Lipidellène

Compartiments de l'organisme

Coucouu moi c'est Déllène, ou Lipidellène sur le forum, je suis trop contente d'enfin rédiger ma toute première fiche de la meilleure matière du monde. Vous allez voir, ce cours est très sympatique, mais il faut plus que jamais comprendre avant d'apprendre (dans cette matière, il y a beaucoup de logique) ! Alors installez-vous et c'est partiii
PS : quand je mets des "+++" c'est que c'est très important à retenir !

I) Compartiments du milieu intérieur

A) Définitions

À la fin du XIXe siècle, le médecin et physiologiste français Claude Bernard élabore le concept de milieu intérieur (ou **extracellulaire**) que l'on oppose à celui de milieu cellulaire (ou **intracellulaire**).

Le milieu cellulaire se trouve donc à l'intérieur de la cellule et est un sanctuaire inaccessible aux mesures et prélèvements. A l'inverse, le milieu intérieur correspond au liquide dans lequel baigne les cellules (interstitiel + plasma) et est accessible pour les prélèvements et les mesures.

Récap +++

Milieu cellulaire = intracellulaire → inaccessible aux mesures

≠

Milieu intérieur = extracellulaire → accessible aux mesures

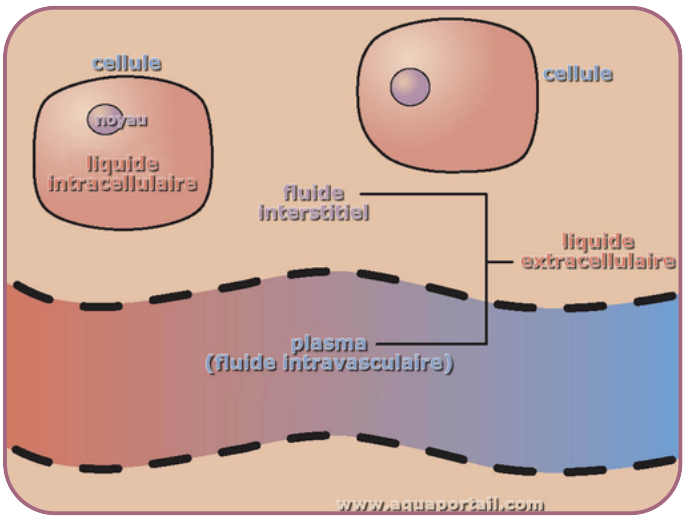


Schéma explicatif :

Ici, on voit bien des cellules, à l'intérieure desquelles se trouve le liquide intracellulaire(=milieu cellulaire). Ces cellules baignent dans un liquide extracellulaire (=milieu intérieur) qu'on appelle le fluide interstitiel. Le plasma est également un autre type de liquide extracellulaire dans lequel baigneront les globules rouges pour former le sang (on reverra cette notion plus loin dans le cours).

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

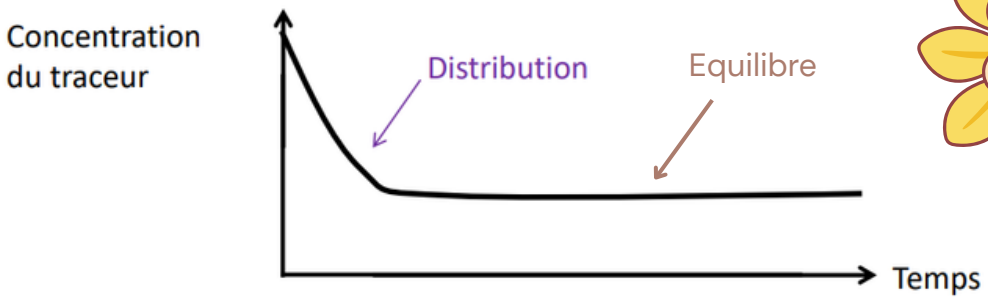
B) Mesures

Pour appréhender et mesurer ces compartiments, on va utiliser différents traceurs. Ces traceurs ont la capacité de se distribuer selon :
- Leur **taille** ++
- Leur **affinité** ++

Principe : on injecte un traceur *(par exemple dans une veine)* et on vient mesurer sa concentration un peu plus tard. On peut ensuite calculer le **volume de distribution** du traceur (=volume dans lequel un traceur ou une substance semble s'être réparti après son injection). La méthode de calcul peut différer selon le type de traceur.

En effet, le traceur peut être : +++
- **Séquestré** dans le volume de distribution *(c'est à dire qu'il est confiné dans le compartiment le temps de la mesure, et ne sera éliminé que bien plus tard)* et ainsi atteindre un équilibre de concentration *(sa concentration ne variera pas le temps de la mesure, elle est donc en équilibre)*
- **Éliminé** à vitesse constante *(le temps de la mesure)*, donc sans équilibre de concentration.

1) Mesure d'un traceur **séquestré = à l'équilibre**





Si on est à l'équilibre de concentration, lorsqu'on injecte notre traceur, on obtient sur le graphique un pic de concentration *(c'est le moment de l'injection)* qui va diminuer avec la dilution du traceur à l'intérieur du compartiment : cela s'appelle la courbe de **distribution**. Puis le traceur sera sequestré donc sa concentration ne diminuera pas ; c'est la droite de concentration à **l'équilibre** en fonction du temps.

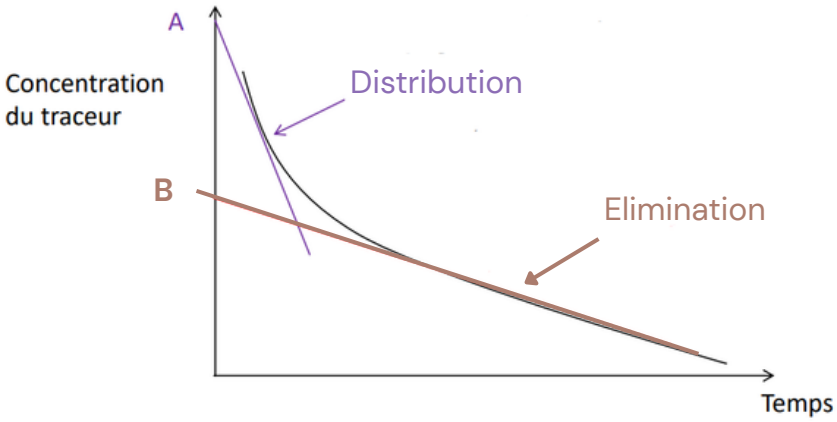
Pour calculer le volume de distribution (en litres) d'un traceur séquestré, on utilise cette formule : ++

$$Vd\ (L) = \frac{\text{Quantité de traceur injectée (mol ou Bq)}}{\text{Concentration à l'équilibre (mol/L ou Bq/L)}}$$

On utilise soit des moles si on mesure la quantité du traceur, soit des Becquerel si on mesure son activité radioactive.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

2) Mesure d'un traceur **éliminé**



Lorsque le traceur est éliminé à vitesse constante, on obtient une décroissance exponentielle du traceur en fonction du temps (c'est la phase de **distribution**) qui démarre au moment où la concentration du traceur est maximale, c'est-à-dire au moment de l'injection. Puis on voit une phase d'**élimination** du traceur. En réalité, les deux phases de distribution et d'élimination sont simultanées *(elles ont lieu en même temps) +++*

L'extrapolation linéaire de chacune de ces phases *(ce sont les traits violets et marrons)* 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.

il faut juste comprendre que si on veut utiliser la formule du Vd ci-dessous à partir de ce graphique, on a besoin d'une concentration, mais cette concentration n'est pas constante, donc on va tracer une droite imaginaire qui longe la phase d'élimination jusqu'à croiser l'axe des ordonnées (trait marron) et on obtient le point B (c'est cette valeur la de concentration qu'on utilisera dans la formule).

$$Vd\ (L) = \frac{\text{Quantité de traceur injectée (mol ou Bq)}}{\text{Concentration au point B (mol/L ou Bq/L)}}$$

C'est la même formule qu'avant, sauf qu'au lieu d'utiliser la concentration à l'équilibre (car il n'y a pas d'équilibre), on utilise celle au point B

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

3) Les différents traceurs +++

Volume mesuré	Volume d'eau totale	Volume plasmatique	Volume extracellulaire	Volume Pulmonaire
Traceur	Deutérium : $^{2}H_2O$ Tritium : $^{3}H_2O$	^{125}I-albumine	^{51}Cr-EDTA Inuline et PAS insuline !!!!	Hélium
Type	Séquestré	Séquestré	Éliminé	

Ne vous inquietez pas, on va détailler le tableau, mais c'est ultra important de retenir quel traceur mesure quel compartiment (le prof ne piegera pas sur les petits numéros d'isotopes)

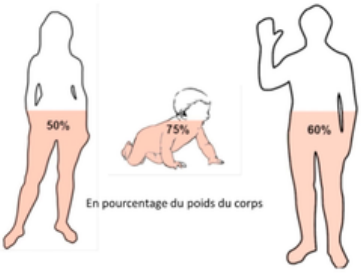
4) Mesure du volume d'eau total

Expérience : Ici, pour mesurer le volume d'eau total, nous allons utiliser le deutérium. L'équilibre de concentration du traceur 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. L'eau est donc considérée comme séquestrée et le deutérium reste dans le compartiment liquidien.
On peut donc appliquer cette formule :

$$\text{Volume de distribution } (L) = \frac{\text{Activité } injectée \text{ (en Becquerel)}}{\text{[Deutérium] à } l'équilibre \text{ (Bq/L)}}$$

Conclusion de l'expérience +++

Pour une femme : Volume d'eau total = **50%** du poids du corps
Pour un homme : Volume d'eau total = **60%** du poids du corps
Pour un nouveau-né : Volume d'eau total = **75%** du poids du corps



Bien à connaitre pour faire des calculs +++

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

5) Mesure du volume d'eau **extra**cellulaire

Expérience : Pour mesurer le volume extracellulaire, on va utiliser le 51Cr-EDTA qui est une molécule exogène régulièrement éliminée par les reins. On utilise donc la courbe de distribution d'un traceur éliminé à vitesse constante pour calculer le volume de distribution. On utilise donc cette formule :

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

Conclusion de l'expérience +++

Volume d'eau **extra**cellulaire = ⅓ du volume d'eau total

6) Déduction du volume d'eau **intra**cellulaire

Rappel : le milieu cellulaire*(=intracellulaire)* est inaccessible aux mesures contrairement au milieu intérieur*(=extracellulaire)*.
Mais on peut déduire le volume intracellulaire :

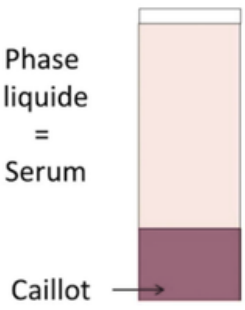
Volume cellulaire = volume d'eau totale – volume extracellulaire

Volume d'eau **intra**cellulaire = ⅔ du volume d'eau total +++

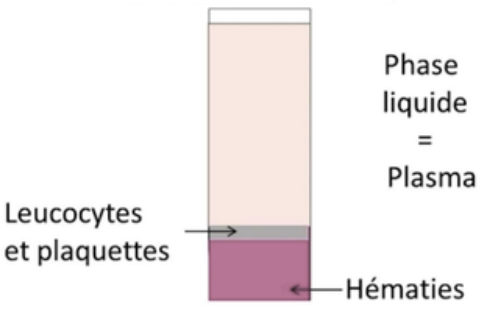


7) Mesure du volume plasmatique et hématocrite

Sans anticoagulant



Avec anticoagulant



Sans anticoagulant, le sang coagule et on a : caillot (amas de cellules) + **sérum**

≠

Avec anticoagulant, le sang ne coagule pas et est constitué de : hématies(=globules rouges) + leucocytes/plaquettes(=cellules immunitaires) + **plasma**

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

Définitions ++

Plasma : liquide qui reste après avoir prélevé du sang dans un tube **avec** anticoagulant.
Sérum : liquide qui reste après prélevé du sang dans un tube dit « sec » **sans** anticoagulant.

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

Hématocrite = pourcentage du volume occupé par les globules rouges(=volume globulaire) par rapport au volume total de sang +++

L'hématocrite doit être égale à **0,45** (= 45%) +++
Donc plus l'hématocrite est élevée, plus le sang est dense en globules rouges et plus il est épais/visqueux

$$Hématocrite = \frac{V\ globulaire}{V\ sanguin} = 0,45$$ +++



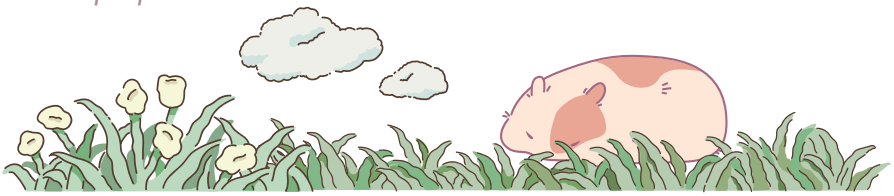
Expérience : Pour mesurer le volume plasmatique, on se sert d'albumine (protéine plasmatique) marquée à l'iode 125 et on utilise la formule :

$$Volume\ \text{plasmatique} = \frac{125\ I - albumine\ (Bq)}{[125I - albumine]}\ \text{(Bq/L)}$$

On le considère comme sequestré car l'albumine ne se renouvelle pas très rapidemment

Conclusion +++
Volume plasmatique = **50** ml/kg de poids corporel

Encore une dernière petite notion à voir en on se fera un giga méga ultra exercice récapitulatif, vous verrez ce n'est pas compliqué !



Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

8) Calcul du volume sanguin

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.

Démonstration :

$$V\ sanguin = \mathbf{V\ globulaire} + V\ plasmatique$$

c'est bien la composition du sang sous anticoagulant (on néglige leucocytes et plaquettes)

$$\frac{V\ globulaire}{V\ sanguin} + \frac{V\ plasmatique}{V\ sanguin} = 1$$

on divise tout par Vsanguin pour faire apparaitre l'hématocrite après

$$Hématocrite + \frac{V\ plasma}{V\ sanguin} = 1$$

$$V\ sanguin = \frac{\mathbf{V\ plasma}}{[\mathbf{1 - hématocrite}]}$$

on isole Vsanguin de l'équation



Formules +++

Vsanguin = Vglobulaire + Vplasmatique

$$Vsanguin = \frac{Vplasmatique}{1 - Hématocrite}$$



Exercice +++



Pour une femme de 60kg, calculez :

1) Veau total
2) Veau extracellulaire
3) Veau cellulaire
4) Vplasmatique
5) Vsanguin
6) Vglobulaire

Correction :

1) $Veau\ total = \frac{50}{100} \times 60 = 30L$ *c'est une femme donc elle a 50% d'eau*

2) $Veau\ extracellulaire = \frac{1}{3} \times 30 = 10L$

3) $Veau\ intracellulaire = \frac{2}{3} \times 30 = 20L\ \ OU\ \ Veau\ intracellulaire = 2 \times 10 = 20L$ *il y a 2x plus d'eau en intra que en extracellulaire*

4) $Vplasmatique = 50 \times 60 = 3000mL = 3L$ *on fait bien attention aux unités, c'est bien 50mL/kg et non des L*

5) $Vsanguin = \frac{3}{1-0,45} = \frac{3}{0,55} \approx 5,45L$ *ici on doit bien utiliser le Vplasma en L et pas mL*

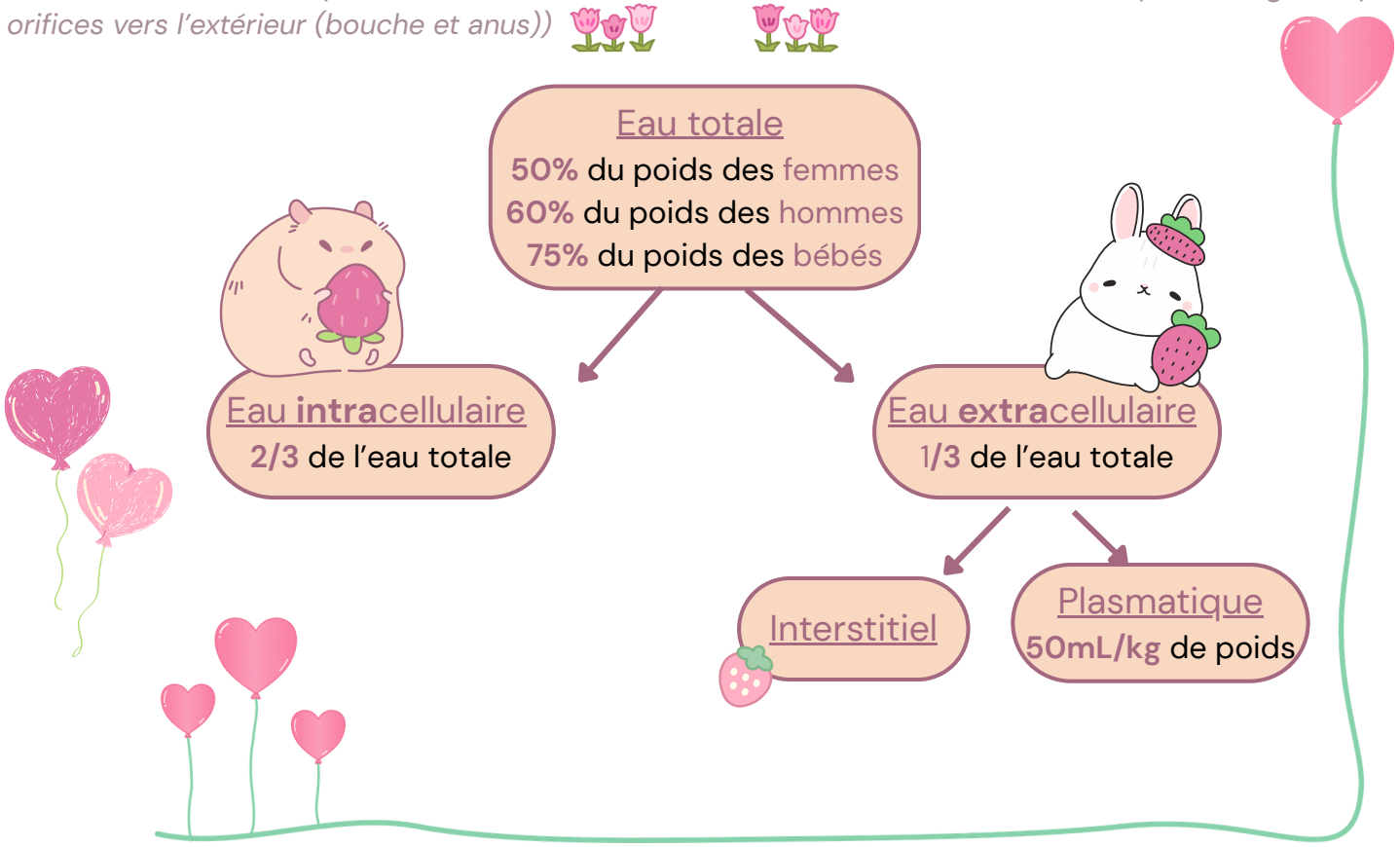
6) $Vglobulaire = Vsanguin - Vplasmatique = 5,45 - 3 = 2,45L$

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

9) Conclusion

- La notion de compartiment n'est PAS anatomique+++ mais accessible à l'aide de traceurs moléculaires.
- On décrit simplement 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.

Donc le milieu intérieur est le liquide qui baigne les cellules (plasma + interstitiel) et est principalement constitué d'eau, tandis que le milieu extérieur est en contact avec l'air extérieur (ex : système digestif qui a 2 orifices vers l'extérieur (bouche et anus))



II) Compartiments du milieu extérieur



A) Définitions

Compartiment pulmonaire : l'air qu'on respire vient se mettre au contact du sang dans un milieu aérien pulmonaire particulier (extérieur), où l'air est **dépoussiéré**, **réchauffé** et **humidifié**. +++

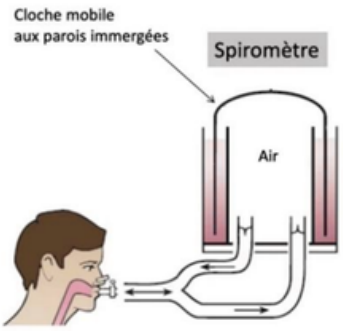
Compartiment digestif : les aliments que l'on ingère viennent au contact du sang à travers l'intestin, et le bol alimentaire est modifié par les sécrétions digestives.

Compartiment urinaire : 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 son trajet et qui va permettre l'équilibration du milieu intérieur.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

B) Compartiment pulmonaire

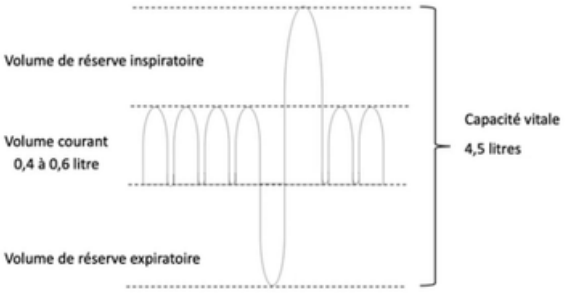
L'air pulmonaire est facile à mesurer, puisqu'on peut faire varier le volume d'air extérieur simplement par la ventilation. Un appareil, appelé **spiromètre** +++, permet de mesurer les variations d'air sous une cloche dans laquelle ventile un patient.



On observe :
- Une diminution du volume sous la cloche lors de l'inspiration ++
- Une augmentation du volume lors de l'expiration ++

On obtient +++

- ☐ Ventilation spontanée (sans aucun effort) ≈ 0,5 L
- ☐ Volume de réserve inspiratoire (inspiration à fond) = 2 L
- ☐ Volume de réserve expiratoire (expiration à fond) = 2 L
- ☐ Capacité vitale (somme de tous ces volumes) = 4,5 L



Démonstration *(pas très important)*:

On peut aussi utiliser un traceur, **l'hélium**, qui se distribue dans l'ensemble de l'arbre aérien : on injecte une quantité 1 d'hélium (C1) dans le spiromètre dans un volume 1 de distribution connue (Vd1), puis, on ouvre la communication entre le spiromètre et l'arbre aérien, on mesure la concentration 2 (C2), déduisant le volume de distribution 2 (Vd2). Le volume 2 comporte ainsi le volume 1 et la part supplémentaire liée à l'arbre aérien.

On pose : $\text{Hélium (mol)} = [\text{Hélium}]\ (\text{mol/L}) \times \text{Vd (L)}$

La quantité injectée d'hélium est proportionnel à sa concentration multipliée par le volume de distribution. Lorsqu'on ouvre la communication entre le spiromètre (volume connu Vd_1) et les poumons, l'hélium se répartit dans un volume plus grand (Vd_2). Comme l'hélium ne disparaît pas, la quantité reste constante, on peut donc déduire :

$$[hélium]1 \times Vd1 = [hélium]2 \times Vd2$$

$$Vd2 = \frac{[hélium]1 \times Vd1}{[hélium]2}$$

Grâce à ces calculs, on obtient la capacité pulmonaire totale.

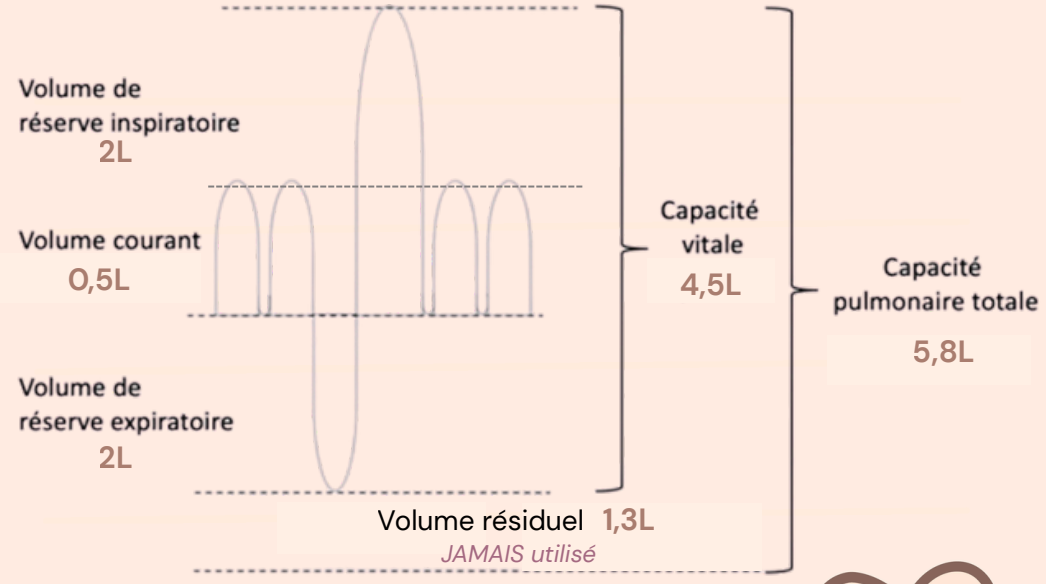
Capacité pulmonaire totale = 5,8 L +++

Grâce à la mesure via l'hélium, on trouve une différence de 1,3 L par rapport à la capacité vitale. Cette différence correspond au volume résiduel (=volume d'air présent dans les l'arbre aérien et qui évite à ce dernier de se refermer lors d'une expiration maximale).

Volume résiduel = 1,3L et n'est JAMAIS utilisé +++

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

Méga récap +++



On ne confond pas capacité vitale et capacité pulmonaire totale !!!

C) Compartiment digestif

Le compartiment liquidien digestif est variable en fonction du site.
On mesure ces débits liquidiens par **drainage** +++.

Cavité digestive	Sécrétion	Débit quotidien (litre)
Bouche	Salive	1,5
Estomac	Suc gastrique	2
Duodénum et jéjunum proximal *(Ce sont des parties de l'intestin grêle)*	Sucs pancréatique Suc biliaire Suc intestinal	1,5 0,5 1,5
Jéjunum distal, côlon et rectum	Suc intestinal	Faible

Vous retrouverez le même tableau dans le cours sur les flux transépithéliaux, donc apprenez-le au cas-où

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

D) Compartiment urinaire

Le compartiment urinaire est le plus difficile à mesurer. On le mesure en considérant que le plasma *(partie liquide du sang)* est filtré en permanence par les reins et que le volume de plasma totalement épuré *(=débarrassé)* d'une substance par unité de temps constitue la clairance plasmatique (=débit de filtration glomérulaire). Il s'agit d'un **débit** en **ml/min**.++++++++

Clairance plasmatique = **VOLUME** de plasma totalement épuré d'une substance par **UNITÉ DE TEMPS** ++++++++++++

Si la substance est exclusivement éliminée par les **reins**, on a :
Clairance plasmatique rénale = **débit de filtration glomérulaire** = VOLUME de plasma totalement épuré d'une substance par UNITÉ DE TEMPS par les **REINS** ++++++++++++++

S'exprime en **mL/min**

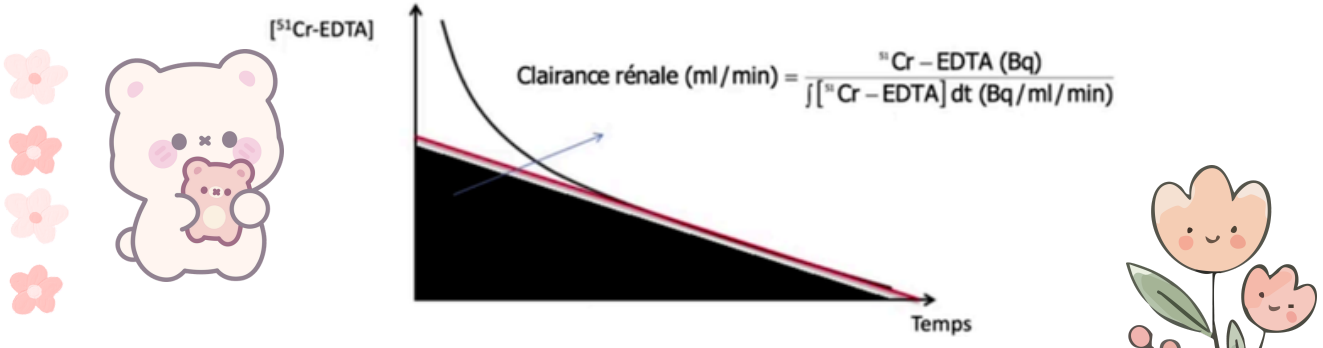
TOUS les mots des définitions sont à retenir !!!! Ca tombe très souvent !!! C'est bien un VOLUME de plasma et non pas une "quantité" !!!

En gros la clairance plasmatique est le débit que le rein a pour se débarrasser d'une substance du plasma

PS : Le "glomérule" est l'élément qui permet la filtration dans les reins

Expérience *(pas très important)* :

L'EDTA est une petite molécule qu'on peut coupler à un isotope radioactif de chrome (51) pour pouvoir mesurer la quantité injectée dans l'organisme facilement. L'EDTA est un traceur extracellulaire et le volume extracellulaire*(= milieu intérieur)* est filtré régulièrement par les reins. Ainsi, la clairance plasmatique de l'EDTA va être proportionnelle à la quantité d'EDTA injectée divisée par l'aire sous la courbe de la concentration en fonction du temps



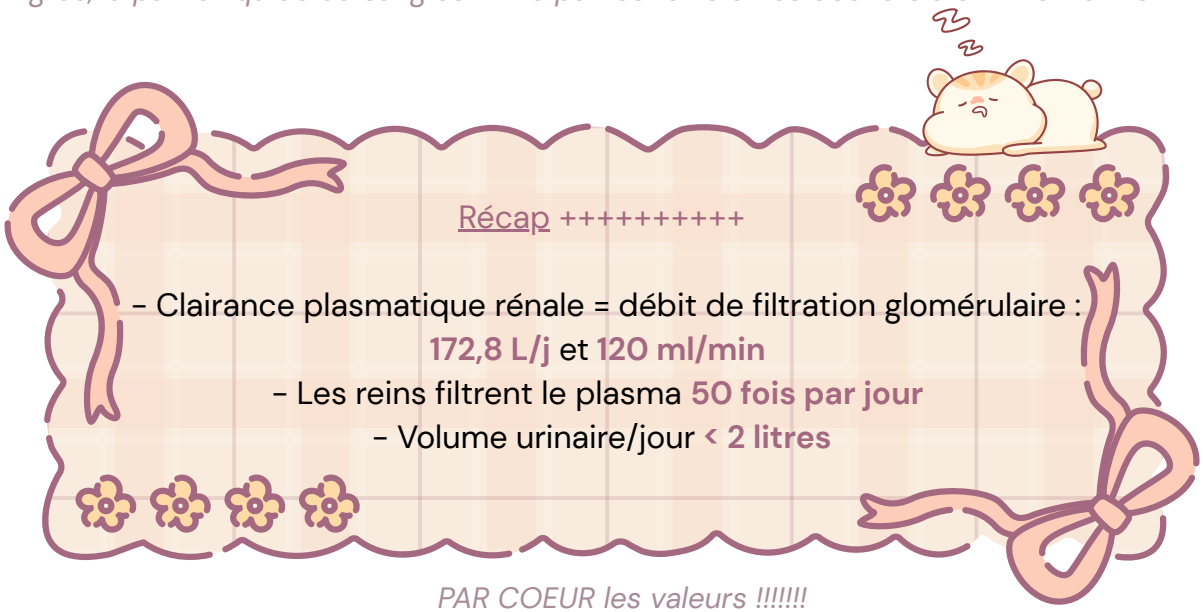
Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

On trouve que la clairance plasmatique rénale (ou débit de filtration glomérulaire) est de l'ordre de **172,8 L/j** pour un individu standard. ++++

En considérant le volume plasmatique d'un individu standard (3,5 L) on peut déduire que les reins filtrent le plasma **50 fois par jour** +++ (172,8/3,5 = 49,4). Ainsi, les reins sont capables d'épurer efficacement le sang.

On remarque tout de même que l'on urine moins de **2 L** par jour +++ on peut donc déduire que les 172,8 L/j sont en majeure partie recyclés par les reins. Le compartiment urinaire est constitué de ces 172,8 L qui vont être réabsorbés par le tubule rénal.

C'est normal si vous ne comprenez pas tout au fonctionnement du rein pour le moment ! C'est un organe complexe et il sera plus détaillé au cours de cette année et des prochaines en médecine… Mais en gros, la partie liquide du sang est filtré par les reins et les dechets à éliminer forment l'urine.



Récap ++++++++++

- Clairance plasmatique rénale = débit de filtration glomérulaire : **172,8 L/j** et **120 ml/min**
- Les reins filtrent le plasma **50 fois par jour**
- Volume urinaire/jour **< 2 litres**

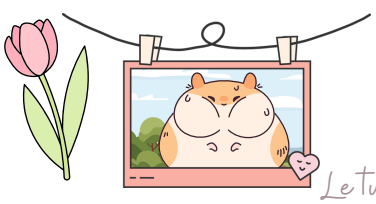
PAR COEUR les valeurs !!!!!!!



E) Conclusion +++

- Les volumes pulmonaires se mesurent par **spirométrie** et **dilution d'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.

Et voilaaaaa c'est la fin de votre tout premier cours de physiologie !!! J'espère qu'il vous a plu et que ma fiche vous a donné envie d'être lue ! Si vous avez la moindre question, n'hésitez pas à la poser sur le forum 😉 Et faites des QCM++++++





Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite