kg de poids corporel



On peut voir que le volume **plasmatique** est à l'intérieur du volume extracellulaire dont il constitue la partie circulante.

Ainsi pour **14L** de volume **extracellulaire**, il y a **3,5L** de **plasma** pour un individu standard.

## Conclusion de la 1ère partie

→ La notion de compartiment **n'est pas anatomique** mais est accessible à l'aide de traceurs moléculaires.

→ On a simplement décrit les compartiments qui vont être **utiles** pour la compréhension de la physiologie.

→ L'estimation de leur volume par rapport au poids corporel et au sexe est **utile** en **physiologie** et en **médecine**.

*Petite pause et on commence la deuxième partie.*

## II-Compartiments du milieu extérieur

Nous allons maintenant parler des compartiments qui composent le milieu extérieur. Ce milieu extérieur est en **étroit contact avec le milieu intérieur** dont on a parlé.

### A)Définitions



→L'air que nous respirons vient se mettre au contact du **sang** dans un milieu aérien pulmonaire particulier, où l'air est **dépoussiéré, réchauffé et humidifié**. (**compartiment pulmonaire**)

→Les aliments que l'on ingère viennent au contact du sang à travers **l'intestin** et le bol alimentaire est modifié par les **sécrétions digestives**. (**compartiment digestif**)

→L'urine qui est filtrée **à partir du sang** à l'intérieur des **reins** circule également dans un **compartiment urinaire** qui va être au contact du sang pendant tout son trajet et permettre **l'équilibration du milieu intérieur** (*en enlevant de celui-ci ce qui est en trop et en y remettant ce qu'il y manque*)

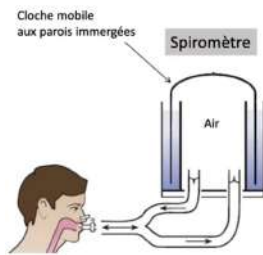
### B)Compartiment pulmonaire

#### **Spiromètre**

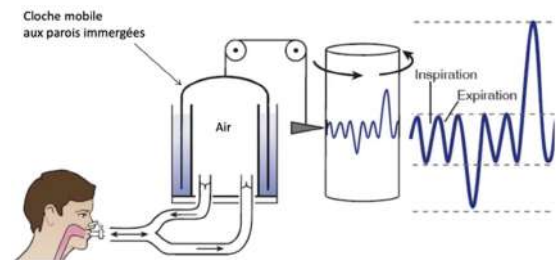
L'air pulmonaire est **facile à mesurer**, puisque simplement par la **ventilation** on fait varier le volume d'air à l'extérieur du corps.

Un simple **spiromètre** (voir ci-dessous) permet de mesurer la **diminution** du volume sous la cloche lors de l'inspiration (*on prend l'air présent dans la cloche*) et son **augmentation** à l'expiration (*l'expiration permet de remettre de l'air sous la cloche parce qu'on souffle*).

Si l'on enregistre ces mouvements en fonction du temps, cela nous donne une image des **différents volumes** mobilisés par un individu.



**Ventilation**  
 Inspiration = ↓ du volume sous cloche.  
 Expiration = ↑ du volume sous cloche.

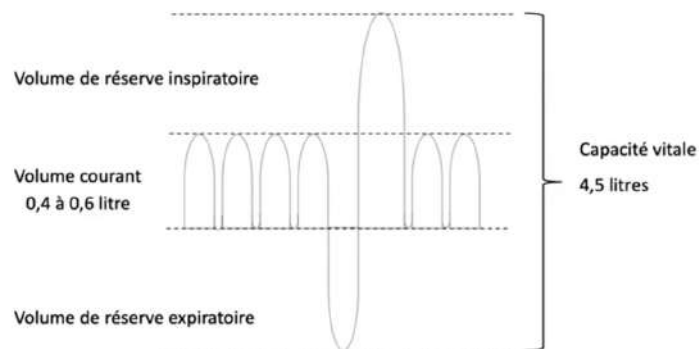


## Résultat de la spirométrie

Ainsi nous pouvons constater que lorsque l'on ventile spontanément **sans effort** (au repos donc), on mobilise à peu près **0,5 L d'air**. → Il s'agit du **volume courant+++**

En **inspirant à fond** on peut mobiliser à peu près **2 L d'air**. → Il s'agit du **volume de réserve inspiratoire+++**

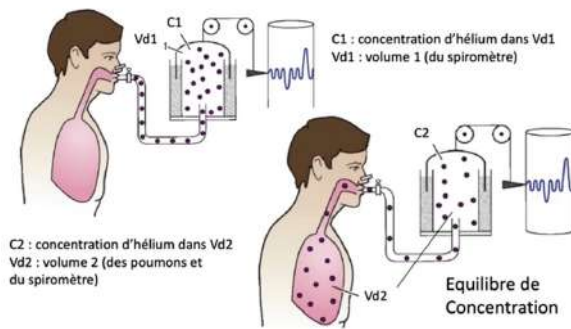
En **expirant à fond** on mobilise à peu près **2 L d'air**. → Il s'agit du **volume de réserve expiratoire+++**



Cela nous permet de définir la **capacité vitale** c'est-à-dire l'ensemble du volume aérien qu'un individu est capable de mobiliser, qui est pour un individu standard de **4.5 L**.

## Dilution d'un traceur

Si on mesure les volumes pulmonaires par **dilution de l'hélium** qui est un traceur qui se distribue dans l'ensemble de l'arbre aérien, on obtient une autre image.



On injecte une **quantité 1** d'hélium dans un **volume 1 de distribution** connu. En ouvrant la **communication** entre le spiromètre et l'arbre aérien de l'individu, on mesure la **concentration 2** et on en déduit le **volume de distribution 2**. Ce dernier volume comporte le volume 1 et la part supplémentaire liée à l'arbre aérien

On utilise donc l'équation vue dans la 1ère partie. pour calculer le volume de distribution.

La quantité injectée d'hélium est **proportionnelle** à sa **concentration multipliée par le volume de distribution**.

$$[\text{Hélium}]_1 \times Vd_1 = [\text{Hélium}]_2 \times Vd_2$$

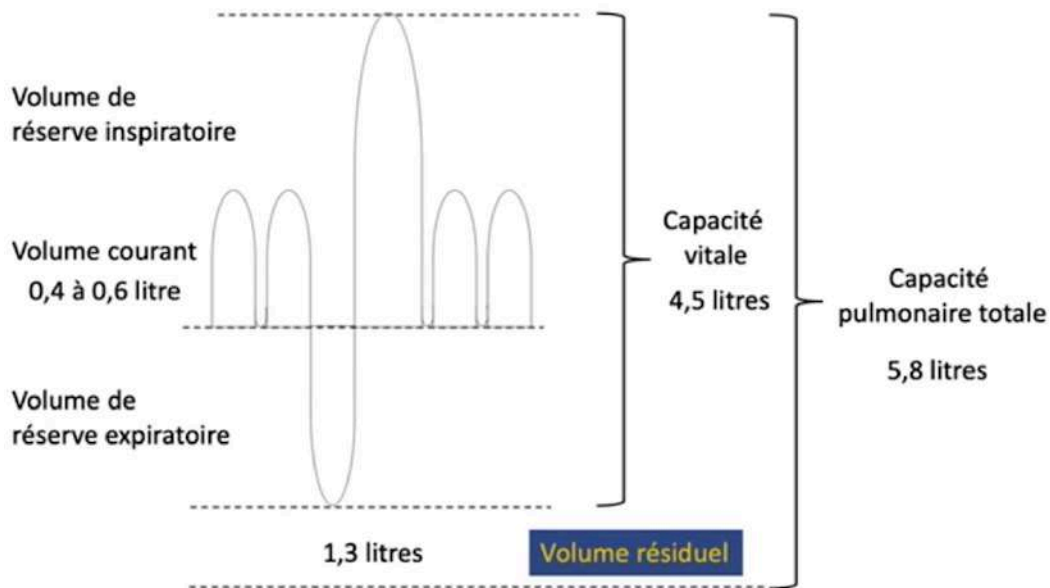
$$Vd_2 = \frac{[\text{Hélium}]_1 \times Vd_1}{[\text{Hélium}]_2}$$

Grâce à ces différents calculs, on obtient la **capacité pulmonaire totale** qui est de **5,8 L d'air**

La **capacité pulmonaire totale** représente un **volume plus important** que celui de la capacité vitale++. En effet, elle prend en compte le **volume résiduel**.

**Volume résiduel:** représentant **1,3 L d'air** (*différence entre capacité pulmonaire totale et capacité vitale*), il correspond au volume des bronches et des bronchioles. Ce volume n'est **jamais mobilisé !!**

Voici ci-dessous une image qui récapitule l'ensemble des volumes du compartiment pulmonaire.



### C) Compartiment digestif

#### ***Débits liquidiens digestifs: description complète***

Le compartiment digestif est variable en fonction du site. Par exemple, on peut par **drainage** mesurer la quantité de salive quotidienne produite par la bouche. On peut à différents niveaux du tube digestif mesurer un débit quotidien.

<b>Cavité digestive</b>	<b>Sécrétion</b>	<b>Débit quotidien (en litre)</b>
La bouche	La salive	1,5
L'estomac	Le suc gastrique	2
Le duodénum et jéjunum proximal <i>(le début quoi)</i>	Les sucs pancréatique, biliaire et intestinal	1,5 0,5 1,5
Le jéjunum distal, le côlon et le rectum	Le suc intestinal	faible

## C) Compartiment urinaire

### Débit de filtration glomérulaire = clairance plasmatique

Le compartiment urinaire est le plus difficile à mesurer.

Le **débit de filtration glomérulaire** (=clairance plasmatique) correspond au **volume de plasma totalement épuré d'une substance par unité de temps** par les reins (quand c'est spécifiquement épuré par les reins).

Il s'agit d'un débit et l'unité est en **mL/min**

Les définitions doivent être apprises **par cœur !!!**

### Clairance plasmatique d'un traceur extracellulaire

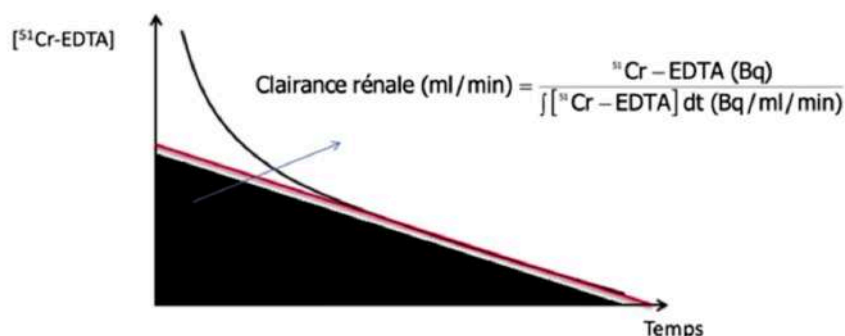
L'**EDTA** est une petite molécule qu'on peut coupler à un isotope radioactif de **Chrome (51)** pour pouvoir en mesurer la **quantité injectée** dans l'organisme **passivement**.

L'**EDTA** va être un traceur extracellulaire **exclusivement** éliminé par les **reins**.

Le volume extracellulaire est **régulièrement** filtré par les **reins**.

→ Clairance EDTA = clairance rénale

L'EDTA est une molécule éliminée exclusivement par les reins.  
Le volume de plasma épuré d'EDTA par minute est une mesure de la clairance plasmatique rénale.



La **clairance plasmatique** de l'**EDTA** est **proportionnelle** à la **quantité** d'EDTA injectée divisée par **l'aire sous la courbe de la concentration** en fonction du temps.

La **clairance plasmatique rénale** (=débit de filtration glomérulaire) est de l'ordre de **172,8 L/j (120mL/min)** pour un individu standard.

On peut, en considérant le volume plasmatique, mesurer que les reins filtrent le plasma **50 fois par jour** (il faut juste diviser le débit de filtration glomérulaire par le volume plasmatique).

Les **reins** sont donc des organes capables **d'épurer efficacement le sang**.

On remarque que l'on urine **moins de 2 L par 24h** et donc que ces **172,8 L** sont en majeure partie recyclés par les reins et le compartiment urinaire est constitué de ces **172,8 L** qui vont être **réabsorbés par le tubule rénal**.

## Conclusion de la 2ème partie

→Les **volumes pulmonaires** se mesurent par **spirométrie** et **dilution** (de l'hélium).

→Les **débits de liquides digestifs** se mesurent par **drainage** des cavités.

→La **clairance plasmatique** d'une substance éliminée **seulement** par filtration rénale mesure le **débit de filtration glomérulaire**.

*La fiche est terminée, ça y est, bravo d'avoir lu jusqu'au bout ! J'espère que la mise en page vous plaît .  
Si vous avez des questions n'hésitez pas à me les poser sur le forum ou sur le discord, j'y répondrai.  
La fiche est complète donc vous pouvez travailler dessus durant tout le semestre.*

*Le moment est venu de faire mes premières dédicaces:*

- *Dédi à mes parents et à ma sœur qui ont toujours été là pour moi et qui m'ont toujours soutenu dans les moments les plus difficiles.*
- *Dédi au parrainage qui m'a permis de rencontrer des personnes incroyables.*
- *Dédi à mes parrains Camille et Anthony qui eux aussi m'ont toujours aidé dans les moments difficiles.*
- *Dédi à Dorian mon co-fillot de P1 qui m'a beaucoup aidé en maths en ST.*
- *Dédi à Noa et Seldjan, cette année c'est la bonne.*
- *Dédi à toi qui a lu cette fiche, je te souhaite bon courage, tu vas démonter l'examen en deux j'en suis sûr.*

