

The background is a light blue gradient. It is decorated with several realistic water droplets of various sizes. Some droplets are at the top left, some at the bottom right, and a few are scattered in the lower half. Each droplet has a highlight and a shadow, giving it a 3D appearance.

Compartiments liquidiens

Année universitaire 2022-2023

Compartiments liquidiens

I-Introduction

II-Répartition de l'eau totale

III-Composition des compartiments liquidiens

1-Compartiment extracellulaire

2-Compartiment intracellulaire

IV-Entrée et sortie de liquide de l'organisme

V- Entrée et sortie de sodium de l'organisme

Compartiments liquidiens

VI-Echanges entre les différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

A-Echanges entre le plasma et le milieu extérieur

B-Echanges entre les compartiments liquidiens

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel

2-Echanges le liquide interstitiel et le liquide intracellulaire

VII-Osmolarité et états d'hydratation

VIII-Mesure des compartiments liquidiens

Conclusion

I-Introduction

- L'eau est le constituant le plus abondant de l'organisme. Elle est vitale par son importance quantitative et ses propriétés biologiques, parmi les quelles:
 - substance de remplissage et de soutien des cellules et des tissus;
 - cohésion des structures cellulaires et tissulaires;
 - amortisseur mécanique; exemple le liquide céphalorachidien qui protège le cerveau et la moelle épinière;
 - solvant universel;
 - véhicule universel;
 - transporteur d'énergie.
- On peut survivre plus de 10 à 12 semaines sans nourriture mais l'eau est apportée; mais seulement 3 à 4 jours sans nourriture et sans eau.

I-Introduction

Une partie de cette eau corporelle se trouve dans les cellules et constitue le liquide intracellulaire.

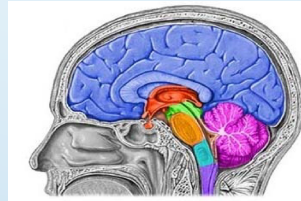
- Ces cellules baignent dans une « mer intérieure » de liquide extracellulaire appelé **milieu intérieur**.
- Le milieu intérieur s'interpose entre les cellules et le milieu extérieur.
- Dans le milieu intérieur, les cellules capturent l'O₂ et les nutriments et libèrent les déchets métaboliques.
- **Tout changement du milieu intérieur aura un impact sur la cellule et son fonctionnement.**

I-Introduction

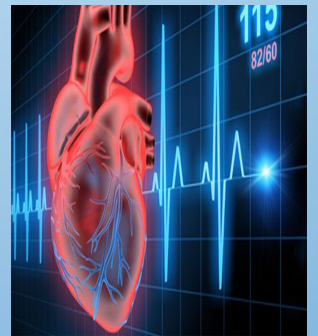
- Donc, pour la survie et le fonctionnement des cellules, ce **milieu intérieur** doit être maintenu **stable**.
- Cette stabilité et les mécanismes qui la maintiennent constitue l'homéostasie (homeo=similaire, stasis=condition): maintien de conditions constantes.
- Elle permet aux cellules de ne pas être affectées par les conditions extérieures: **stabilité du volume et de la composition du liquide intracellulaire essentielle au fonctionnement cellulaire dépend de la stabilité du volume et de la composition du milieu intérieur maintenue dans des limites très étroites).**
- Rôle prépondérant du rein dans le maintien de cette stabilité.

Impact du changement du milieu intérieur sur la cellule et son fonctionnement: exemples

1-Natrémie, taux de Na^+ plasmatique normal = **140 mmol/L**. Hyponatrémie sévère ($<125 \text{ mmol/L}$) : le plasma devient **Hypotonique** et l'eau se déplace vers les cellules. **Gonflement cellulaire** avec des conséquences graves au niveau **cérébral** (douleur, confusion, coma, mort).



2- kaliémie, taux de K^+ plasmatique normal = **4,5 mmol/L**. Hyperkaliémie sévère ($> 5,5 \text{ mmol/L}$), le potentiel de membrane devient moins négatif, cette dépolarisation modifie l'excitabilité des cellules nerveuses et surtout celle des cellules cardiaques avec risque de trouble du rythme très grave.



3-Calcémie, taux de Ca^{2+} plasmatique normal = **2,5 mmol/L**. Hypocalcémie ($<2,20 \text{ mmol/L}$) : excitabilité des nerfs et des muscles majorée (tétanie hypocalcique).



Les liquides corporels

LEC

Liquide interstitiel
Lymphhe

LEC

Plasma

capillaire sanguin

globule
blanc

globule
rouge

Paroi capillaire:
perméable

vaisseau
lymphatique

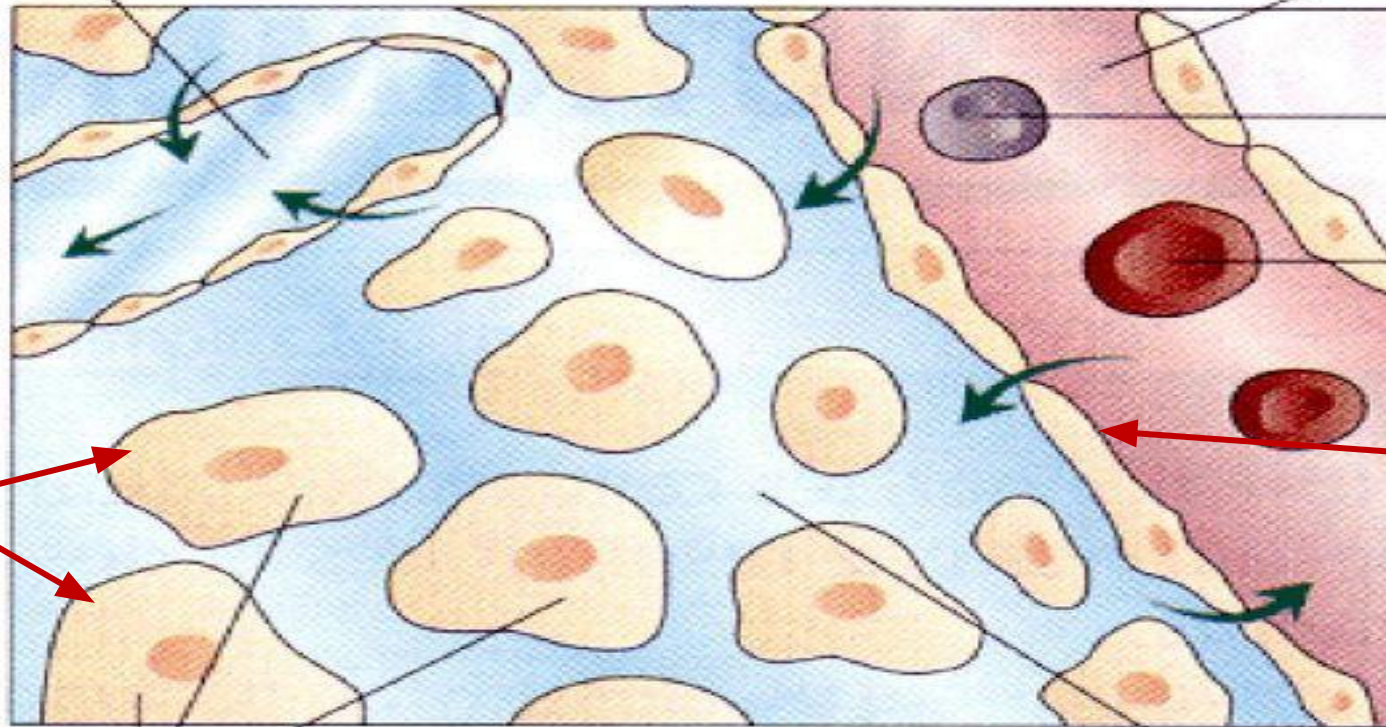
Membranes
cellulaires:
sélectives

LIC

Échanges

LEC

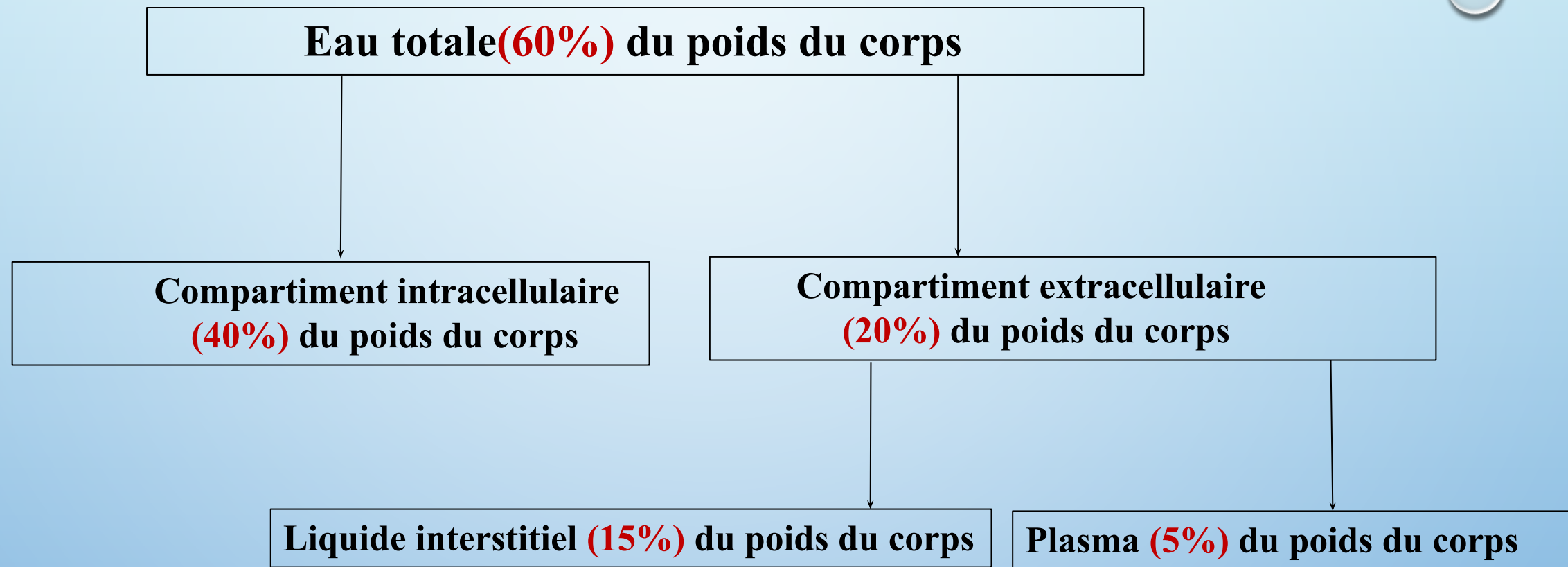
Liquide interstitiel



II-Répartition de l'eau totale

- En moyenne pour un adulte **de 70kg**, l'eau totale représente **40 à 42** litres soit **60%** de la masse totale de l'organisme avec des variations, en fonction :
 - du sexe : **60%** chez l'**homme** et **50%** chez la **femme** (importance de la graisse sous-cutanée qui est peu hydrophile);
 - de l'âge : **70%** chez le **nourrisson**, chez le sujet âgé ce pourcentage diminue à cause de l'expansion de la masse grasse et tissu fibreux;
 - de la quantité relative du tissu adipeux, celui-ci ne peut contenir que 20% d'eau, alors que le muscle squelettique peut en contenir jusqu'à 75%: l'organisme qui possède une plus grande masse musculaire, comprend une plus grande proportion d'eau.

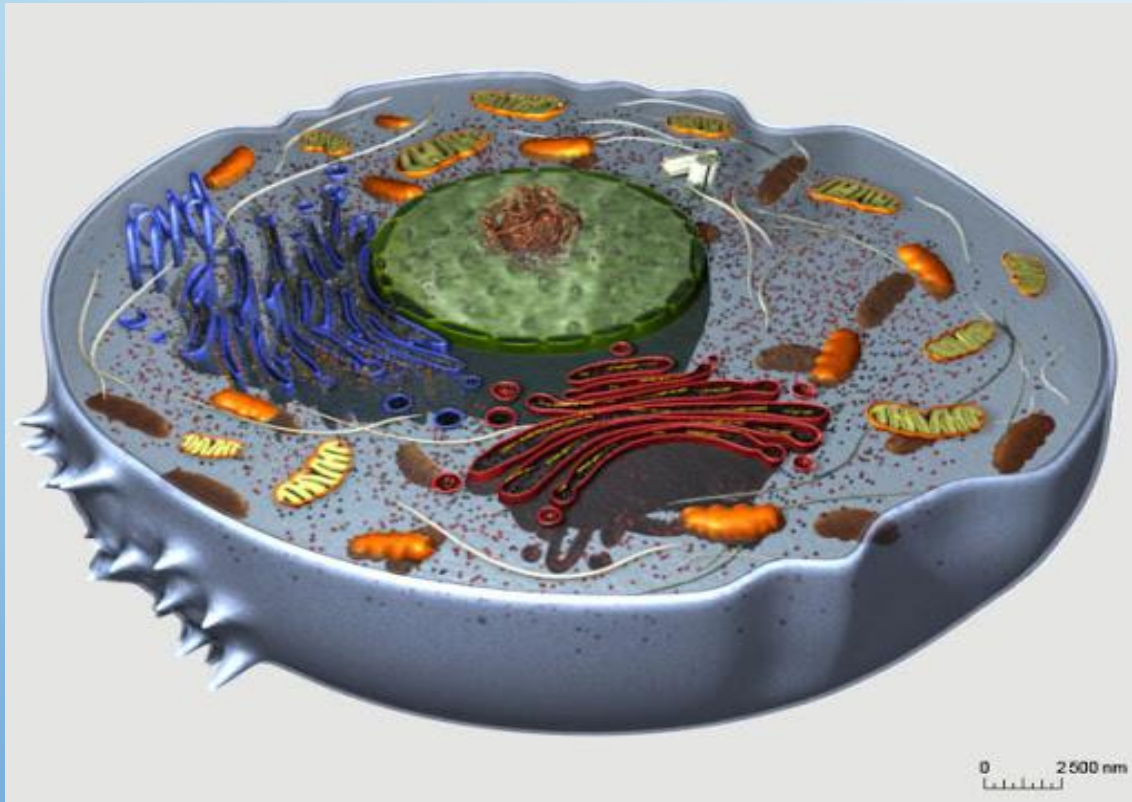
II-Répartition de l'eau totale:



Volume plasmatique(5%) + volume globulaire(3%)
Volume sanguin total \approx 8% du poids du corps

II-Répartition de l'eau totale:

- Le liquide intracellulaire(LIC) est le de liquide enfermé dans les **membranes plasmiques**. Celles-ci séparent le LIC du liquide extracellulaire(LEC) .En fait, la proportion d'eau est très différente selon les types cellulaires.



Adipocyte

II-Répartition de l'eau totale:

- Le plasma(partie liquide du sang) enfermé dans le système vasculaire, il représente le $\frac{1}{4}$ d'eau du compartiment extracellulaire.
- Le liquide interstitiel(liquide entre les cellules des tissus) contient les $\frac{3}{4}$ d'eau du compartiment extracellulaire et comprend l'**eau intercellulaire**, **la lymphe** et les **liquides non sanguins** tels que le liquide céphalo-rachidien.
- Le plasma et le liquide interstitiel sont séparés par la **paroi capillaire**.

Les liquides corporels

LEC

Liquide interstitiel
Lymphhe

LEC

Plasma

capillaire sanguin

globule
blanc

globule
rouge

Paroi capillaire:
perméable

vaisseau
lymphatique

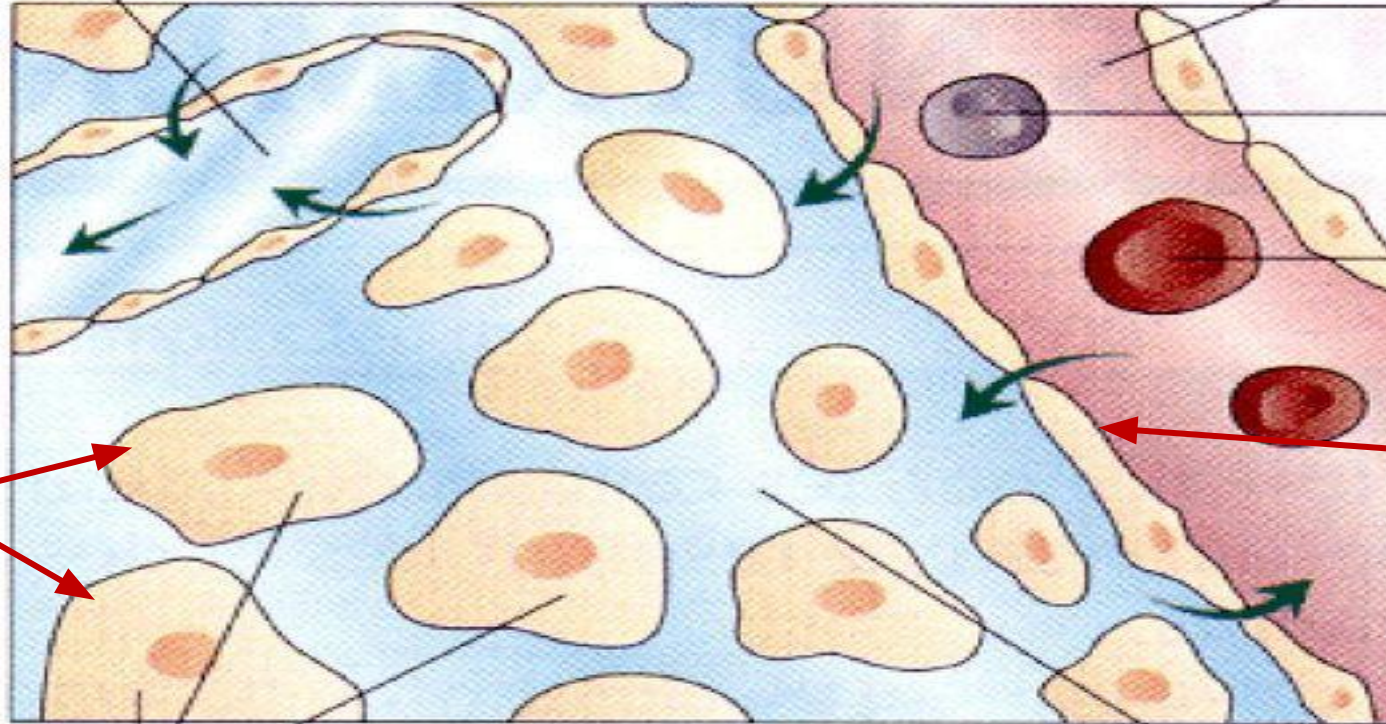
Membranes
cellulaires:
sélectives

LIC

Échanges

LEC

Liquide interstitiel



III-Composition des différents compartiments liquidiens

L'eau est parfois appelée solvant universel, car elle peut dissoudre des substances très diverses. Les solutés retrouvés dans les liquides corporels se divisent principalement en électrolytes et non électrolytes.

- Les non-électrolytes** ont des liaisons covalentes qui empêchent leur dissociation lorsqu'ils sont dissous dans l'eau. La plupart sont des molécules organiques : glucose, lipides, créatinine et urée.
- Les électrolytes** sont des composés chimiques qui se dissocient en ions(cations et anions) dans l'eau: sels inorganiques, des acides et des bases inorganiques et organiques et certaines protéines.

III-Composition des différents compartiments liquidiens

Les compartiments liquidiens sont donc solutions biologiques:

une solution = un **solvant** (eau) + un ou plusieurs **solutés**.

La concentration des solutés peut s'exprimer en :

- g/lou mg/L : concentration pondérale
- mmol/L : concentration molaire(molarité)
- mmol/kg :molalité
- meq/L: concentration électrolytique ou concentration équivalente
- mosm/L : concentration osmolaire (osmolarité)
- mosml/kg : osmolalité

III-Composition des différents compartiments liquidiens

1-Concentration pondérale (g/l ou mg/L) : masse du soluté par litre de solution.

2-Molarité(mmol/L): nombre de moles de soluté par litre de solution =

$$\text{mmol/L} = \frac{\text{mg/L}}{\text{Masse moléculaire ou atomique}}$$

Exemple : la glycémie $\approx 1\text{g/L} = 1000\text{ mg/L}$;

la masse moléculaire du glucose($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) = $6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180\text{g/mol}$

$$1000/180 = 5,5\text{ mmol/l}$$

-mmol/kg (molalité): nombre de moles de soluté par kilogramme de solvant.

III-Composition des différents compartiments liquidiens

3-Concentration électrolytique ou concentration équivalente d'un ion donné dans une solution biologique = la quantité(en milliequivalents) de charges électriques présentes dans la solution.

$$\text{meq/L} = \frac{\text{mg/L}}{\text{Masse moléculaire ou atomique}} \times \text{valence}$$

$$= \text{mmol/L} \times \text{valence}$$

Exemples :

-la natrémie(Na^+ plasmatique) \approx **140mmol/L** et la valence du $\text{Na}^+ = 1 \rightarrow 140 \times 1 =$ **140meq/L**

-le Ca^{2+} : la calcémie = **100 mg/L**

$$= 100 / 40 \times 2 \quad (\text{masse atomique } \text{Ca}^{2+} = 40 \text{ et sa valence} = 2)$$

$$= 2,5 \times 2 = \mathbf{5\text{meq/L}}$$

III-Composition des différents compartiments liquidiens

4- Osmolarité(mosm/L): nombre de particules de solutés par litre de solution.

$$\begin{aligned}\text{mosm/L} &= \frac{\text{mg/L}}{\text{Masse moléculaire ou atomique}} \times n \text{ particules} \\ &= \text{mmol/L} \times n \text{ particules}\end{aligned}$$

Exemples :

-1mmol/L de glucose = 1 X 1= 1mosml/L (le glucose = 1 particule indissociable)

-1mmol/L de NaCl = 1 X 2 = 2mosml/L (NaCl = 1 Na⁺ +1 Cl⁻)

- mosml/kg : osmolalité = nombre de particules de solutés par kg de solvant.

III-Composition des différents compartiments liquidiens

1-Compartiment extracellulaire: composition ionique du plasma et du liquide interstitiel est la même

- Comme le **plasma** et le **liquide interstitiel** sont séparés par la membrane perméable des capillaires, **leur composition ionique est la même**. La différence la plus notable entre ces deux compartiments est la **plus forte concentration de protéines dans le plasma**; les capillaires ont une faible perméabilité pour celles-ci de sorte qu'ils ne laissent passer dans le liquide interstitiel que très peu de protéines dans la plupart des tissus.

Les liquides corporels

LEC

Liquide interstitiel
Lymphhe

LEC

Plasma

capillaire sanguin

globule
blanc

globule
rouge

Paroi capillaire:
perméable

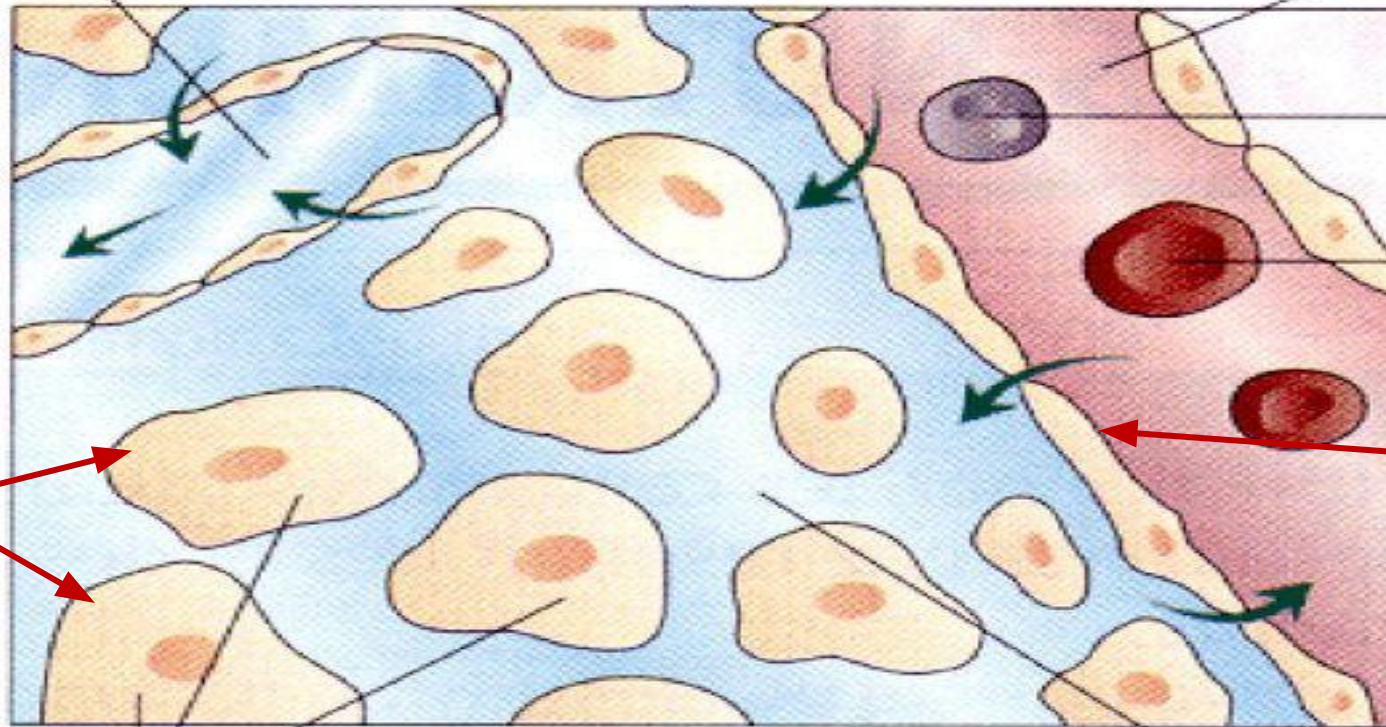
vaisseau
lymphatique

Échanges

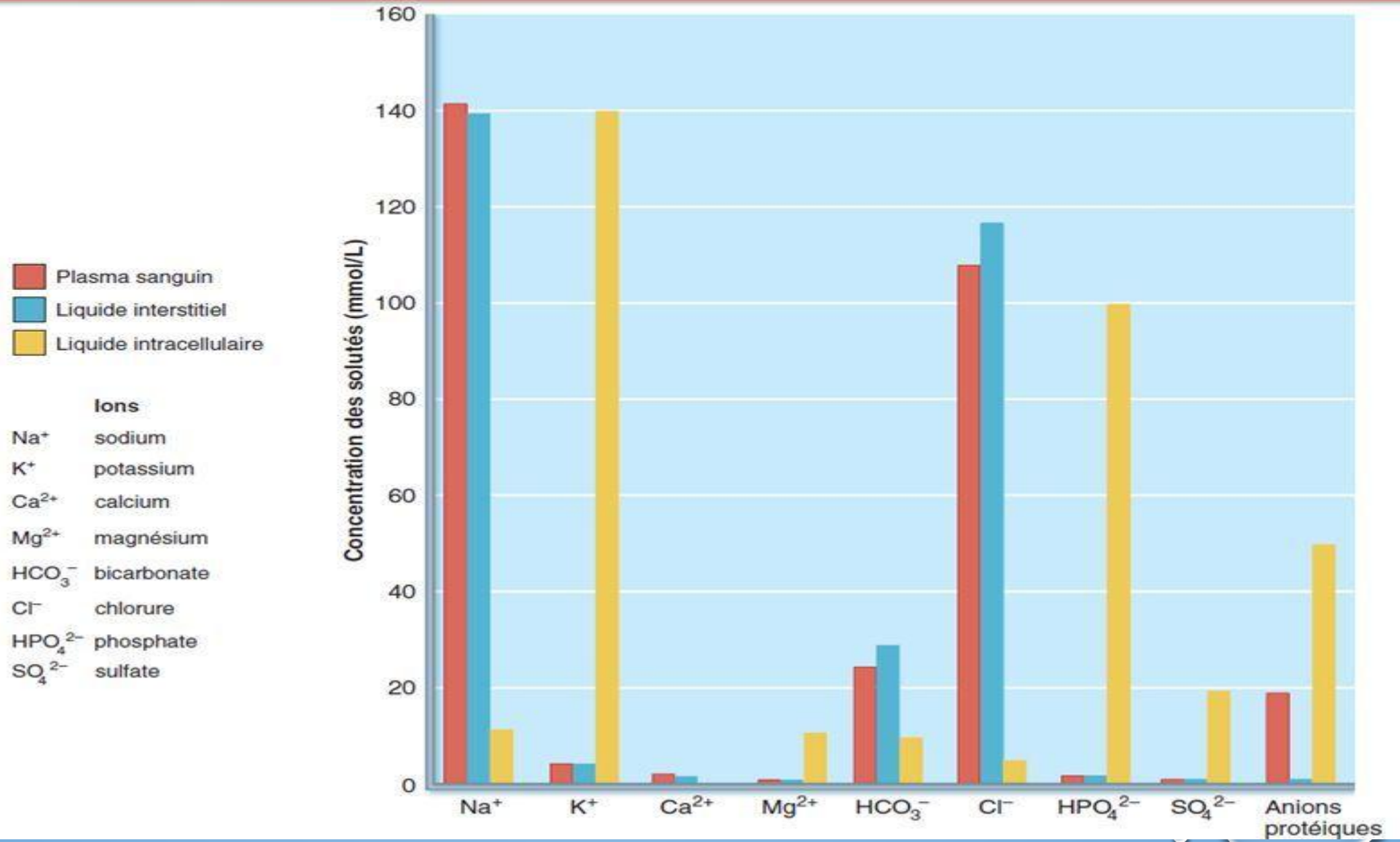
LEC
Liquide interstitiel

LIC

Membranes
Cellulaires:
sélectives



Composition du plasma sanguin, du liquide interstitiel et du liquide intracellulaire



III-Composition des différents compartiments liquidiens

1-Compartiment extracellulaire: composition ionique du plasma et du liquide interstitiel est la même

En raison de l'*effet Gibbs Donnan*, la concentration de cations est un peu plus forte(environ 2%) dans le plasma que dans le liquide interstitiel:

- les protéines du plasma ont une **charge nette négative** et tendent à attirer les cations;
- à l'inverse les protéines repoussent les anions de sorte que leur concentration tend à être un plus forte dans le liquide interstitiel que dans le plasma.

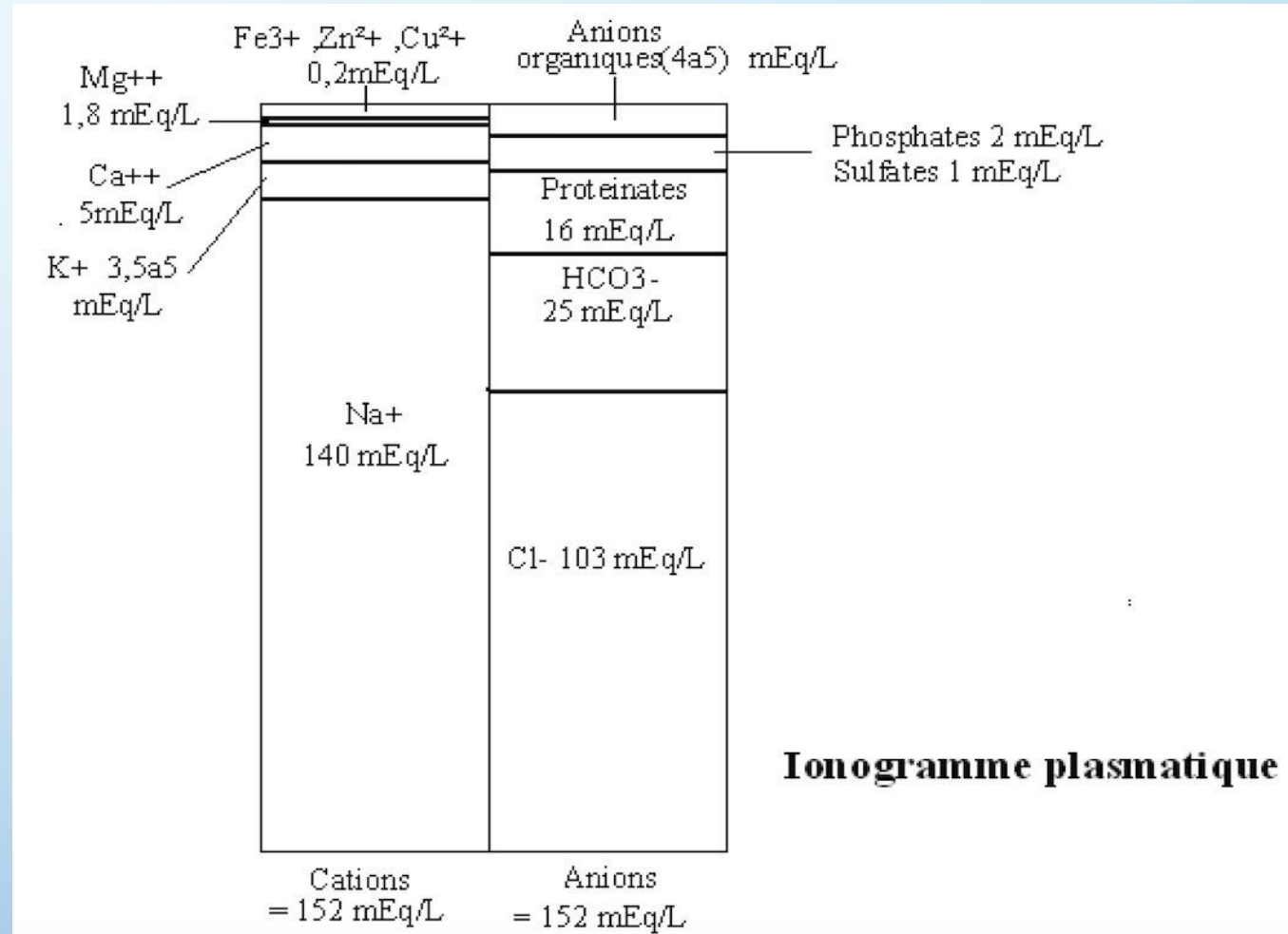
Au total: le milieu interstitiel contient très peu de protéines, plus de Cl^- et de HCO_3^- , et un peu moins de Na^+ que le plasma.

En pratique, on considère que la concentration des ions est la même dans le liquide interstitiel et dans le plasma: le cation le plus abondant est le Na^+ et les anions les plus abondants Cl^- et HCO_3^- .

Ionogramme plasmatique et osmolarité plasmatique

- Osmolarité plasmatique = $290 \text{ mOsm/l} \pm 5 \text{ mOsm/l}$
 - Electroneutralité des liquides biologiques:
[anions] = [cations].
 - Na^+ : 95% des cations du LEC(140 mmol/l) →
Natrémie: principal déterminant de l'osmolarité du LEC.
 - osmolarité plasmatique = [cations] + [anions]
et [cations] = $[\text{Na}^+]$
- osmolarité plasmatique = $[\text{Na}^+] + [\text{anions}] = 2 \times \text{Natrémie}(\text{calcul rapide}) = 2 \times 140 = 280 \text{ mOsm/l}$

Et si on prend en considération les non-électrolytes(glucose, urée) 5 mosm/l chacun
→ $2 \times \text{Natrémie} + [\text{glucose}] + [\text{urée}] = 290 \text{ mOsm/l}$



Substances non ionisées:

- glucidiques: glucose 1 g/l
- lipidiques: $4-5 \text{ g/l}$
- azotées: urée $0,1-0,5 \text{ g/l}$, créatinine $5-12 \text{ g/l}$

III-Composition des différents compartiments liquidiens

2-Compartiment intracellulaire:

Le liquide intracellulaire est séparé du liquide extracellulaire par la membrane cellulaire très perméable à l'eau mais très peu perméable à la plupart des solutés.

A la différence du liquide extracellulaire, le liquide intracellulaire contient:

- plus de protéines(4× plus que dans le plasma);
- beaucoup plus de K^+ (cation le plus abondant) et de phosphate(anion plus abondant);
- plus de magnésium et de sulfate;
- moins de Na^+ , de Cl^- et de bicarbonate.

III-Composition des différents compartiments liquidiens

2-Compartiment intracellulaire:

La distribution caractéristique de ces ions de part et d'autre des membranes cellulaires traduit l'activité des pompes $\text{Na}^+ \text{-K}^+$ ATPases de la membrane plasmique, qui maintiennent la faible concentration intracellulaire de Na^+ , tout en conservant la forte concentration intracellulaire K^+ .

III-Composition des différents compartiments liquidiens

Osmolalités intra et extracellulaire

- Malgré la différence de composition des deux secteurs, l'eau intracellulaire possède la même osmolalité que l'eau extracellulaire, c'est-à-dire la même concentration en substances dissoutes totales.
- En effet, toute différence d'osmolalité transitoire entre ces deux secteurs induit un flux d'eau qui tend à rétablir l'équilibre de concentration entre osmolalités intra et extracellulaire.

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur :

- Les compartiments liquidiens ne sont pas des volumes statiques, ils sont constamment renouvelés.
- Ils échangent en permanence entre eux et avec le milieu extérieur : l'équilibre hydroélectrolytique est dynamique.
- Leur fixité n'est pas synonyme d'immobilité: elle est la résultante d'un équilibre entre les entrées et les sorties des substances, c'est à dire du bilan des substances; celles-ci sont sans cesse renouvelées.

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur :

A-Echanges entre le plasma et le milieu extérieur(équilibre externe):

- Ils représentent la différence entre l'entrée et la sortie d'une substance de l'organisme.
- Le tube digestif est la principale voie d'entrée naturelle des substances, alors que plusieurs voies de sortie sont possibles ; tube digestif, peau, poumons et reins.
- Toutefois seuls les reins ont la possibilité de maintenir l'équilibre entre les entrées et les sorties et donc de préserver la stabilité du milieu intérieur.

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur :

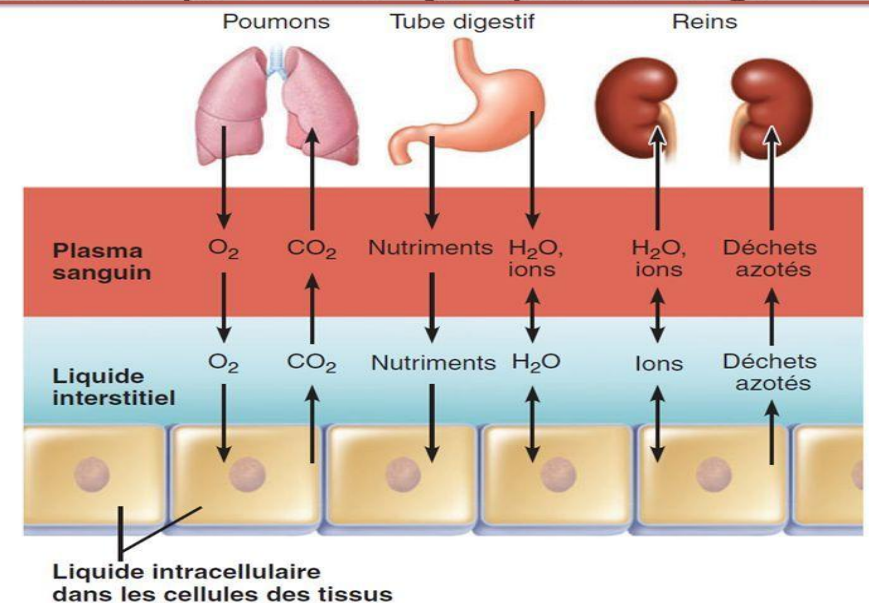
B-Echanges entre compartiments

Les échanges se font à travers les membranes cellulaires ou capillaires. La traversée d'une membrane peut être passive, répondant à des lois physiques, auxquelles s'opposent les caractéristiques de perméabilité de la membrane, elle peut aussi relever d'un transfert actif, et aller dans ce cas à l'encontre des forces physiques.

Ces forces physiques sont:

- la diffusion;
- les lois d'osmose;
- les différences de pressions hydrostatiques;
- l'attraction électrique.

Échange de gaz, de nutriments, d'eau et de déchets entre les trois compartiments hydriques de l'organisme



IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur :

B-Echanges entre compartiments

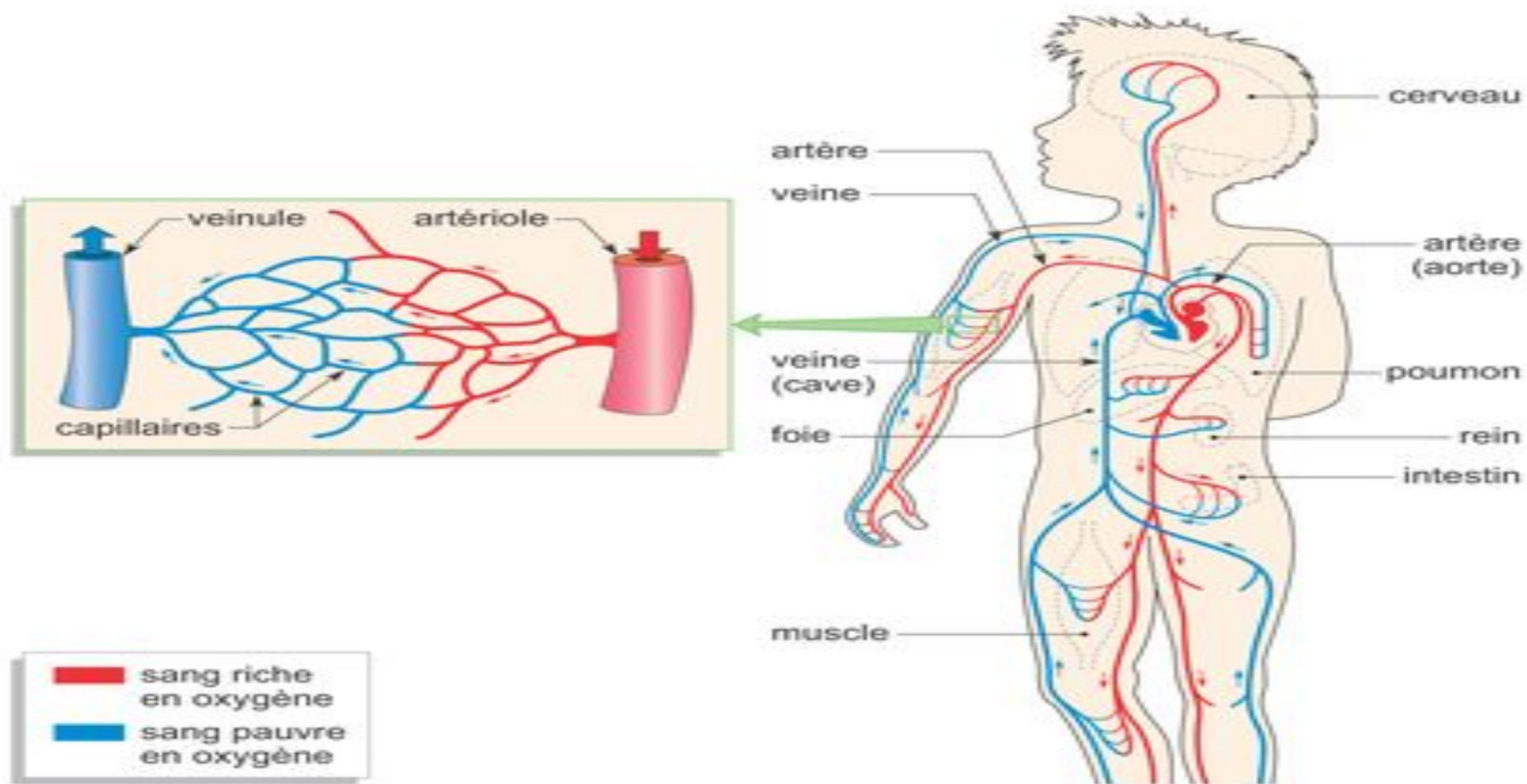
1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel :

Le liquide extracellulaire est transporté à toutes les parties de l'organisme en deux étapes:

- la première étape concerne le déplacement du sang dans le système circulatoire;
- la seconde étape le déplacement du liquide entre les capillaires sanguins et les cellules.

Lorsque le sang traverse les capillaires, des échanges continuels se produisent entre le plasma et le liquide interstitiel: tout le liquide et les molécules dissoutes diffusent.

La circulation sanguine



Les liquides corporels

LEC

Liquide interstitiel
Lymphpe

LEC

Plasma

capillaire sanguin

globule
blanc

globule
rouge

Paroi capillaire:
perméable

LEC

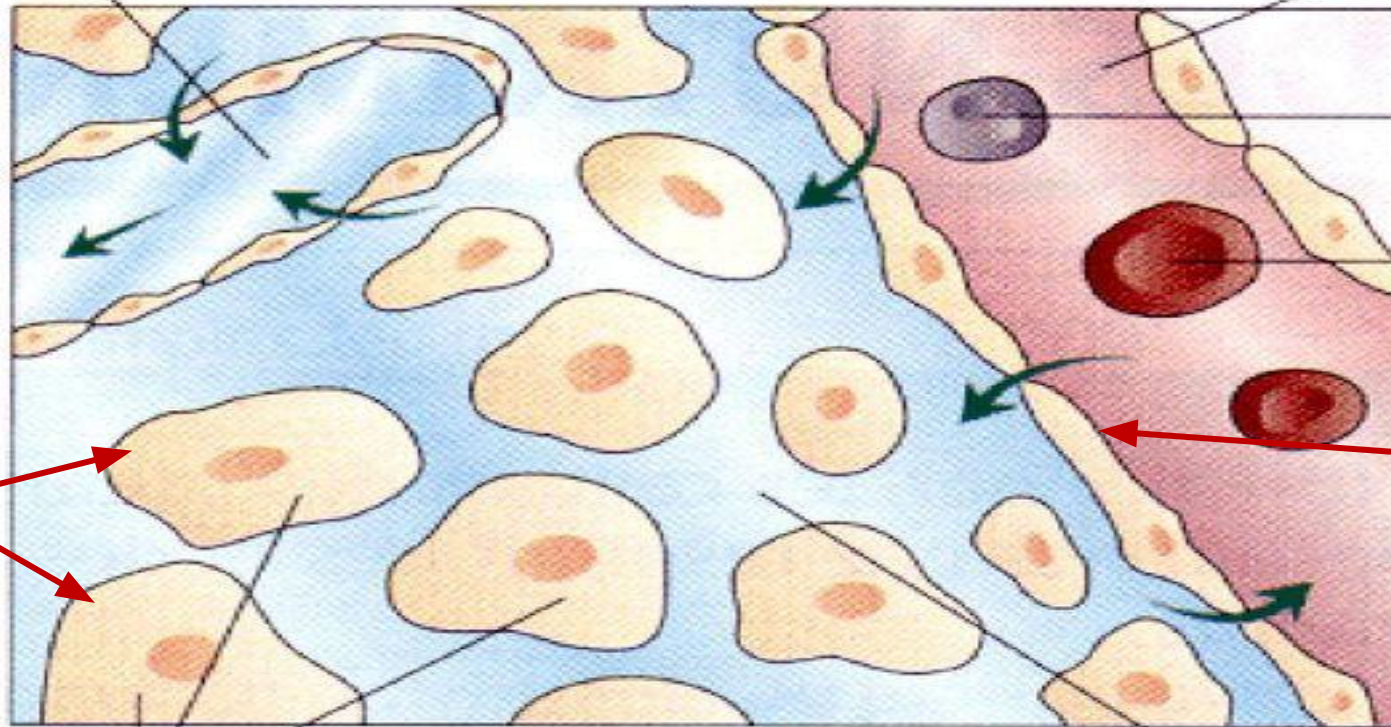
Liquide interstitiel

Échanges

LIC

vaisseau
lymphatique

Membranes
Cellulaires:
sélectives



IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

B-Echanges entre compartiments

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel : les échanges s'effectuent à travers les membranes capillaires:

- échanges des gaz respiratoires et des nutriments;**
- échanges liquidiens.**

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

B-Echanges entre compartiments

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel :

a-Echanges des gaz respiratoires et des nutriments

L'O₂, le CO₂, la plupart des nutriments et les déchets métaboliques passent du sang au liquide interstitiel, ou vice versa par **diffusion selon leurs gradients de concentration**.

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

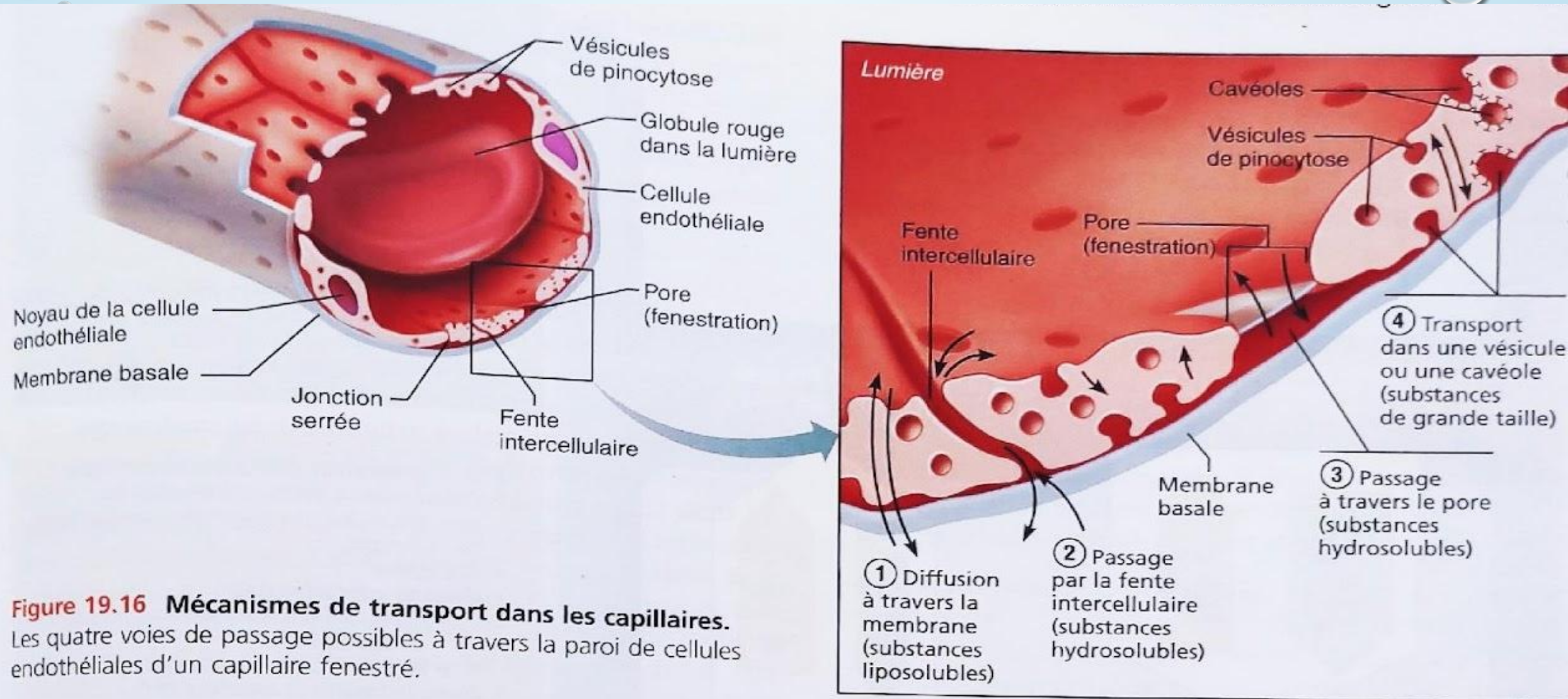
B-Echanges entre compartiments

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel :

a-Echanges des gaz respiratoires et des nutriments

- Les différents types de molécules peuvent franchir la paroi des capillaires selon l'une des quatre voies de passage suivantes(voir schéma Echanges capillaires ci-dessous):
 - les molécules liposolubles(O_2 , CO_2 ,...) diffusent à travers la double couche de phospholipides de la membrane plasmique des cellules endothéliales;
 - les petits solutés hydrosolubles (acides aminés, glucose,...) empruntent les fentes intercellulaires remplies de liquide ou les pores;
 - des vésicules ou des cavéoles se forment pour transporter certaines grosses molécules, telles que les protéines.

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel



IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

B-Echanges entre compartiments

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel :

b-Echanges liquidiens (filtration-réabsorption) : entraîne la sortie ou l'entrée d'eau dans les capillaires.

- Ces échanges servent surtout à équilibrer les volumes liquidiens dans les deux compartiments.
- Ils s'effectuent grâce à la différence de pression de part et d'autre de la paroi capillaire.
- Deux forces, parfois appelées forces de Starling, déterminent la sortie ou l'entrée de liquide dans les capillaires sanguins :
 - pression hydrostatique (PH);
 - pression osmotique ou oncotique (PO).

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

B-Echanges entre compartiments

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel :

b-Echanges liquidiens(filtration-réabsorption) : entraine la sortie ou l'entrée d'eau dans les capillaires.

- **Pression hydrostatique (PH)** : la pression hydrostatique est la force exercée par un liquide contre une paroi.
- Dans les capillaires la PH correspond à la PH capillaire(PHc); c'est la pression du sang contre les parois des capillaires et comme la PHc est supérieure à la PHi $\approx 0\text{mmHg}$ (très peu de liquides dans le compartiment interstitiel, car les vaisseaux lymphatiques les drainent constamment).

La **PH(pression hydrostatique nette)** = $\Delta\text{PH} = \text{PHc} - \text{PHi}$ tend à faire sortir l'eau et les solutés du capillaire. Comme la pression sanguine diminue à mesure que le sang avance dans un lit capillaire, la PHc est plus élevée dans l'extrémité artérielle.

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

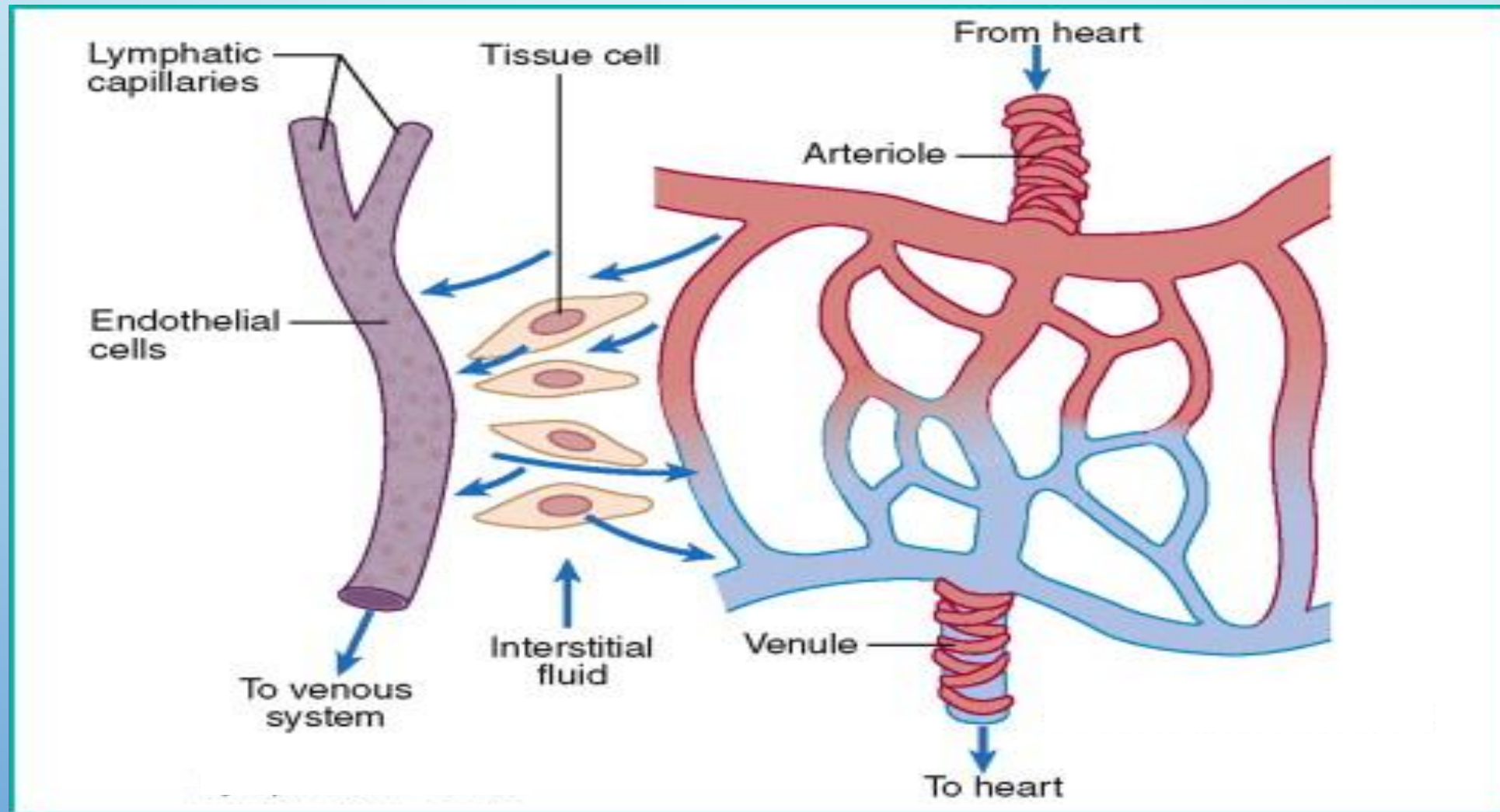
B-Echanges entre compartiments

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel :

b-Echanges liquidiens(filtration-réabsorption) : entraine la sortie ou l'entrée d'eau dans les capillaires.

- **Pression osmotique ou oncotique (PO)** : vu la prédominance des protéines dans le secteur plasmatique la **PO**(pression oncotique nette) = $\Delta PO = POc - POi$ tend à retenir l'eau et les solutés dans le plasma, celle-ci reste presque constante le long du capillaire car le flux traversant la paroi d'un capillaire est modéré.
- Remarque : si la POC diminue (cas d'hypoprotidémie du syndrome néphrotique), plus de liquide quitte les capillaires → œdèmes.

Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel



Pressions hydrostatique et pression oncotique à travers la membrane capillaire

Versant artériolaire

$PH_c = 35 \text{ mmHg}$

$PH_i = 0 \text{ mmHg}$

$PO_c = 26 \text{ mmHg}$

$PO_i = 1 \text{ mmHg}$

$PH = \Delta PH = PH_c - PH_i = 35 - 0 = 35 \text{ mmHg}$

$PO = \Delta PO = PO_c - PO_i = 26 - 1 = 25 \text{ mmHg}$

Versant veinulaire

$PH_c = 17 \text{ mmHg}$

$PH_i = 0 \text{ mmHg}$

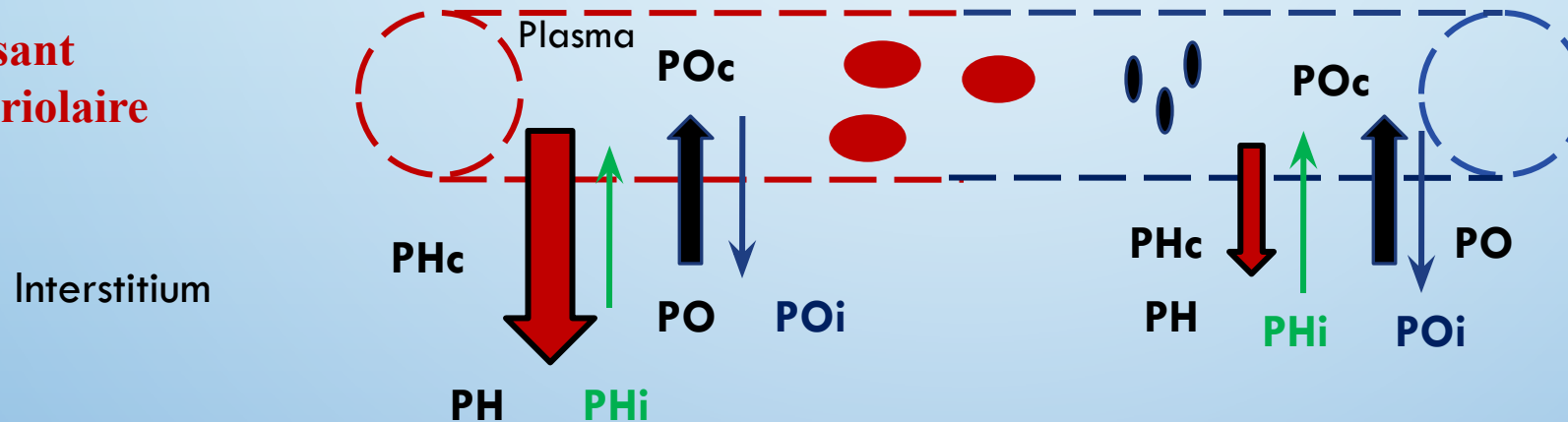
$PO_c = 26 \text{ mmHg}$

$PO_i = 1 \text{ mmHg}$

$PH = \Delta PH = PH_c - PH_i = 17 - 0 = 17 \text{ mmHg}$

$PO = \Delta PO = PO_c - PO_i = 26 - 1 = 25 \text{ mmHg}$

Versant artériolaire



Versant veinulaire

● : Globule rouge

● : Protéine plasmatique

PH_c : pression hydrostatique capillaire

PO_c : pression osmotique (oncotique) capillaire

PH_i : pression hydrostatique interstitielle

PO_i : pression osmotique interstitielle

Vaisseau
lymphatique

Pressions hydrostatique et pression oncotique à travers la membrane capillaire

Versant artériolaire

PH = 35mmHg

PO = 25mmHg

PH > PO → Filtration:

transfert net d'eau +solutés du plasma vers l'interstitium

Pression nette de filtration (PNF) = PH – PO = 35 – 25 = 10 mm Hg

Versant veinulaire

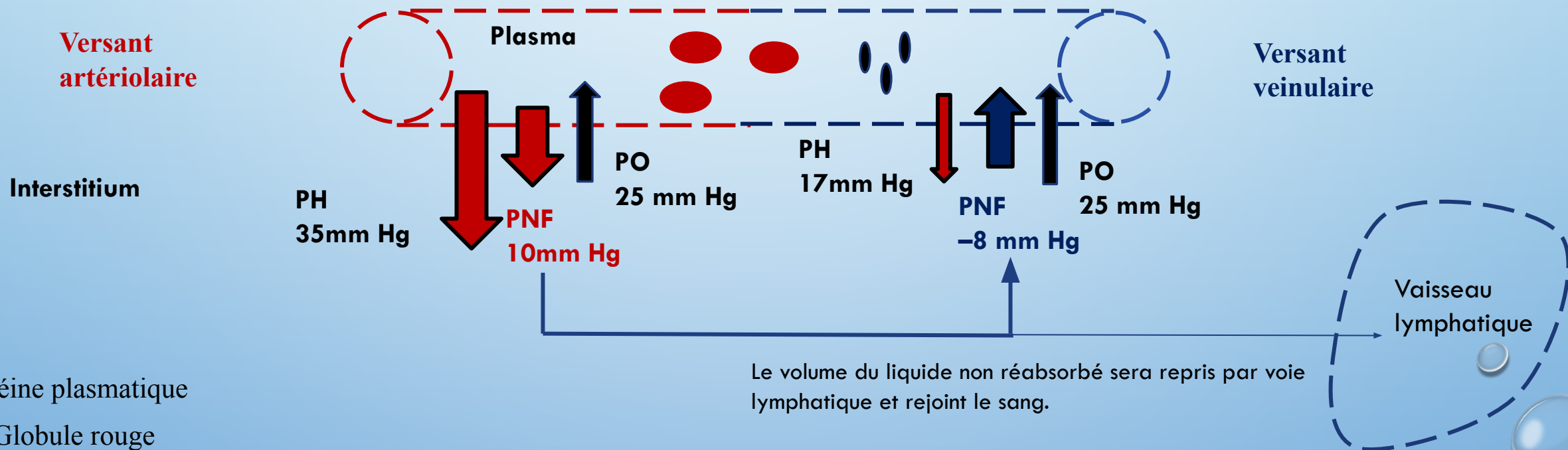
PH = 17mmHg

PO = 25mmHg

PH < PO → Réabsorption:

retour d'eau +solutés de l'interstitium vers le plasma

PNF = PH – PO = 17 – 25 = - 8 mm Hg



● : Protéine plasmatique

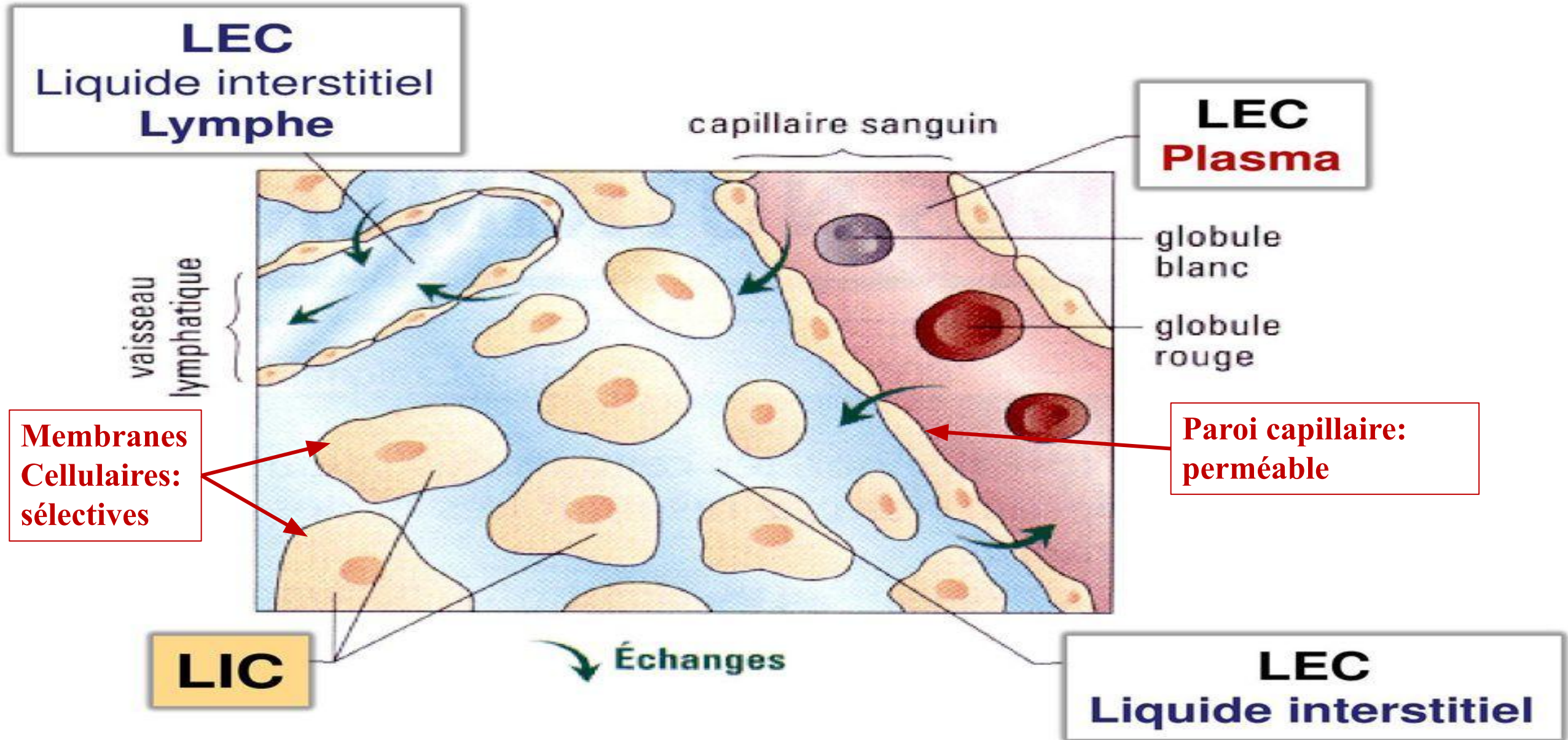
● : Globule rouge

PH : pression hydrostatique

PO : pression osmotique(oncotique)

PNF : pression nette de filtration

Les liquides corporels



IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

B-Echanges entre compartiments

1-Echanges entre le plasma et le liquide interstitiel :

b-Echanges liquidiens (filtration-réabsorption) : entraîne la sortie ou l'entrée d'eau dans les capillaires.

- La direction et l'amplitude du flux net de fluide à travers la paroi capillaire sont déterminés par la somme algébrique des différences des PH et PO qui s'exercent de part et d'autre de la paroi capillaire. L'équation de Starling résume les déterminants de ce flux(J_v):

$$J_v = K_f \times [(P_{Hc} - P_{Hi}) - (P_{Oc} - P_{Oi})]$$

$$J_v = K_f \times P_{NF}$$

K_f : coefficient de perméabilité capillaire qui varie proportionnellement à la perméabilité capillaire et à la surface de filtration possible.

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

B-Echanges entre compartiments

2-Echanges entre le liquide interstitiel et le liquide intracellulaire

Comme les membranes cellulaires sont plus sélectives, les échanges entre le liquide interstitiel et intracellulaire sont plus complexes:

- diffusion simple ou facilitée
 - transport actif
 - Osmose pour l'eau.
- } pour les solutés

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

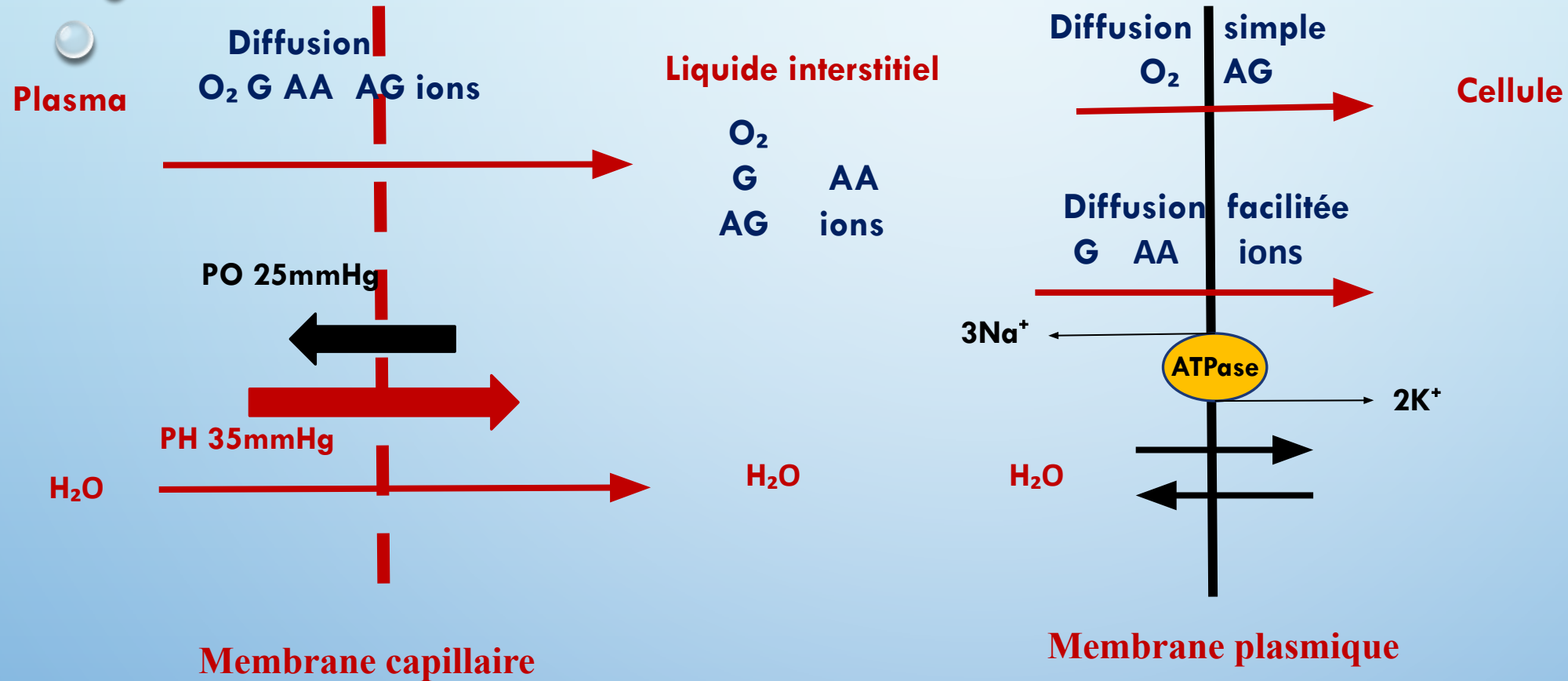
B-Echanges entre compartiments

2-Echanges entre le liquide interstitiel et le liquide intracellulaire:

- l'urée, les acides gras, l'oxygène(O_2) et le dioxyde de carbone (CO_2) diffusent librement à travers la bicouche lipidique;
- ions: transport actif ou canaux ioniques;
- glucose, acides aminés : diffusion facilitée,... .

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

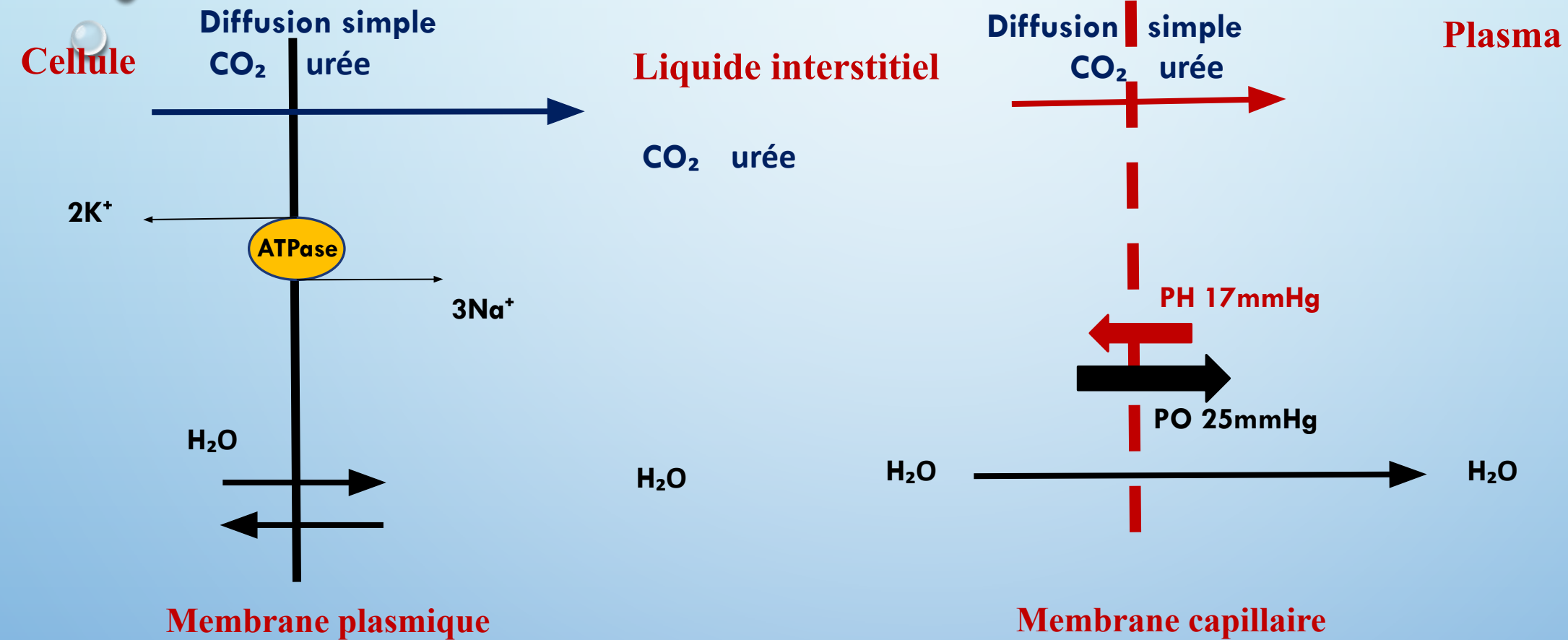
B-Echanges entre compartiments



Versant artériolaire

IV-Echanges des différents compartiments, entre eux et avec le milieu extérieur

B-Echanges entre compartiments



Versant veinulaire

V-Bilans de l'eau et du sodium

A-Introduction: équilibre de masse et homéostasie:

- L'organisme est un système ouvert qui échange de la chaleur et des substances avec l'environnement extérieur.
- Pour maintenir un état d'homéostasie-un environnement interne relativement stable- l'organisme utilise le principe de l'équilibre de masse.
- La **loi de l'équilibre de masse** dit que si la quantité de substances présente dans l'organisme doit rester constante, tout gain doit être compensé par une perte équivalente.



V-Bilans de l'eau et du sodium

A-Introduction: équilibre de masse et

homéostasie:

- Par exemple, pour maintenir une concentration corporelle constante, l'apport d'eau par l'environnement extérieur et le métabolisme doit être compensé par une perte d'eau qui doit retourner dans l'environnement extérieur.
- Les concentrations d'autres substances telles que l'O₂, le CO₂, les sels et les ions hydrogènes (pH) sont maintenus par l'équilibre de masse

Apport
(intestin, poumons
, peau)

Excrétion
(reins, foie,
poumons , peau)

**Production
métabolique**

**Charge
corporelle**

Transformation
métabolique en
une nouvelle
substance

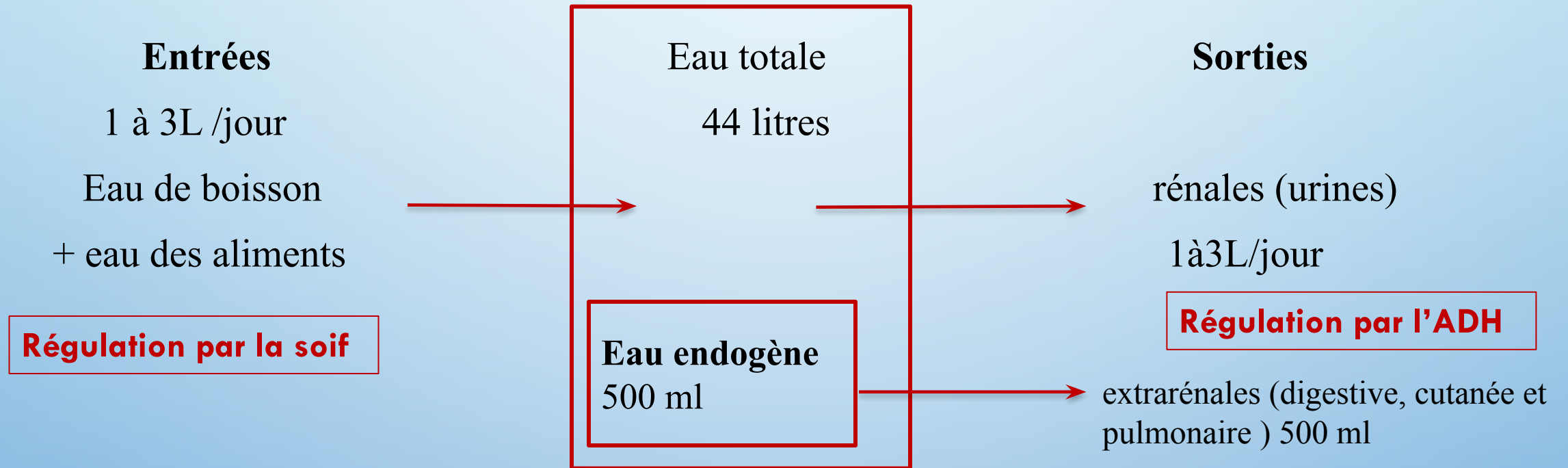
Loi de l'équilibre de masse

Equilibre de masse	=	charge corporelle existante	+	Apport ou production métabolique	-	Excrétion ou élimination métabolique
-------------------------------	---	-----------------------------------	---	--	---	--

B-Bilan de l'eau: entrées et sorties de liquide de l'organisme

Référence : jeune adulte masculin de 72 kg: repos et confort thermique

- Liquides corporels : eau + substances dissoutes



A l'état stable, la diurèse est équivalente aux apports d'eau exogènes (1 à 3L) qu'elle reflète.
Le rein ajuste l'excrétion d'eau aux entrées, et le bilan d'eau est nul, les entrées = les sorties

B-Bilan de l'eau

- **Les entrées d'eau** sont très variables, constituées :
 - d'un **apport d'eau obligatoire(endogène)** représenté par l'eau d'oxydation générée lors du catabolisme des nutriments (protides, glucides et lipides). Il est relativement fixe, de l'ordre de 500 ml/24h.
 - d'**apports exogènes** d'eau représentés par l'eau de boisson et l'hydratation des aliments. Ces apports d'eau varient entre 1 à 3L selon les sujets, et sont soumis à une régulation par la sensation de soif

B-Bilan de l'eau

- Les sorties :

-Les **sorties extrarénales d'eau** (digestive, cutanée, et pulmonaire) sont faibles d'environ 500ml/j. Ces sorties peuvent être considérées comme le pendant des entrées d'eau obligatoires, et sont peu régulées.

-Les **sorties rénales** sont la cible majeure de la régulation des sorties hydriques de l'organisme, principalement sous contrôle de l'hormone antidiurétique(ADH).A l'état stable, la diurèse est équivalente aux apports d'eau exogènes (1à3L) qu'elle reflète. Le rein ajuste donc l'excrétion d'eau aux entrées, et le bilan d'eau est nul: entrées = sorties.

B-Bilan de l'eau

Si les entrées $>$ sorties \rightarrow bilan hydrique positif

Si les entrées = sorties : **capital hydrique équilibré**

Si les entrées $<$ sorties \rightarrow bilan hydrique négatif

C-Bilan de sodium: entrées et sorties sodium de l'organisme

- **Les apports** chez l'adulte sont de 100 à 200 mmol/24h \approx 6g à 12g de NaCl : (1g de NaCl \approx 17mmol de Na⁺) :
 - 50% sel de cuisine ajouté aux aliments;
 - 50% sel naturellement présent dans les aliments ou ajouté lors de leur fabrication
- **Les sorties**
 - extrarénales (cutanées et digestives) sont négligeables et non régulées.
 - rénales sont plus importantes et ajustables; comme pour l'eau, les reins ont la capacité d'ajuster l'excrétion urinaire de sodium (natriurèse) aux entrées alimentaires et permettent le maintien d'un bilan nul de sodium : les entrées = les sorties.

C-Bilan de sodium

Si entrées $>$ sorties \rightarrow bilan de sodium positif

Si entrées = sorties **capital sodé équilibré**

Si entrées $<$ sorties \rightarrow bilan de sodium négatif

Compartiments liquidiens

VII-Osmolarité et états d'hydratation

- Paroi capillaire très perméable à l'eau et aux solutés
- Membrane cellulaire perméable à l'eau et imperméable à plusieurs solutés.
- Forces osmotiques créées par les molécules qui ne traversent pas les membranes gouvernent le déplacement de l'eau d'un compartiments à l'autre:
 - le Na^+ et ses anions associés dans le liquide extracellulaire (Na^+ déterminant de l'osmolarité extracellulaire);
 - le K^+ et ses anions associés dans le liquide intracellulaire.

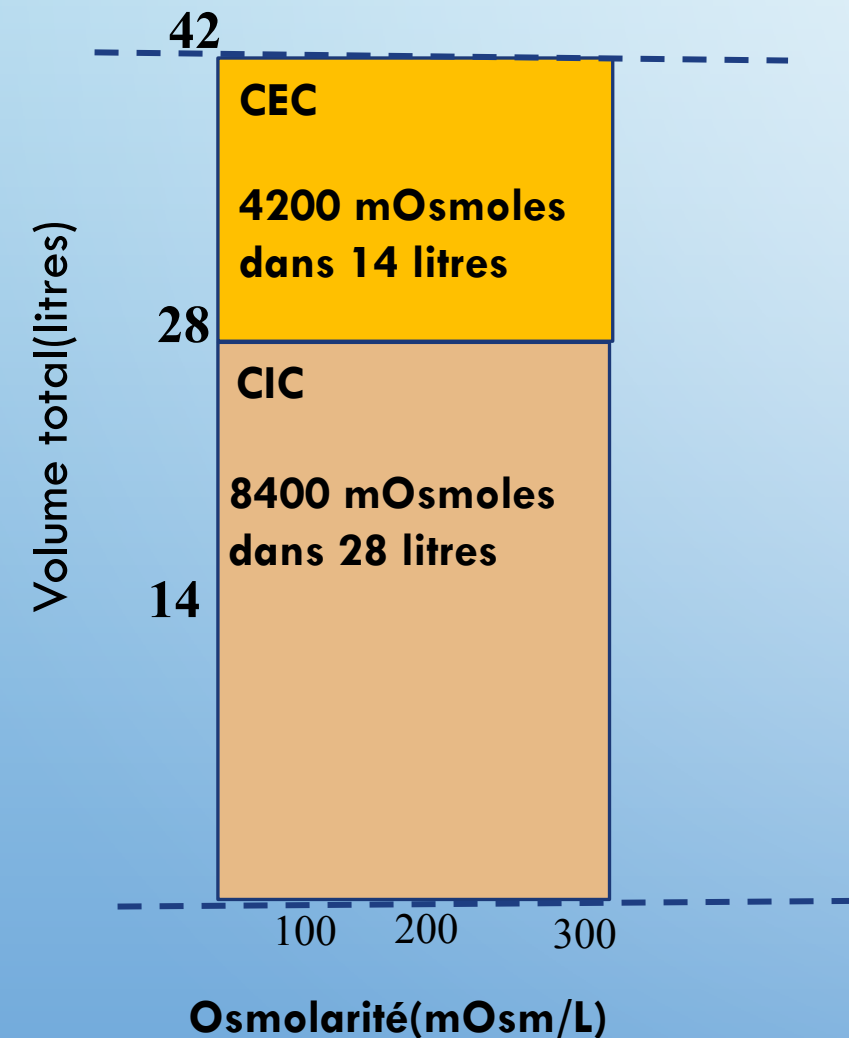
Compartiments liquidiens

VII-Osmolarité et états d'hydratation

- Déplacement d'eau entre les compartiments gouverné par les forces osmotiques = quasi égalité de l'osmolarité dans tous les liquides corporels ~ 300 mosmoles/L
- Compartiment plasmatique est en contact avec le milieu extérieur (tube digestif et reins) = gain ou perte d'eau ou de solutés:
 - changements de volume et/ou d'osmolarité dans le liquide extracellulaire, en premier;
 - ces changements sont ensuite transmis au liquide intracellulaire.

VII-Osmolarité et états d'hydratation

Volumes et osmolarités des compartiments liquidiens



L'équilibre osmotique → même nombre de particules dans un litre de liquide extra ou intracellulaire ≈ 300 mOsmoles/litre

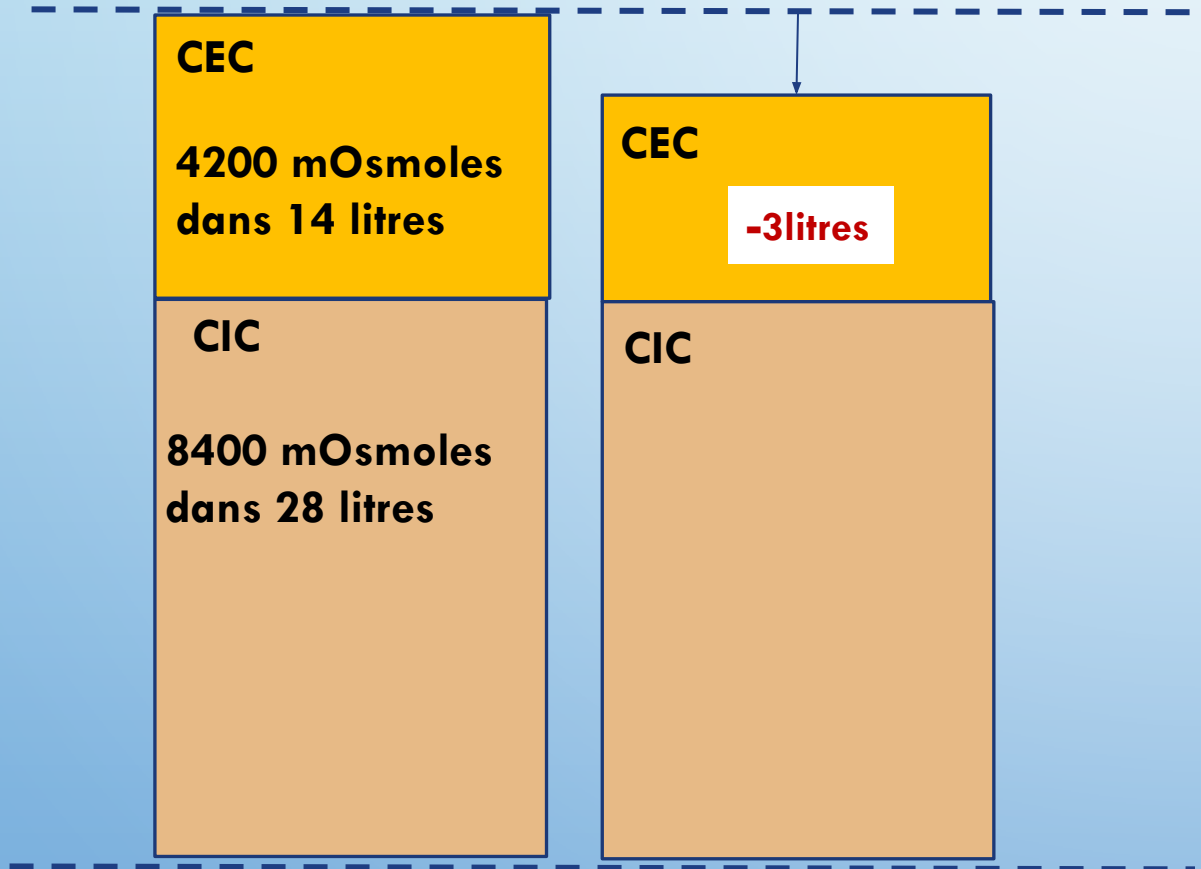
CEC : compartiment extracellulaire
CIC : compartiment intracellulaire

VII-Osmolarité et états d'hydratation

1-Perte de liquide isotonique: contraction isoosmotique



Hémorragie

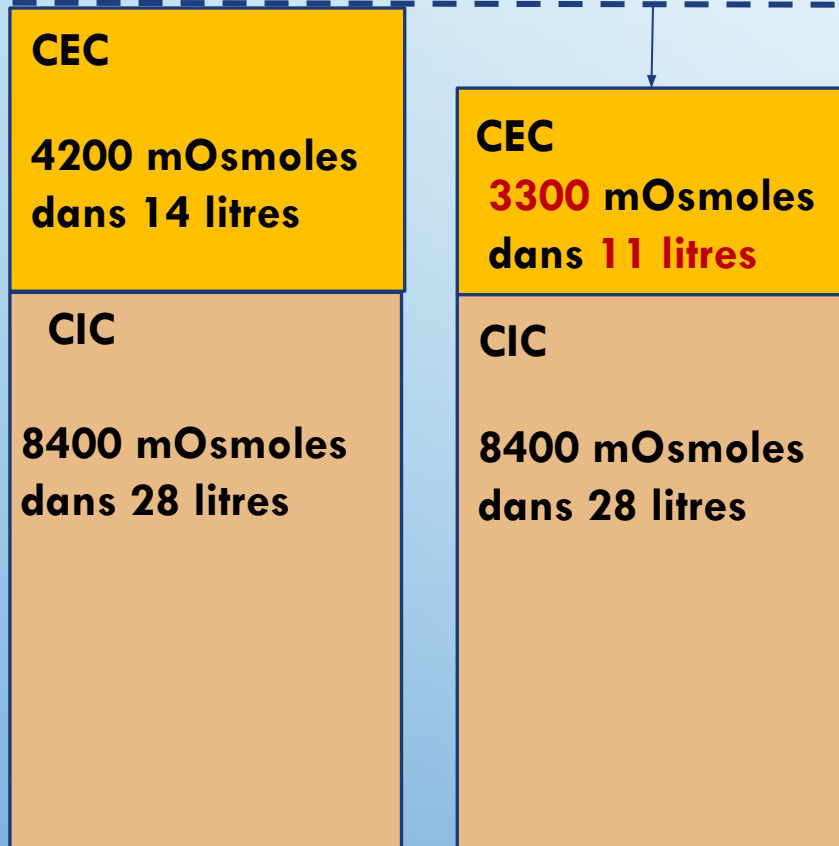


VII-Osmolarité et états d'hydratation

1-Perte de liquide isotonique: contraction isoosmotique



Hémorragie



A l'équilibre:

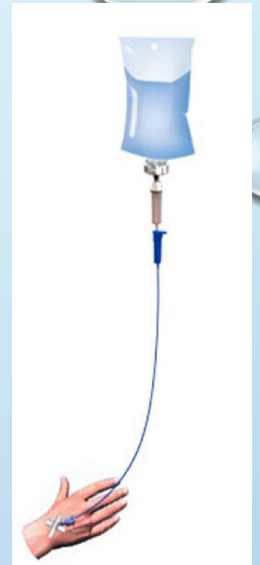
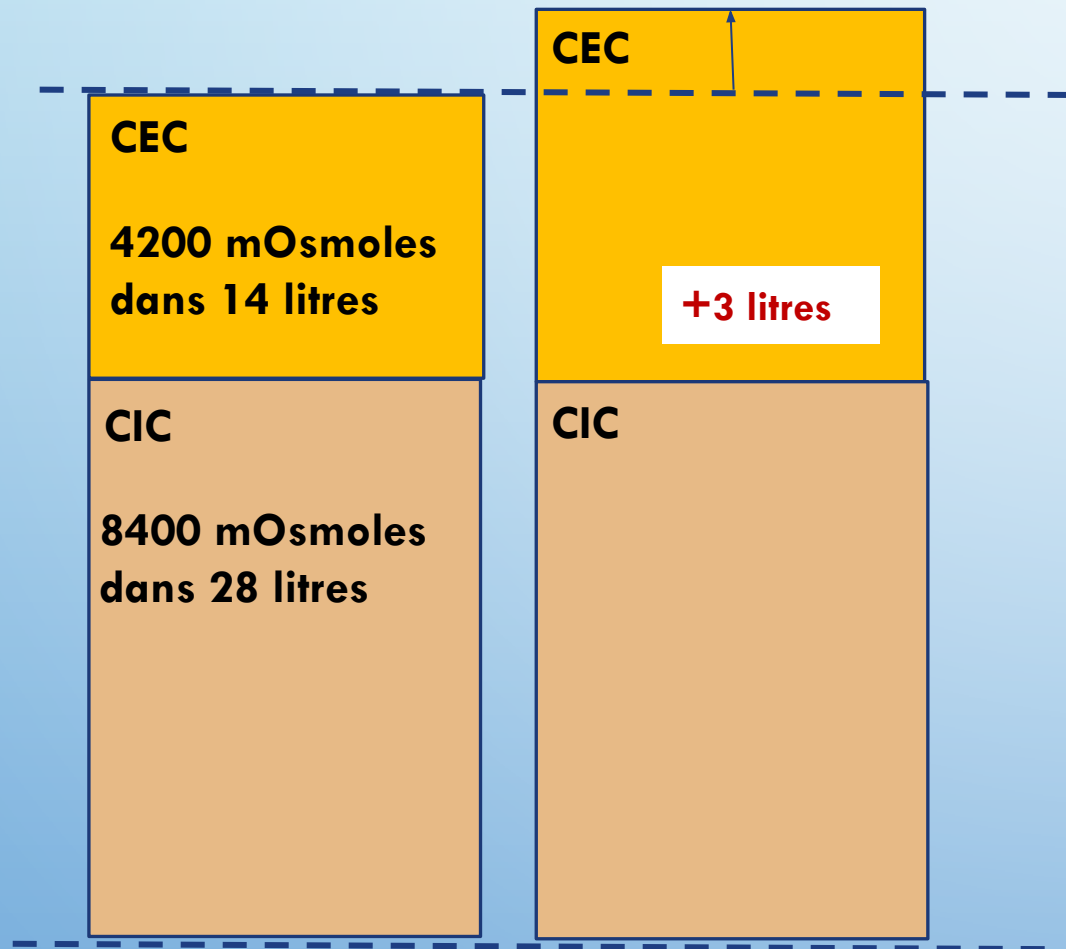
↘ **volume extracellulaire**

- 1/4 plasma
- 3/4 liquide interstitiel

Osmolarité inchangée

VII-Osmolarité et états d'hydratation

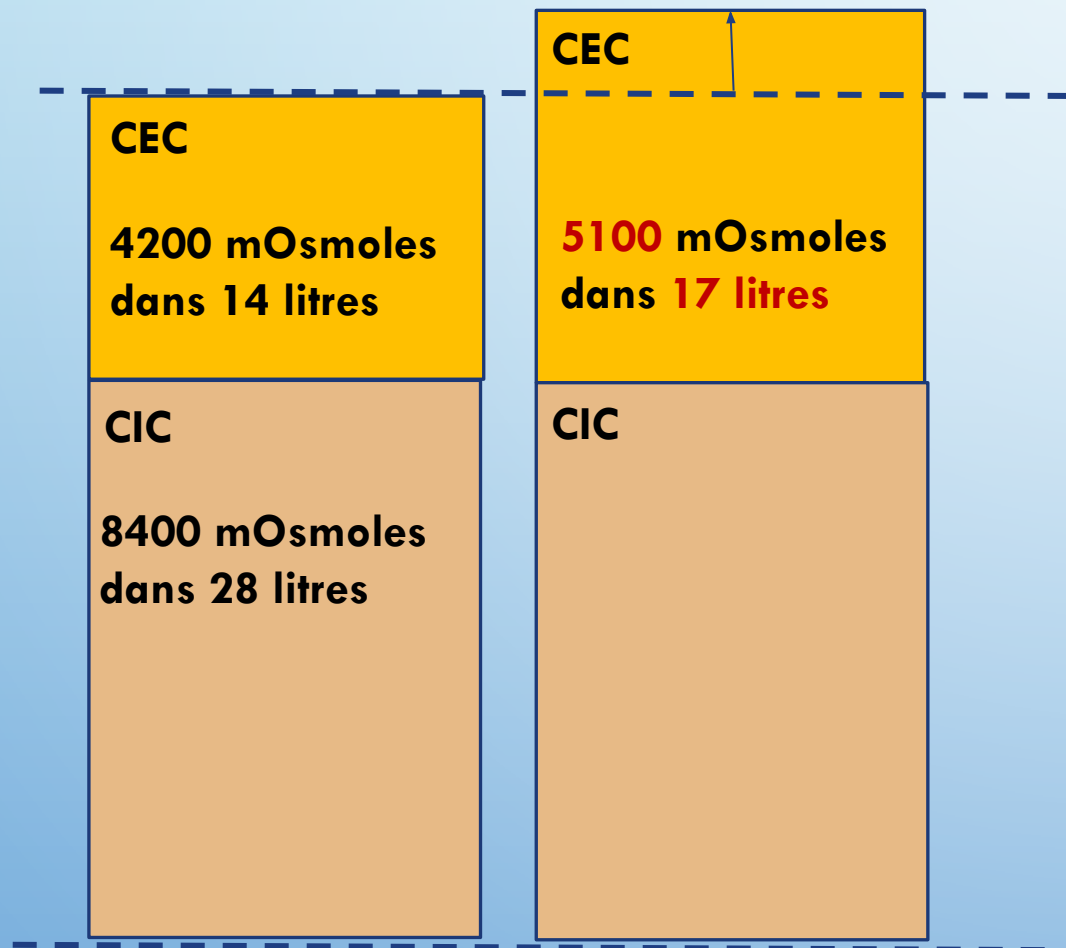
2-Gain de liquide isotonique: expansion isoosmotique



**Perfusion d'une solution
de NaCl isotonique**

VII-Osmolarité et états d'hydratation

2-Gain de liquide isotonique: expansion isoosmotique

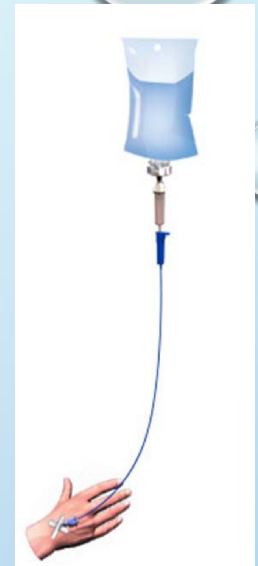


A l'équilibre:

↗ **volume extracellulaire**

- 1/4 plasma
- 3/4 liquide interstitiel

Osmolarité inchangée



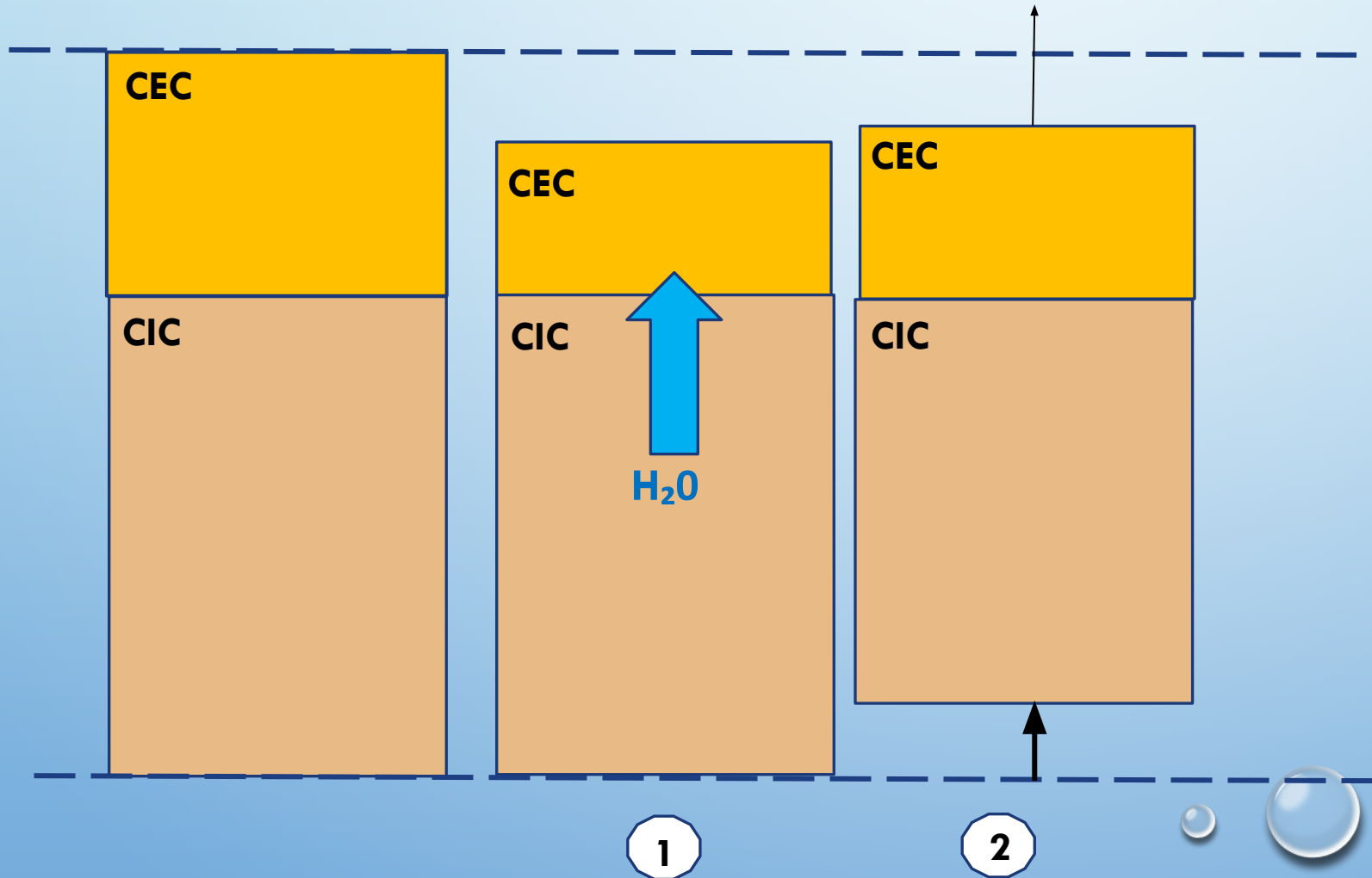
Perfusion d'une solution de NaCl isotonique

VII-Osmolarité et états d'hydratation

3-Perte d'eau : contraction hyperosmotique



Transpiration excessive



1 Au début:

↘ volume Extracellulaire

↗ Osmolarité extracellulaire

Déplacement d'eau

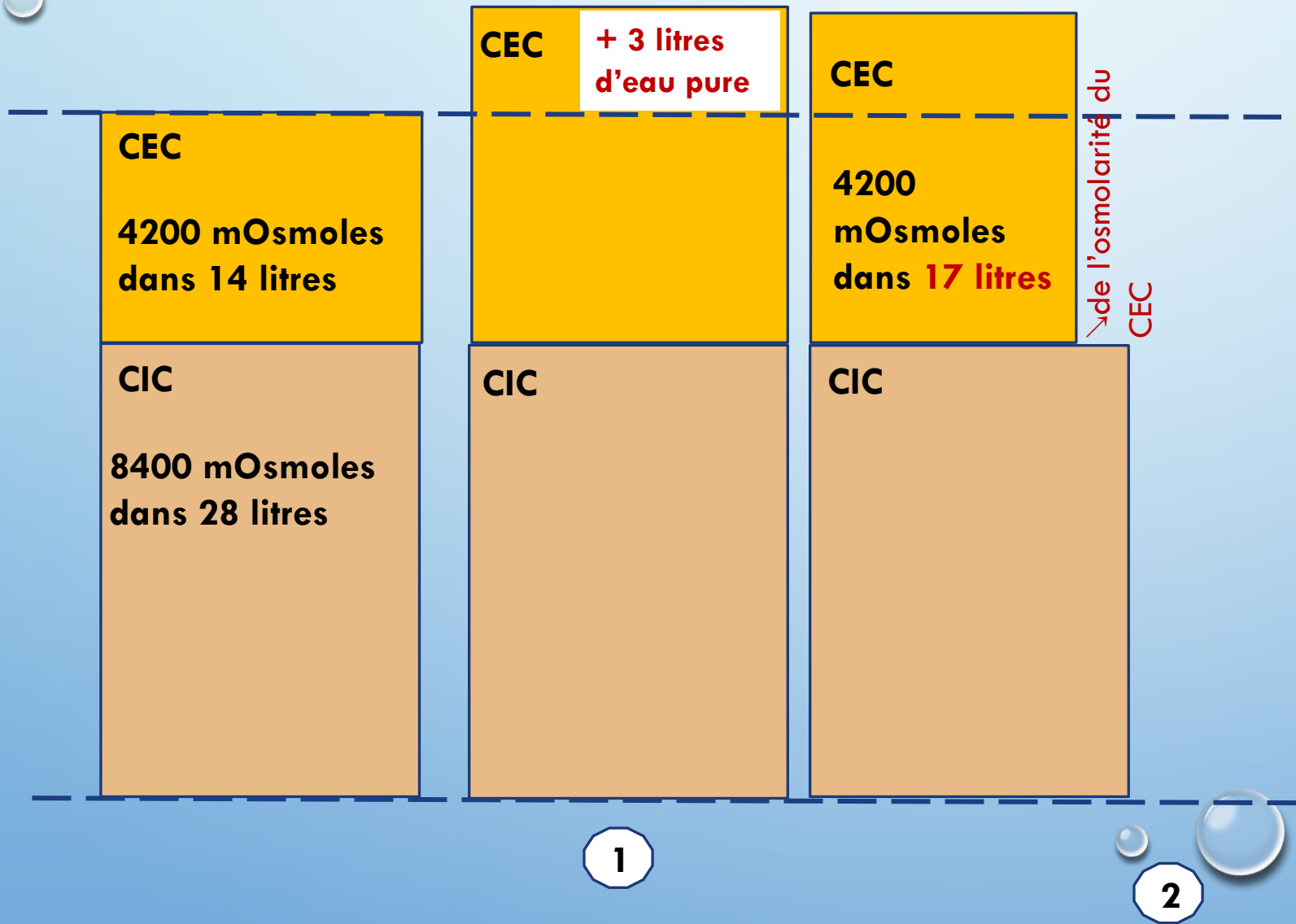
2 A l'équilibre:

↘ volumes extra et intracellulaire:

↗ Osmolarités extra et intracellulaire

VII-Osmolarité et états d'hydratation

4-Gain d'eau: expansion hypoosmotique



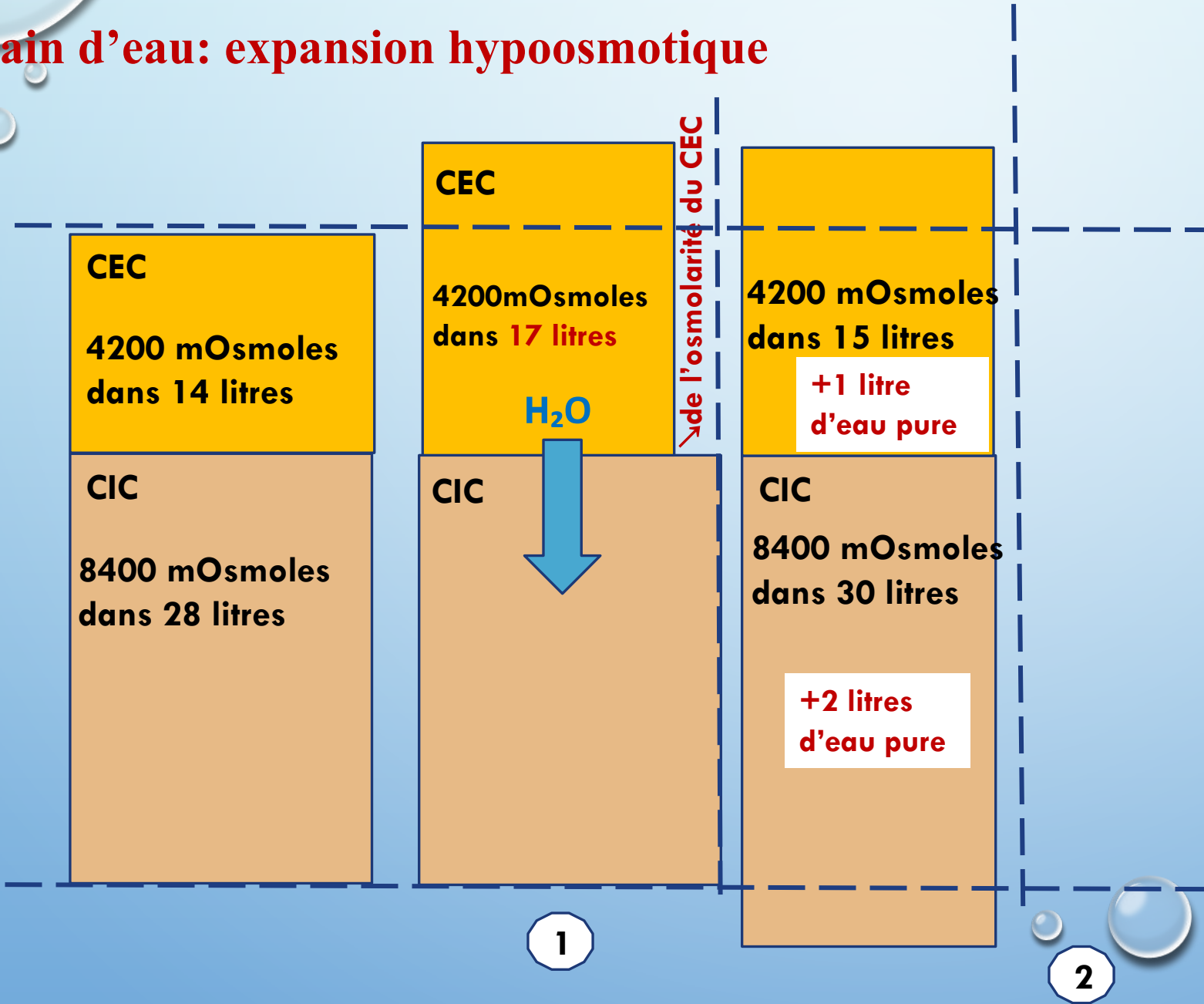
Grande ingestion d'eau

1 Au début:

↗ **volume Extracellulaire**
↘ **Osmolarité extracellulaire**
Déplacement d'eau

VII-Osmolarité et états d'hydratation

4-Gain d'eau: expansion hypoosmotique



Grande ingestion d'eau

1 Au début:

↗ **volume Extracellulaire**
↘ **Osmolarité extracellulaire**
Déplacement d'eau

2 A l'équilibre:

↗ **volumes extra et intracellulaire:**
↘ **Osmolarités extra et intracellulaire**

VII-Osmolarité et états d'hydratation

5-Gain d'eau : expansion hyperosmotique

+500mmoles de NaCl → 1000mOsmoles en solution



Excès d'apport de NaCl

CEC 4200 mOsmoles dans 14 litres	CEC +1000mOsmoles 4200 mOsmoles dans 14 litres	CEC 5200 mOsmoles dans 14 litres
CIC 8400 mOsmoles dans 28 litres	CIC 8400 mOsmoles dans 28 litres	CIC 8400 mOsmoles dans 28 litres

Au début:
↗ Osmolarité extracellulaire

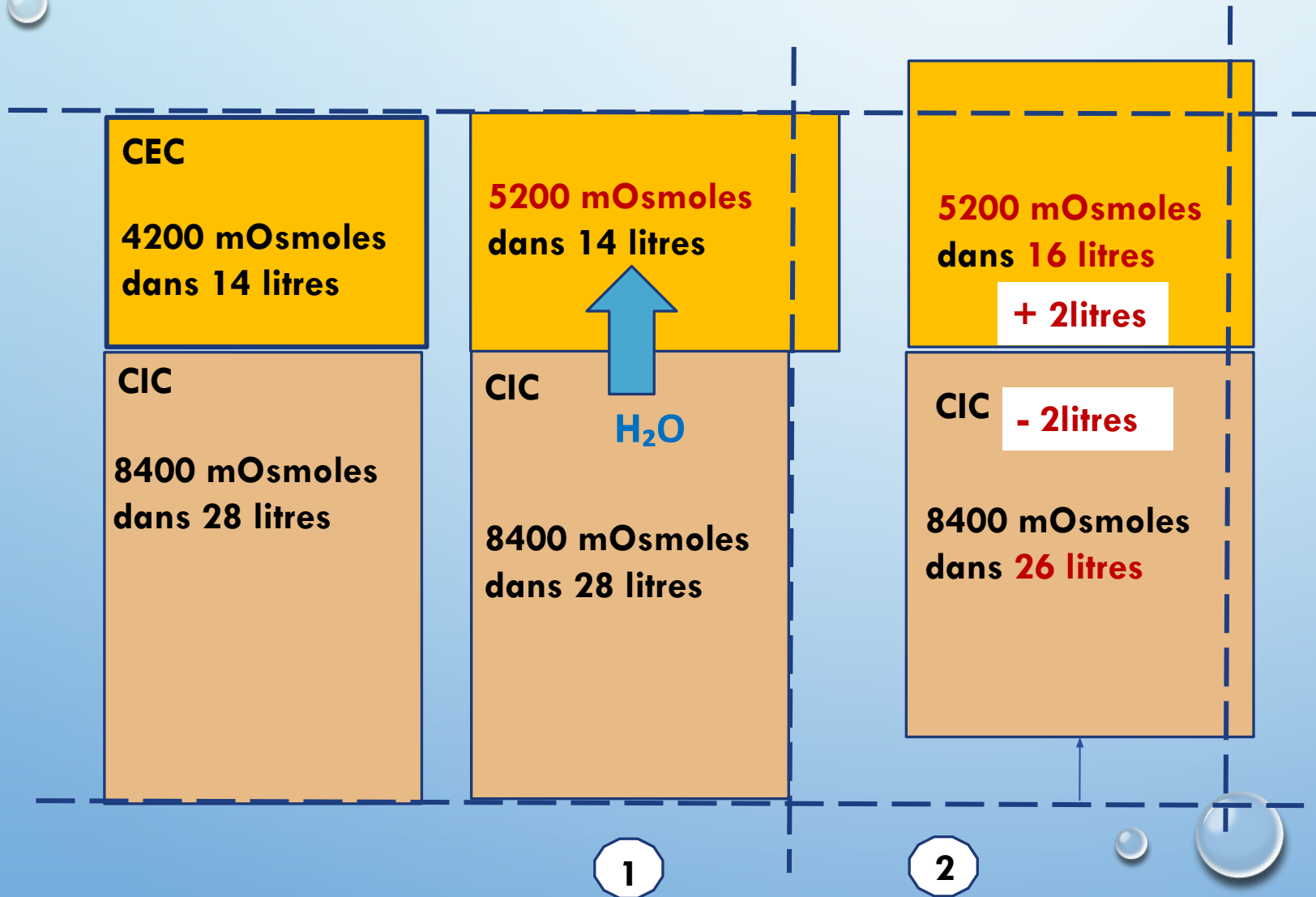
VII-Osmolarité et états d'hydratation

5-Gain d'eau : expansion hyperosmotique

+500mmoles de NaCl → 1000mOsmoles en solution



Excès d'apport de NaCl



1 Au début:

↗ Osmolarité extracellulaire
Déplacement d'eau

2 A l'équilibre:

↗ volume extracellulaire
↘ volume intracellulaire:
↗ Osmolarités extra et intracellulaire

Compartiments liquidiens

VII-Osmolarité et états d'hydratation

1-Déshydratation extracellulaire(DEC) correspond à une diminution du volume du compartiment extracellulaire (plasma et secteur et interstitiel). **Elle est due a une perte nette de sodium (bilan sodé négatif)** et donc d'eau. **En effet, pour maintenir la natrémie constante, toute perte de 140 mmol de Na s'accompagne d'une perte d'un litre d'eau plasmatique.** Si la DEC est pure (perte sodée iso-osmotique), l'osmolalité extracellulaire reste normale(~ 300 mosmol/kg) et le volume du secteur intracellulaire est inchangé.

Compartiments liquidiens

VII-Osmolarité et états d'hydratation

2-Hyperhydratation extracellulaire (HEC) correspond a une **augmentation du volume du compartiment extracellulaire**. L'HEC pure est due à une rétention iso-osmotique de sodium et d'eau, et traduit un bilan sodé positif.

Compartiments liquidiens

VII-Osmolarité et états d'hydratation

3-Déshydratation intracellulaire (DIC) correspond à une diminution du volume intracellulaire.

Elle est due à une hyperosmolarité extracellulaire consécutive soit à :

- une augmentation de la concentration plasmatique surtout en Na^+ (surcharge);
- une diminution de l'eau totale par manque d'eau global.
- Dans les deux situations, l'hyperosmolalité extracellulaire (plasmatique) provoque une déshydratation intracellulaire (DIC) par déplacement d'eau vers le milieu extracellulaire (CEC) plus concentré.
- La différence entre les deux situations est l'état d'hydratation du CEC:
 - hyperhydratation en cas d'hypermnatrémie par surcharge sodée avec un bilan hydrique normal;
 - déshydratation s'il s'agit d'un manque d'eau global avec bilan sodé normal.

Compartiments liquidiens

VII-Osmolarité et états d'hydratation

4-Hyperhydratation intracellulaire (HIC) correspond toujours a un excès d'eau.

L'augmentation du volume intracellulaire est due à un transfert d'eau du secteur extracellulaire vers le secteur intracellulaire du fait d'une hypoosmolalite plasmatique.

Compartiments liquidiens

VIII-Mesure des compartiments liquidiens

1-Méthode de dilution

- Les volumes des compartiments liquidiens de l'organisme peuvent être mesurés selon le principe de dilution, méthode de référence; s'il existe une substance(**x**) atoxique, facile à doser, lentement éliminée par le rein, non altérée et capable de se distribuer uniquement dans le compartiment d'intérêt (tableau I).
- Après une injection d'une quantité connue(**Q**) de la substance **X**, il est possible de mesurer la concentration (**C**) de cette substance dans le compartiment et d'en déduire le volume de distribution (**V**):

$$V = Q/C$$

VIII-Mesure des compartiments liquidiens

Compartiments mesurés	Eau corporelle totale (ECT)	Eau lourde Eau tritiée
	Liquide extracellulaire (LEC)	Inuline Mannitol
	Liquide plasmatique	Bleu Evans Albumine marquée ¹³¹ I
Compartiments calculés	Liquide intracellulaire = ECT – LEC	
	Liquide interstitiel = LEC – liquide plasmatique	

Tableau I : Substances utilisées dans la mesure des différents compartiments liquidiens

Compartiments liquidiens

VIII-Mesure des compartiments liquidien

2-Impédancemétrie bioélectrique

- La mesure des compartiments par impédancemétrie est fondée sur la capacité des tissus hydratés à conduire l'électricité.
 - La mesure se fait en imposant un courant alternatif de faible intensité entre quatre électrodes (de l'appareil) posées sur les poignets et les chevilles:
 - à basse fréquence pour estimer le liquide extracellulaire(LEC)
 - à haute fréquence pour estimer l'eau totale(ECT)
- ECT-LEC= liquide intracellulaire

Impédancemétrie bioélectrique



Compartiments liquidiens

Conclusion

- L'eau et les substances minérales sont réparties dans l'organisme de façon non homogène en volumes(ou compartiments ou secteurs).
- Le volume du liquide de chaque compartiment reste stable. Cette stabilité constitue l'équilibre hydroélectrolytique où plusieurs facteurs concourent à cet équilibre en assurant l'annulation des bilans journaliers de l'eau et des électrolytes