

TD

Compartiments liquidiens

L'individualisation d'un **milieu intérieur**, d'un milieu **intracellulaire**, d'un milieu **extracellulaire** et d'un milieu **extérieur environnant** est une conséquence de l'évolution de la morphologie et de la structure des **êtres vivants**.

Un **organisme mono** ou **pluricellulaire** dépend totalement du milieu ambiant dans lequel il évolue; c'est avec ce milieu extérieur qu'il effectue ses échanges, prélèvements des substances qui lui sont nécessaires (**acides aminés**, **acides gras**, **O₂**, etc.) et rejet de celles qui lui sont inutiles ou nuisibles, **déchets de métabolisme** (**CO₂**, **NH₃**, **Urée**, etc.).

Ces échanges sont directs entre la cellule et le milieu extérieur sur lequel la cellule n'a aucune influence et dont elle subit inexorablement les modifications : c'est avec le **milieu interstitiel** que les cellules font leurs échanges directement. Les cellules vivent dans ce liquide interstitiel, elles acquièrent de ce fait une certaine indépendance vis à vis du milieu ambiant.

L'existence de ce milieu **extracellulaire**, qui par rapport au milieu extérieur proprement dit, constitue le **milieu intérieur** dans lequel s'exercent toutes les activités cellulaires comme l'a souligné Claude Bernard.

L'existence même de ce milieu impose certaines caractéristiques d'autant plus strictes que l'organisme cellulaire et tissulaire sont plus avancés. Ce sont surtout :

- Des caractéristiques **physicochimiques**,
- caractéristiques **statiques** (**composition électrique et chimique**, **P.O.**, etc),
- caractéristiques **dynamiques**, etc)..

Le constituant principal de l'organisme est l'**eau**, qui représente en général **60-65%** du **poids corporel**. Le reste représente la **substance sèche**. La répartition de cette eau se fait dans l'organisme entre deux grands compartiments :

- ▶ Le **compartiment intracellulaire**,
- ▶ Le **compartiment extracellulaire**.

Le **compartiment intracellulaire** est constitué par le **volume qu'occupe toutes les cellules de l'organisme** (y compris les **cellules sanguines**).

Le **compartiment extracellulaire** est représenté par le **plasma sanguin**, la **lymphe interstitielle** (c.à.d. le véritable milieu intérieur dans lequel baignent toutes les cellules de l'organisme), la **lymphe canalisée** (c.à.d. le liquide de drainage des espaces interstitiels tissulaires qui, par les **vaisseaux lymphatiques**, se déverse dans le système veineux, donc le sang). La **lymphe** est donc l'élément quantitativement le plus important du compartiment extracellulaire.

En fait, si on veut avoir une notion exacte de ce qui est le compartiment extracellulaire, il faut ajouter à la lymphe les liquides qui remplissent certaines cavités closes de l'organisme comme :

- le **liquide céphalo-rachidien**, dans les **cavités du névraxe** (**ventricules cérébraux** et **canal épendymaire**),
- les **espaces sous-arachnoïdiens**, les **liquides de l'oreille interne** et de la **chambre antérieure de l'œil** et ceux des **séreuses**.

Tous sont indiscutablement **extracellulaires**, et l'ensemble de l'espace dans lequel ils se répartissent constitue ce qu'on appelle le **système lacunaire**.

Mesure des espaces liquidiens

La méthode généralement utilisée est la **méthode de dilution** dont le principe est le suivant :

Le **volume occupé** par un "**espace liquidien**" est évaluée d'après la **distribution** d'une **substance** donnée introduite dans cet espace à une concentration connue. D'où deux conditions (parmi d'autres) :

a/ La **substance doit se répartir de façon homogène** dans l'espace considéré.

b/ Sa **concentration doit s'y maintenir suffisamment constante** durant le temps nécessaire à la mesure.

Soit par exemple C_0 , la **concentration pondérale** connue de la **solution utilisée** :

$$C_0 = m_0 / V_0$$

m_0 : **masse de la solution introduite** et V_0 : **volume de solution introduit**.

La **quantité m_0** se répartit dans tout le **volume de distribution V** , ce qui lui confère une **concentration C** dans ce volume de distribution (déterminée par l'analyse), telle que :

$$C = m_0 / V \quad \Leftrightarrow \quad V = m_0 / C = V_0 \cdot C_0 / C$$

Une **correction** est possible si une **partie m** de la quantité de substance introduite a été **éliminée** et peut être **évaluée**; la relation devient alors :

$$V = (m_0 - m) / C$$

Par cette méthode, peuvent être **mesurés directement** :

- Le **volume plasmatique (V_p)**,
- le **volume extracellulaire (V_e)**,
- le **volume d'eau totale (V_t)**.

► Il suffit de disposer de **substances adaptées** à chacun de ces **espaces**, compte tenu des deux conditions indiquées ci-dessus. Quant aux mesures du **compartiment interstitiel (V_i)** et du **compartiment intracellulaire (V_c)**, ils peuvent être évalués par la relation :

$$\text{On sait que } V_e = V_i + V_p \quad \Leftrightarrow \quad V_i = V_e - V_p$$

$$\text{et que } V_T = V_c + V_e \quad \Leftrightarrow \quad V_c = V_T - V_e$$

► Le **volume plasmatique** est généralement mesuré à la suite d'**injection de bleu Evans**, ou de **serum-albumine (humain)** marquée à l'**iode radioactif I^{131}** , par exemple.

$$\text{On sait aussi que : } V_s = V_p + V_g \quad \Leftrightarrow \quad V_p = V_s - V_g$$

le **volume globulaire (V_g)** représente environ **42 à 48 %** du **V_s total**, mesuré par l'**hématocrite (H)**.

► Le **volume extracellulaire (V_e)** peut être mesuré au moyen de substances très diverses : **Thiosulfate, thiocyanate, brome, radiochlore (Cl^{36} ou $38}$)**, **radiosodium (Na^{24})**, **mannitol, inuline**, etc.).

Les résultats obtenus varient selon la substance utilisée de sorte qu'il conviendrait plutôt que de parler de **compartiment extracellulaire**, de préciser la substance ayant servi à la mesure d'où le nom "**d'espace inuline**" (~16 % du **poids du corps**), "**espace sodium**" (~25 à 26 % du **poids corporel** chez l'homme), etc.

► Le **V_c** n'est pas **mesurable directement**, puisqu'il ne peut être atteint par une substance quelconque que si celle-ci a diffusé dans la totalité de l'organisme et **contaminer** par conséquent les autres compartiments. C'est donc le **compartiment total** que l'on essaye de mesurer, d'où l'on déduira le **compartiment intracellulaire** :

$$V_c = V_t - V_e$$

Pour la mesure du **compartiment total**, on peut utiliser : l'**Urée**, **Thiourée**, **antipyrine**, **deutérium**, **eau tritiée**, etc...

Description TP volume sanguin et mesure du compartiment sanguin

Exercices :

Exo.1/

On a administré par voie **intraveineuse 0,35 ml** d'une solution de **bleu trypan de 0,8 g/l** à un **rat** pesant **250g** et dont le **capital hydrique** représente **60 %** du **poids de l'animal**.

L'analyse d'un **échantillon plasmatique**, prélevé **10 mn** après l'injection, montre une teneur en **bleu trypan de 30 mg/l**. Le prélèvement **urinaire** d'un **volume de 1,5 ml**, réalisé sur la même période, montre une teneur en **bleu trypan de 5 mg/l**. Pour une valeur d'**hématocrite de 45 %** et sachant que le **volume interstitiel** représente environ **75 %** du **volume extracellulaire** :

a/ Calculer le **volume plasmatique** et le **volume sanguin total**.

b/ En déduire le **volume extracellulaire**, le **volume interstitiel** et le **volume intracellulaire**.

Exo.2/

On administre **3 litres** d'une **solution hypertonique de chlorure de sodium 1500 mosmoles/l** à un individu pesant **60 Kg** et dont le **capital hydrique** représente **60 %** du **poids du corps**. Sachant qu'avant l'injection de la solution hypertonique :

- Le **volume extracellulaire** était de **15 litres**,

- la **concentration du liquide intracellulaire** était de **300 mosmoles/l**.

a/ **Schématiser** les **compartiments extracellulaire** et **intracellulaire avant et après l'injection** ?

b/ Calculer les **concentrations** et les **volumes** de ces compartiments à l'**état final d'équilibre** ?

c/ Mêmes questions si le **sujet absorbe 3 litres d'eau**, sans en rien excréter ?

Réponse :

Exo.1

a/ Le **volume plasmatique $V_p = 9$ ml**.

Le **volume Sanguin total : $V_s = 16,3$ ml**.

b/ Le **volume extracellulaire (V_e) $V_e = 36$ ml**.

Le **volume interstitiel (V_{int}) $V_{int.} = 27$ ml**.

Le **volume intracellulaire (V_c) $V_c = 114$ ml**.

En conclusion, ces différents compartiments représentent en **%** du **poids du corps** :

$$V_p = 3,6 \%$$

$$V_s = 6,52 \%$$

$$V_{int.} = 10,8 \%$$

$$V_e = 15 \%$$

$$V_c = 46 \%$$

Exo.2

Sachant que **$C = Q/V$**

A l'**état initial**, le **volume extracellulaire** étant de **15 l**, l'animal étant en **équilibre** sur le plan physiologique, donc : la **concentration milieu intracellulaire = conc. milieu extra = 300 mosm/l**.

La **quantité totale de mosmoles** dans le **compartiment extracellulaire** :

$$Q = C \times V = 300 \times 15 = 4500 \text{ mosm.}$$

Si on veut schématiser les **compartiments** sur **2 axes orthogonaux** :

- **Avant injection**, le **volume extracellulaire V_e** est de **15 l**, la **concentration extracellulaire** est de **300 mosmoles/l**. le **volume intracellulaire (V_c)** est **27 l (42-15)** et la **concentration intracellulaire** est de **300 mosmoles/l**, vue que l'individu est en **équilibre physiologique**.

: **Concentration**

V_e (1/3)	V_c(2/3)
-------------------------------	------------------------------

Volume

-**Après injection** de **3 l** de **solution NaCl à 1500 mosmoles/l**, le **compartiment extracellulaire** augmente en **volume** et en **concentration**. Le **compartiment intracellulaire** diminue en **volume** et augmente en **concentration**

V_e (1/3)	V_c(2/3)
-------------------------------	------------------------------

Etat	Compartiment extracellulaire			Compartiment intracellulaire			Compartiment Total		
	Volume (l)	C (mosm/l)	Q (mosm)	Volume (l)	C (mosm/l)	Q (mosm)	Volume (l)	C (mosm/l)	Q totale (mosm)
Initial	15	300	4500	27 (42-15)	300	8100	42	300	12600
Moment de l'injection	3	1500	4500	-	-	-	3	1500	1500 ajoutées
Effet intermédiaire	18	500 (9000/18)	9000	27	300	8100	45	Eq.Osm. non at.	(12600+4500)=17100
A l'équilibre osmotique	23,68 (~23,7)	380	9000	8100/380 =21,3	380	8100	45	17100/45=380	17100

L'**administration** d'une **solution hypertonique** de **NaCl** de **1500 mosmoles/l** fait que :

- Le **volume extracellulaire (V_e)** augmente de **15 l** à **23,68 l**,

- le **volume intracellulaire (V_c)** diminue de : **27 - 21,3 = 5,7 l** et devient égal à :

$$\Rightarrow (18 + 5,7 = 23,7 \text{ l}),$$

- la **concentration osm.** des **milieux extra** et **intracellulaire** augmente pour atteindre **380 mosm/l**.

Donc, l'**injection** de **3 l** d'une solution de **NaCl hypertonique** provoque le déplacement de **5,7 l** d'**eau intracellulaire** vers le **compartiment extracellulaire**.

Dans ces conditions, la soif entraînerait le sujet à absorber suffisamment d'eau pour diluer les liquides du corps jusqu'à **300 mosm/l** et retrouver son **équilibre physiologique**.