

Physiologie du milieu intérieur

Concepts généraux

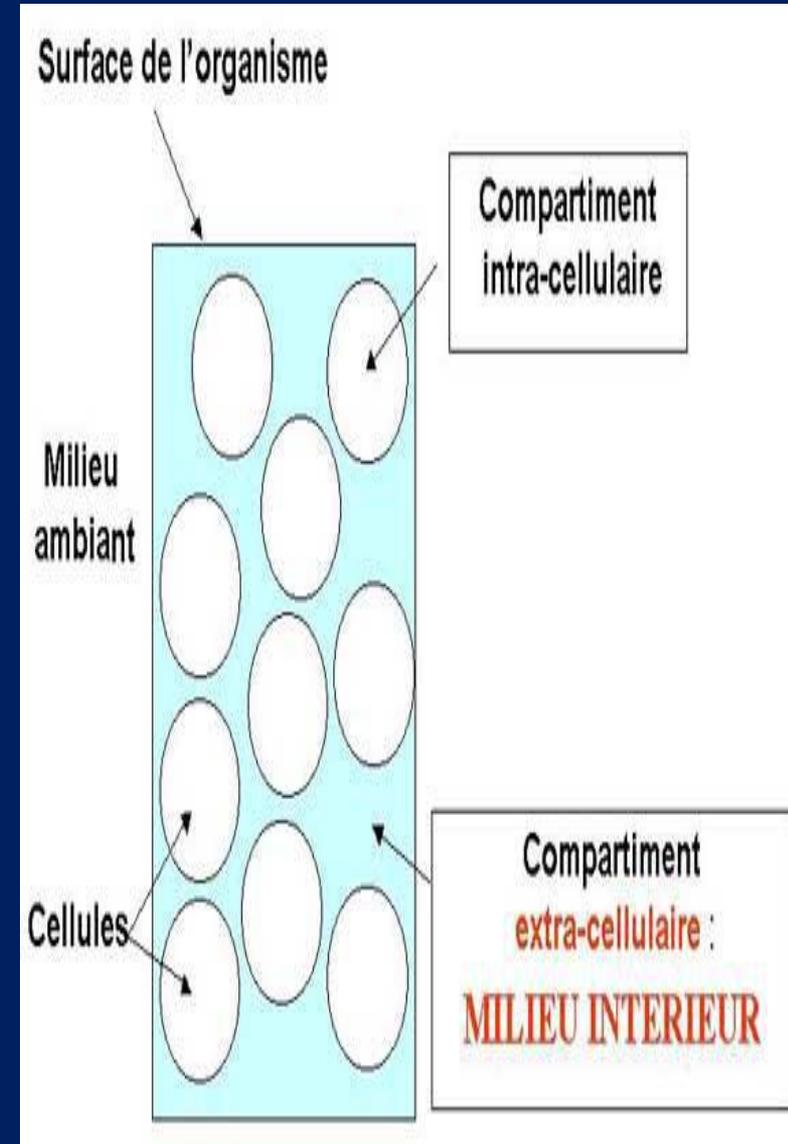
- Milieu intérieur,
- Homéostasie,
- Communication hormonale,
- Rétrocontrôle

- ◆ Toutes nos cellules ont besoin de **dioxygène**, de **nutriments** et rejettent des **produits issus du métabolisme**, par exemple des molécules informatives (hormones) ou déchets (urée)
- ◆ Leur fonctionnement nécessite donc la présence d'un **système d'échange et de transport de substances** entre les organes qui sont souvent spécialisées et éloignées les unes des autres (poumon, tube digestif, reins, glandes endocrines).
- ◆ Ce transport s'effectue chez l'être humain dans les **liquides spécialisés** circulant dans les **vaisseaux**. Ce liquide constitue **le milieu intérieur** qui renferme un certain nombre de constituants qui doivent maintenir une constance.

- ◆ L'organisme vivant se caractérise par un état de **stabilité** apparente.
- ◆ Cette stabilité révèle :
 - un fonctionnement parfaitement coordonné des organes.
 - une intervention permanente de multiples mécanismes régulateurs corrigeant les inévitables perturbations liées à ce fonctionnement.
- ◆ Chez les organismes pluricellulaires, les cellules baignent dans un environnement liquide, s'interposant entre le **milieu extérieur** proprement dit et le milieu **intra-cellulaire**
- ◆ Environnement liquide = ***milieu intérieur***
 - essentiellement **le sang et la lymphe**

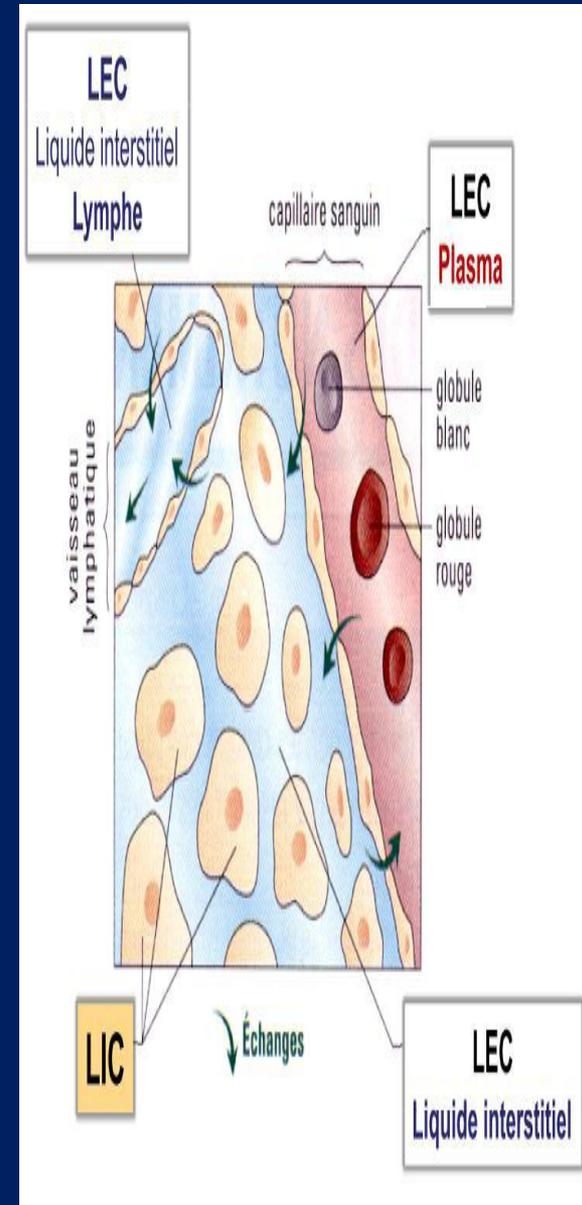
Définition

- *Ensemble des liquides de l'organisme (à l'extérieur des cellules)*
- * *compartiment interstitiel*
- * *compartiment plasmatique*
- * *compartiment lymphatique*



Le milieu intérieur

- Les capillaires sanguins ont un diamètre d'environ $10\ \mu\text{m}$ et ont une paroi très mince.
- Du plasma traverse cette paroi sous l'effet de la **pression sanguine** et en s'infiltrant entre les parois de la cellule.
- Ainsi se forme la **lymphe interstitielle**, qui baigne toutes les cellules de l'organisme.
- Les cellules récupèrent dans ce milieu les éléments nécessaires à leur fonctionnement et y rejettent des déchets. Le liquide **est réabsorbé** et repasse dans **les capillaires**. Le reste (3 l par jour) rentre dans les vaisseaux **lymphatiques** et forme **la lymphe** canalisée (liquide clair et incolore, la lymphe a une composition voisine de celle du sang privé de globules rouges).



- Ce milieu se **renouvelle** sans cesse.
- Le sang n'est jamais en contact direct avec les cellules de nos organes car la **lymphe interstitielle** sert toujours d'intermédiaire.

Le sang, la lymphe interstitielle et la lymphe endiguée forment le milieu intérieur

L'activité cellulaire modifie la composition du milieu intérieur en permanence

Sans renouvellement, **le milieu intérieur:**

- s'épuise en nutriments et O_2
- s'enrichit en déchets

La survie d'un organisme nécessite que la composition du milieu intérieur se renouvelle pour demeurer constante

Qu'est ce qui permet le renouvellement du milieu intérieur ?

Le renouvellement du milieu intérieur est assuré par un système de drainage constitué par la lymphe et le sang :

le sang exerce une **pression hydrostatique** sur les parois des capillaires (cellules endothéliales séparées laissant passer l'eau et les petites molécules)

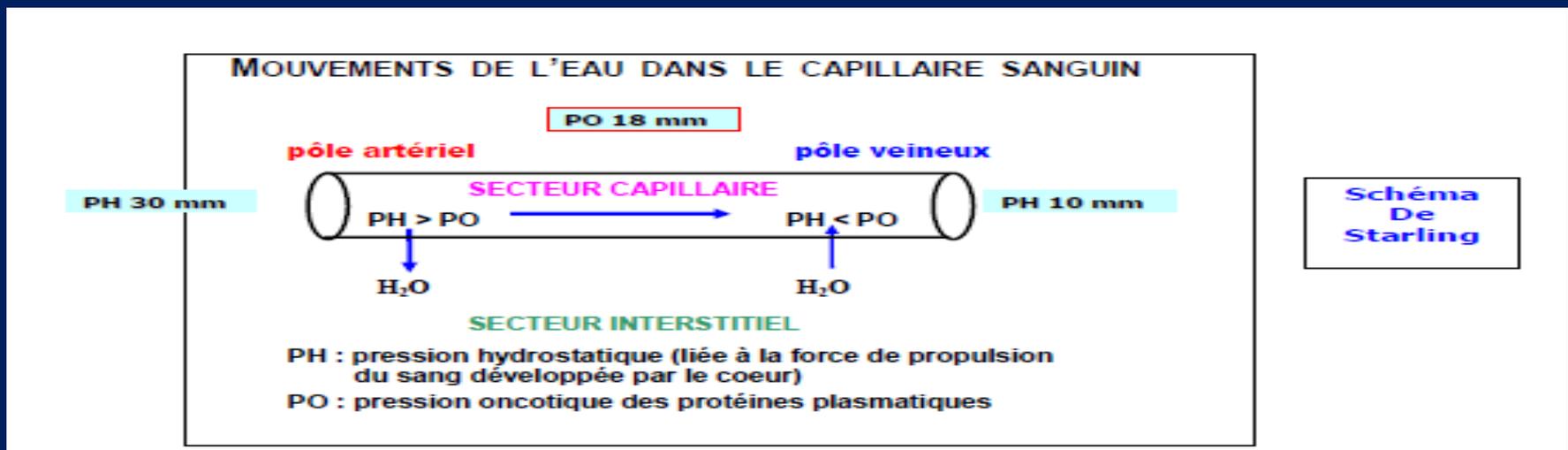
De plus, dans le sang il y a des protéines et des ions qui exercent une **P° osmotique**

1° au pôle artériel du capillaire : P° hydrostatique $>$ P° osmotique donc l'eau entre dans le liquide interstitiel : il y a **filtration**

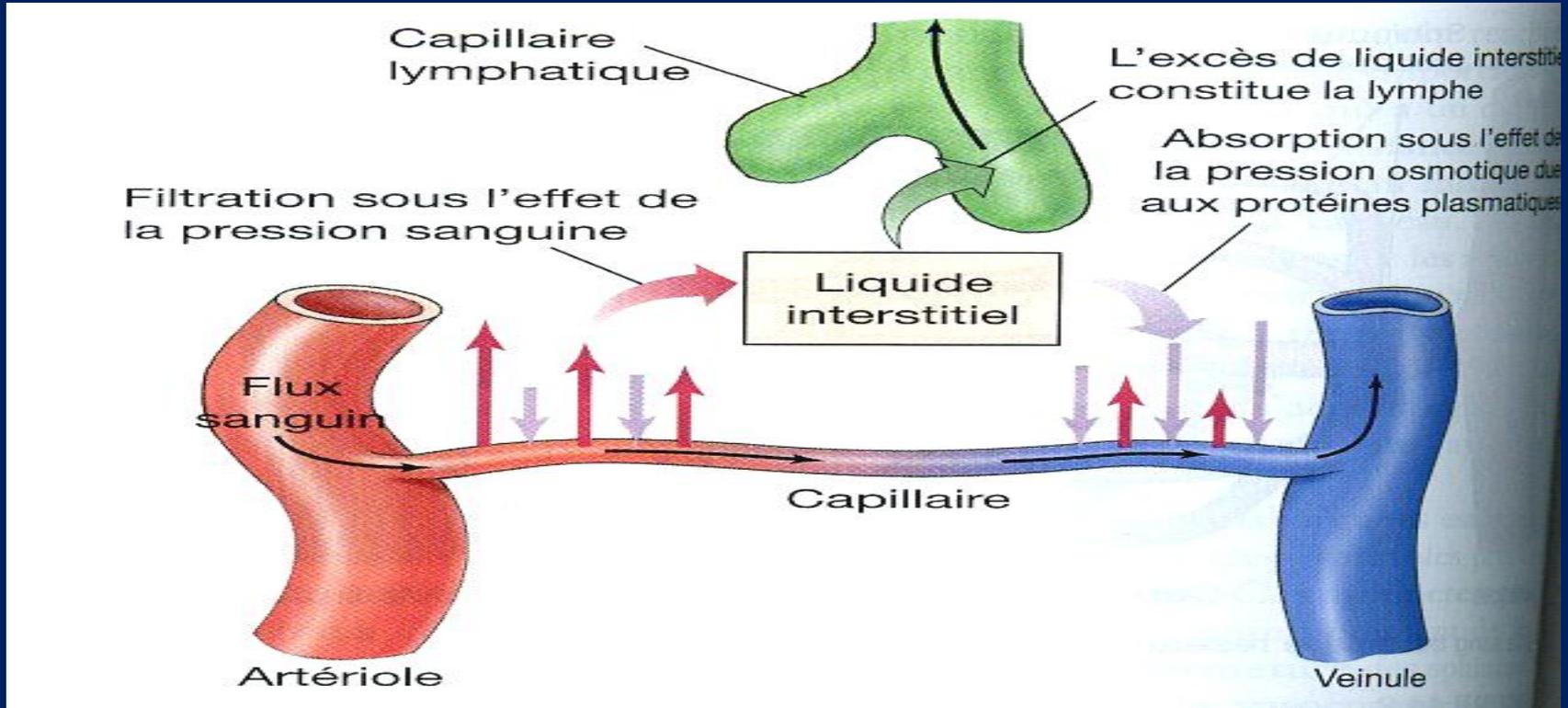
2° au pôle veineux du capillaire : P° hydrostatique $<$ P° osmotique donc l'eau sort du milieu intérieur et rejoint le capillaire : il y a **réabsorption**.

La lymphe est formée à partir du liquide interstitiel non réabsorbé

- **Conséquences :**
- - Quand $PH > PO$, il y a extravasation d'eau. Cette sortie d'eau entraîne avec elles des gaz dissous (O_2), des sels minéraux et diverses molécules organiques
- - Quand $PH < PO$, il y a rappel de l'eau dans le capillaire, entraînant par la même occasion des gaz dissous (CO_2) et des déchets métaboliques



LA STABILITÉ DU MILIEU INTÉRIEUR RÉSUITE D'UN ÉQUILIBRE DYNAMIQUE



Les mouvements d'eau entre les compartiments plasmatiques et interstitiels est la **résultante** des effets (inverses) des **pressions hydrostatique et osmotique**

Fonctions du sang

Rôle de Transport

1. transporte des molécules (dioxygène et dioxyde de carbone)
2. transporte les nutriments provenant de la digestion
3. transporte des hormones produites par les glandes sécrétrices (endocrines)
4. transporte les déchets produits par les cellules qui constituent l'organisme

Rôle de Régulation

1. il intervient dans la régulation de la température corporelle (répartition dans tout l'organisme de la chaleur excédante)
2. maintient le pH normal (car certaines protéines sanguines jouent le rôle de tampon)
3. joue un rôle dans la protection de l'organisme

Rôle de Protection

1. prévention de l'hémorragie avec formation d'un caillot sanguin formé par les thrombocytes
2. prévention de l'infection, car le sang transporte les leucocytes et les anticorps

Fonctions de la Lymphe

- Le système lymphatique est constitué de vaisseaux lymphatiques et d'organes lymphatiques.
- Rôles des vaisseaux lymphatiques : ils ramènent le surplus de liquide interstitiel résultant de la filtration du sang au niveau des capillaires.
- Rôle des organes lymphatiques : organes qui abritent les phagocytes et les lymphocytes.

Les compartiments liquidiens

1. Le plasma

- C'est le compartiment liquidiens le plus important.
- Il représente la fraction liquide du sang.
- Les milieux **extracellulaire** et **extra tissulaire** ont une composition très proche :
 - riche en sodium , chlore, protéines
 - pauvre en potassium

2. Le milieu intracellulaire

- Il représente jusqu'à 40% du poids corporel.
- Il est caractérisé par une composition :
- riche en potassium et en chlore
- pauvre en sodium
- riche en phosphore (PO_4^{2-}), molécule très importante pour les échanges énergétiques.
- pauvre en calcium. Comme le calcium précipite en présence de phosphore, on trouve très peu de calcium intracellulaire. Il est généralement stocké dans les organites (mitochondries)
- riche en protéines

3. Le milieu interstitiel

- Il ne représente que 15% du poids corporel. C'est le liquide que l'on trouve dans la lymphe et le tissu conjonctif.
- Il se distingue du milieu extracellulaire ou du plasma par une faible présence de protéines. Il est donc riche en sodium et chlore.

Les variables physico-chimiques du milieu intérieur

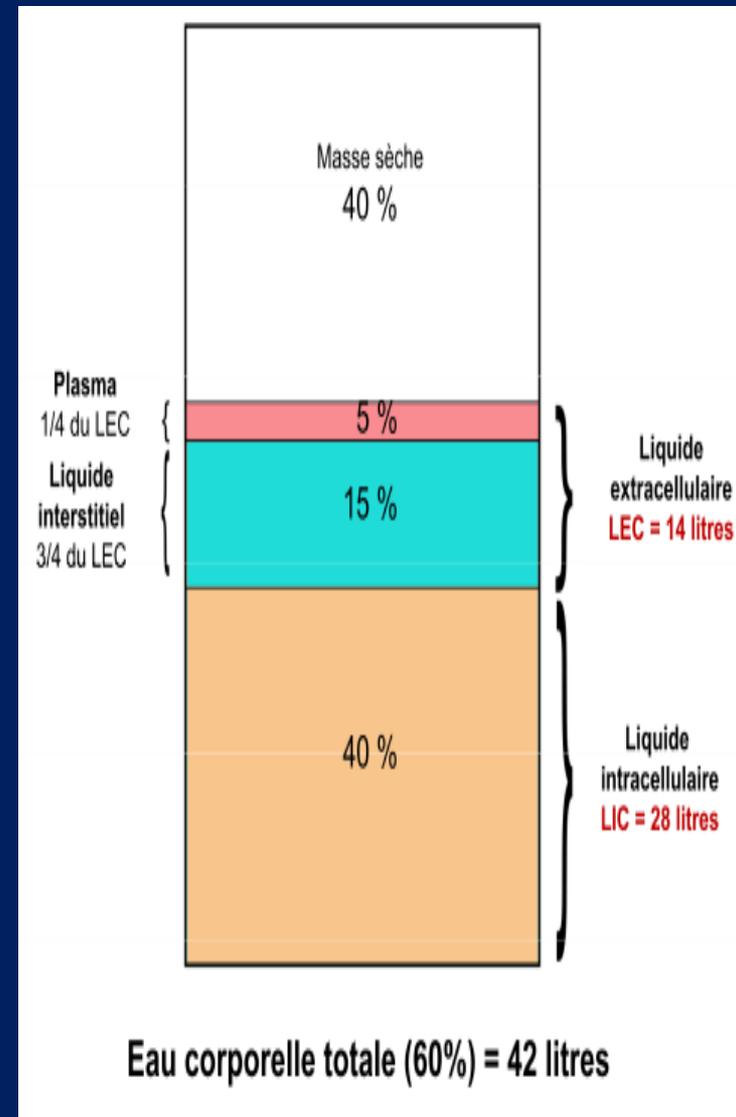
- température,
- pH
- composition ionique,
- pression hydrostatique,
- pression osmotique,
- concentration en nutriments (glycémie, ...),
- PO_2 ,
- volémie,

leurs valeurs doivent être stables !

Le milieu intérieur regroupe les différents liquides de l'organisme. La teneur en **eau** du corps humain représente **60%** de sa masse corporelle, **2/3** de cette eau se retrouve dans les cellules et constitue **l'eau intracellulaire** présente dans le compartiment intracellulaire.

Le reste de l'eau contenue dans l'organisme correspond à **l'eau extracellulaire** (compartiment extracellulaire).

C'est au niveau du **compartiment extracellulaire** que se déroulent les **échanges** entre la cellule et le **milieu extérieur**.

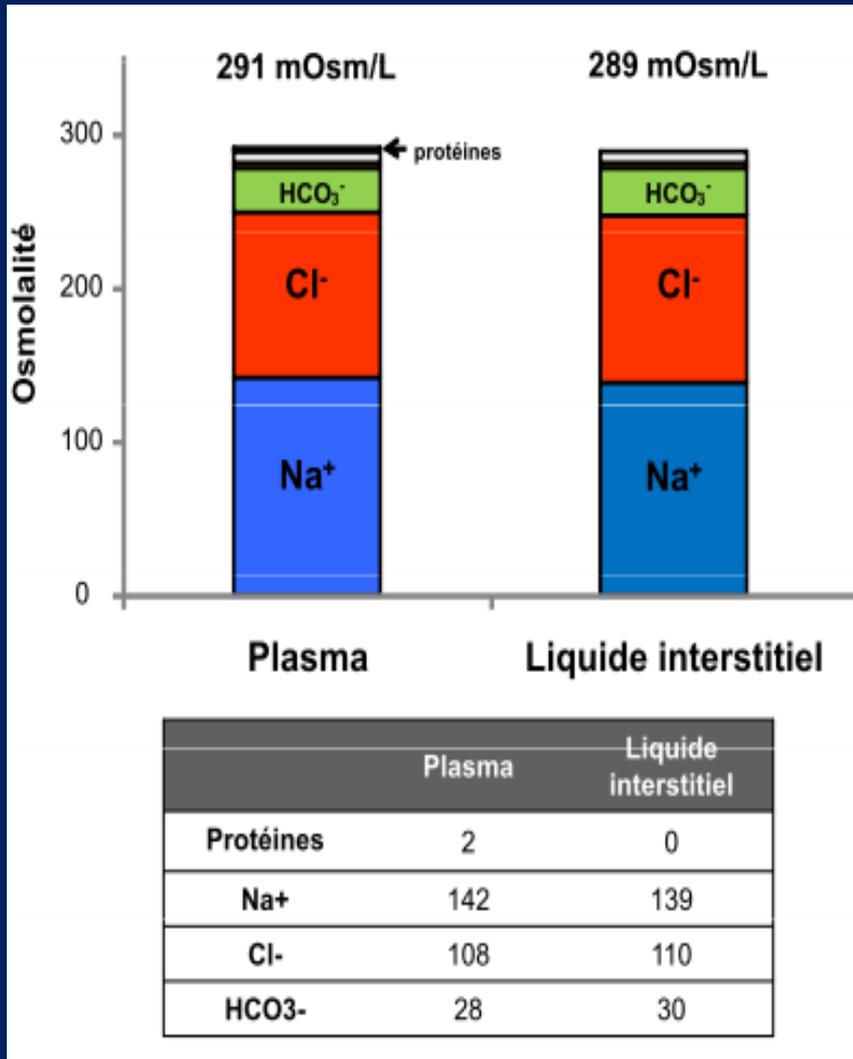


- **Composition du milieu intérieur**
- **Eau** (solvant majoritaire)
 - Rôles ionisant, mécanique (transport et mouvement), thermique
- **Solutés**
- Protéines (albumines, globulines)
- Substances azotées non protéiques (urée, créatinine, acide urique)
- Nutriments (glucose, lipides, cholestérol)
- Gaz respiratoires (CO₂, O₂)
- Substances régulatrices (hormones)
- Electrolytes (anions et cations)
 - * Sels minéraux Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^-
 - * Acides-bases Bicarbonates HCO_3^- , Protéines, phosphates HPO_4^{2-} , Sulfates SO_4^{2-} , Acides organiques

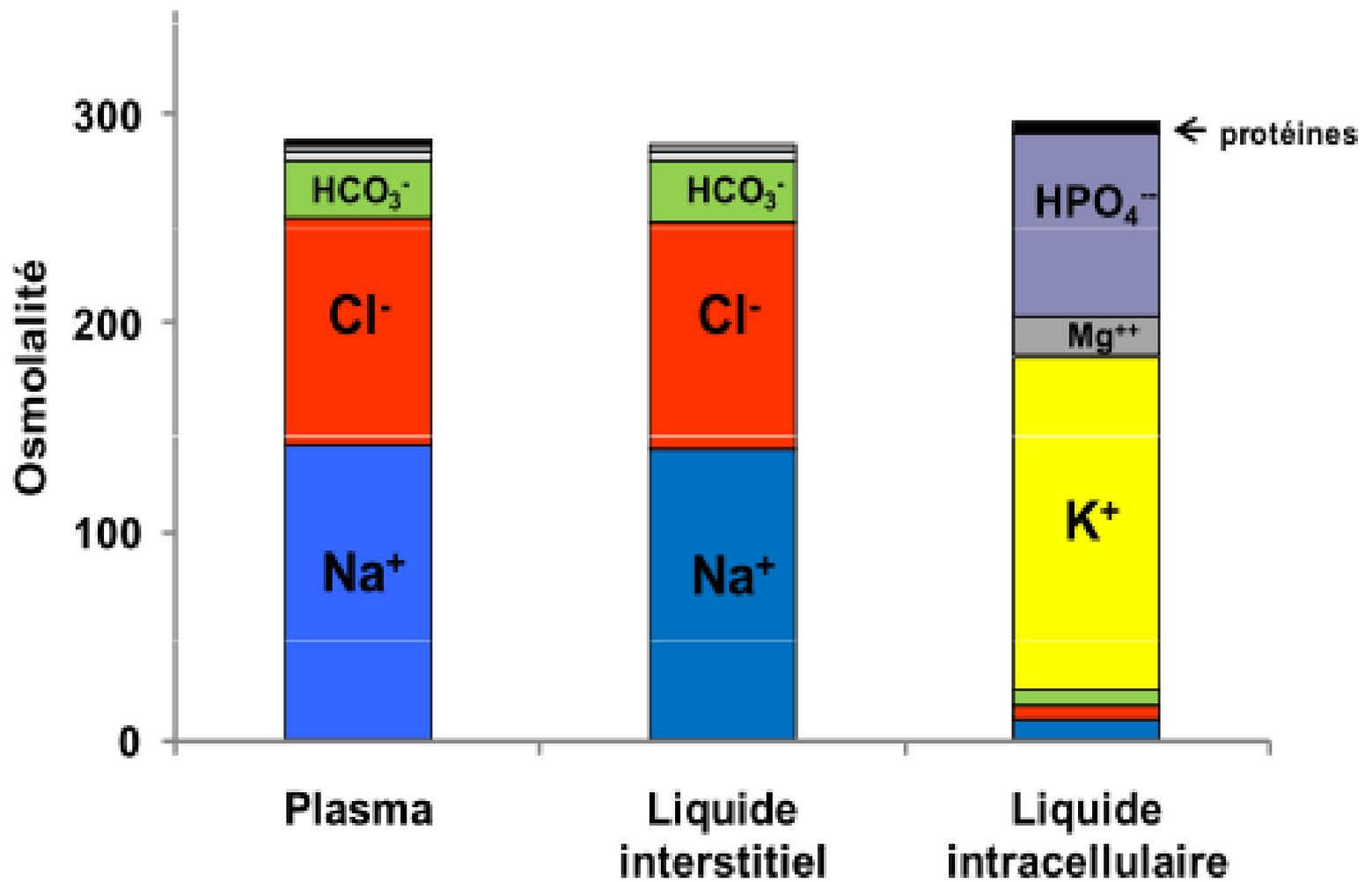
- **Le milieu extracellulaire** est subdivisé en 3 parties :
 1. **le liquide interstitiel** : c'est le liquide qui est directement au contact des cellules dès qu'il rentre dans un vaisseau lymphatique il donne naissance à la lymphe (canalisée et interstitielle).
 2. **le plasma** : c'est la partie liquide du sang se trouvant dans les vaisseaux sanguins.
 3. **le liquide transcellulaire** : qui se forme à partir du plasma par passage à travers un épithélium (liquide céphalo-rachidien).

- **Les propriétés physico-chimiques du milieu intérieur sont fonction de :**
- Les concentrations des particules dissoutes assurant les forces osmotiques ;
- La concentration en charges électriques propres aux ions;
- La concentration en ions H^+ . Les phénomènes d'échange et de brassage constituent ainsi la dynamique du MI. L'excrétion rénale des substances solubles non volatiles et respiratoire des substances gazeuses contribue largement au maintien de la composition de ce milieu.

Composition du LEC



- Légère différence liée à la présence de protéine dans le plasma qui ne traverse pas les parois des capillaires...



Concept d'Homéostasie

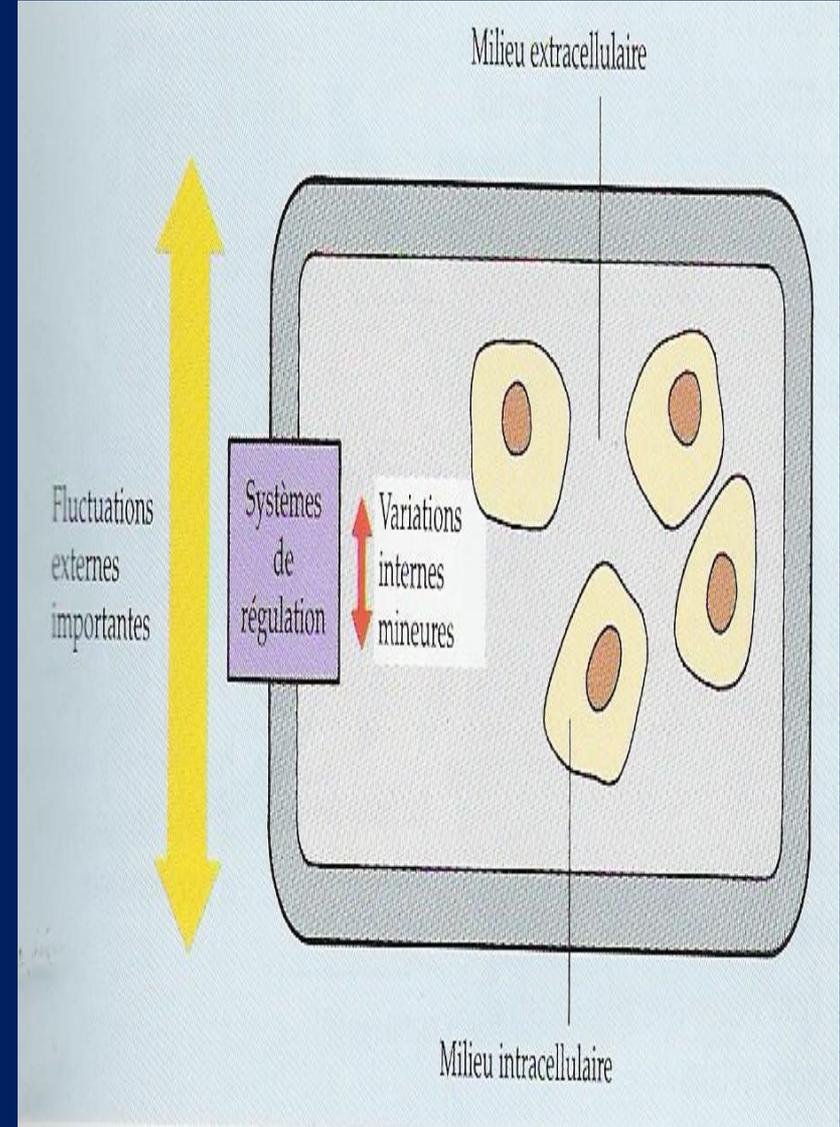
- Claude Bernard *1865 dans son livre « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale »*, suggère que: « **La fixité du milieu intérieur est la condition d'une vie libre et indépendante.** »
- Cannon Walter Bradford (1871-1945), physiologiste américain, propose l'expression d'homéostasie; *du grec « homoios » (égal, semblable à), et « stasis » (état, position), signifiant état stable*
- **«Régulation des constantes physiologiques du milieu intérieur »**

- ◆ On appelle **homéostasie**, la capacité de l'organisme à maintenir des valeurs de références constantes malgré les contraintes environnementales et métaboliques.
- ◆ Ce maintien est assuré par les reins qui jouent un rôle régulateur. Une composition constante du milieu intérieur est essentielle pour la vie des cellules qui y baignent car les enzymes ne peuvent agir qu'à des conditions de pH précis.
- ◆ Cette constante est si importante qu'un changement de cette composition permet de repérer le mauvais fonctionnement de l'organisme.

- ◆ L'organisme doit opérer des ajustements continuels pour palier aux déséquilibres induits par son environnement.
- ◆ Stabilité du milieu intérieur (*homéostasie*) est une condition essentielle à la Vie, grâce à :
 - équilibre acido-basique
 - équilibre hydrique
 - équilibre électrolytique
- ◆ L'homéostasie est essentielle à la survie de chacune des cellules de l'organisme, et chacune de celles-ci contribue, en tant que partie d'un système et par son activité spécialisée, à la stabilité du milieu intérieur commun à elles toutes.

Homéostasie

- Homéostasie = constance du milieu intérieur (Claude Barnard : « La constance du milieu intérieur est la condition d'une vie libre »)
- Maintien des caractéristiques physico-chimiques du milieu intérieur par le jeu des rétroactions



Le modèle cybernétique de la régulation biologique

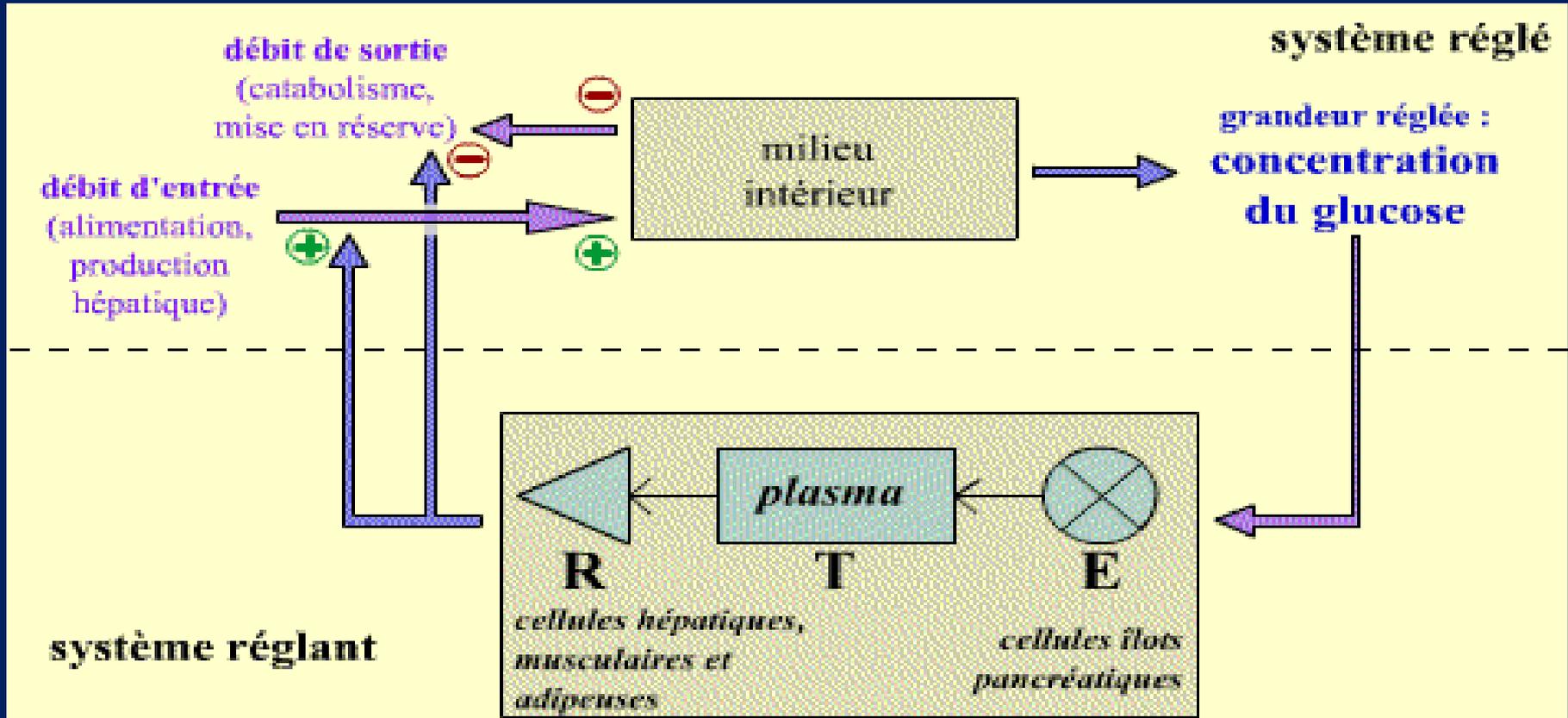
Pour préserver l'homéostasie, l'organisme doit pouvoir :

- Détecter les moindres variations des paramètres biologiques (intervention de capteurs de variation)
- Disposer de mécanismes de contrôle spécifiques puissants et rapides
- Corriger ces variations (rétroaction) par l'intermédiaire d'effecteurs

Un système de **régulation** repose sur une **boucle de régulation** mettant en jeu un système réglé et un système réglant.

- **Systeme réglé** = Compartiment de l'organisme auquel appartient la valeur consigne (valeur à régler)
- **Systeme réglant** = ensemble des organes et des messagers impliqués dans la correction du système réglé. Il se compose de:
 - **capteurs** qui détectent les écarts de la grandeur consigne et émettent des messages en conséquence
 - **effecteurs** qui modifient leur activité en fonction des messages reçus
 - **systeme de transmission** qui conduit les messages des capteurs aux effecteurs
- - Si l'action du système réglant s'oppose à la perturbation du système réglé on parle de **rétroaction négative**.
- -La correction des perturbations est réglée **automatiquement**, en dehors de toute intervention de la volonté et de la conscience.

Homéostasie du glucose= glucostat

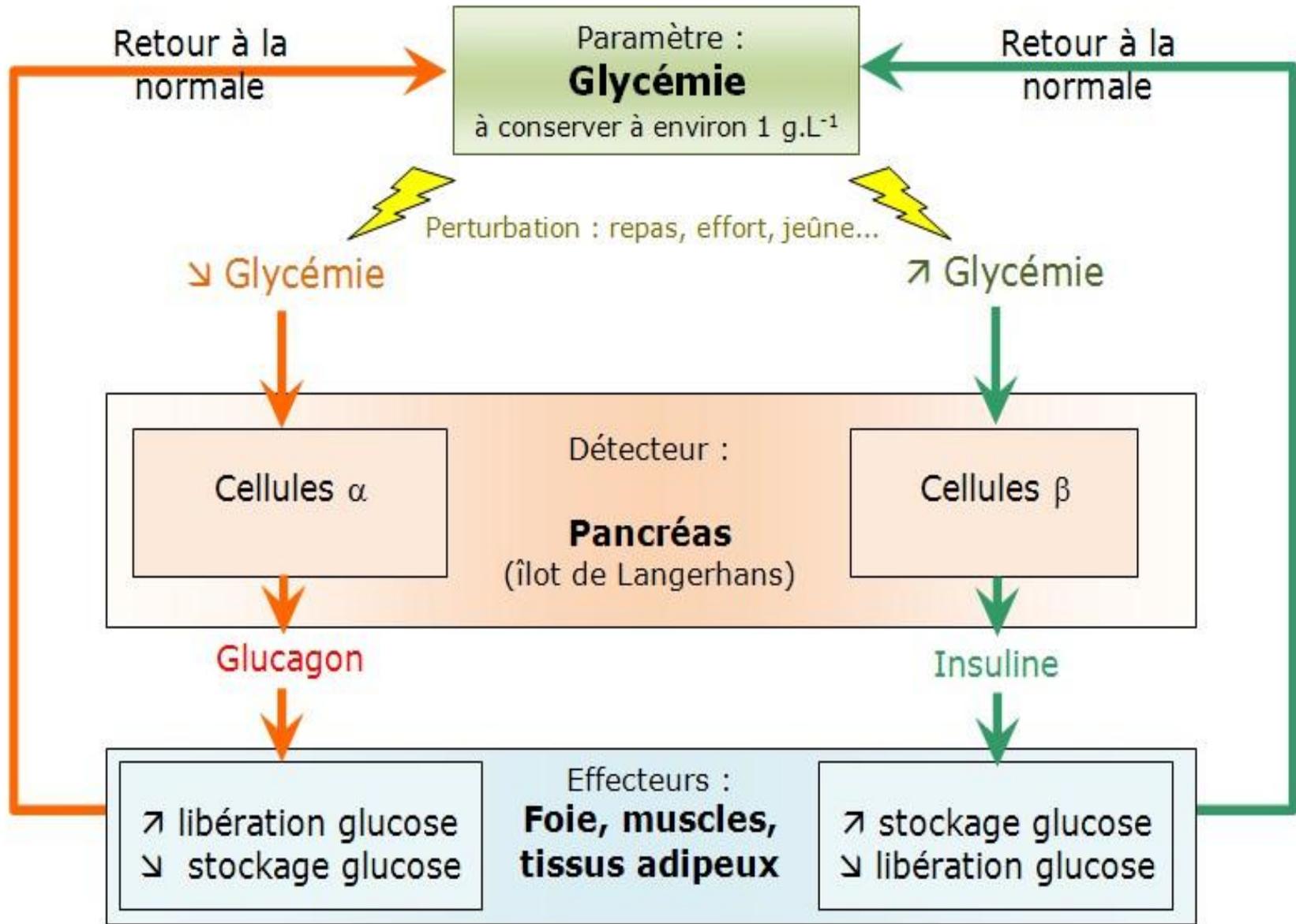


La glycémie est autorégulée :

- **le système réglé** : la glycémie, à 1 g/L

- **un système réglant**, qui se met en fonctionnement après toute variation du système réglé. Ce système inclut des capteurs de glycémie (îlots de Langerhans => cellules α et β), des organes effecteurs qui obéissent aux messages hormonaux de l'insuline et du glucagon qui vont ramener la glycémie à sa valeur de référence

- La glycémie est un système autorégulé :
 - une **augmentation de la glycémie** est détectée par des **capteurs** des cellules β situées dans les ilots de Langerhans dans le pancréas et entraîne la sécrétion de **l'insuline** par ces cellules β . L'insuline est transportée dans le sang et agit sur **les organes effecteurs** (foie, muscles, tissus adipeux) pour augmenter le stockage du glucose, et en inhiber la libération.
 - une diminution de la glycémie est détectée par des **capteurs** des cellules α situées dans les ilots de Langerhans dans le pancréas et entraîne la sécrétion du **glucagon** par ces cellules α . Le glucagon est transporté dans le sang et agit sur les **organes effecteurs** (foie, muscles, tissus adipeux) pour augmenter la libération du glucose, et en inhiber le stockage



Retour à la normale

Paramètre :
Glycémie
à conserver à environ 1 g.L⁻¹

Retour à la normale

Perturbation : repas, effort, jeûne...

↘ Glycémie

↗ Glycémie

Détecteur :
Pancréas
(îlot de Langerhans)

Cellules α

Cellules β

Glucagon

Insuline

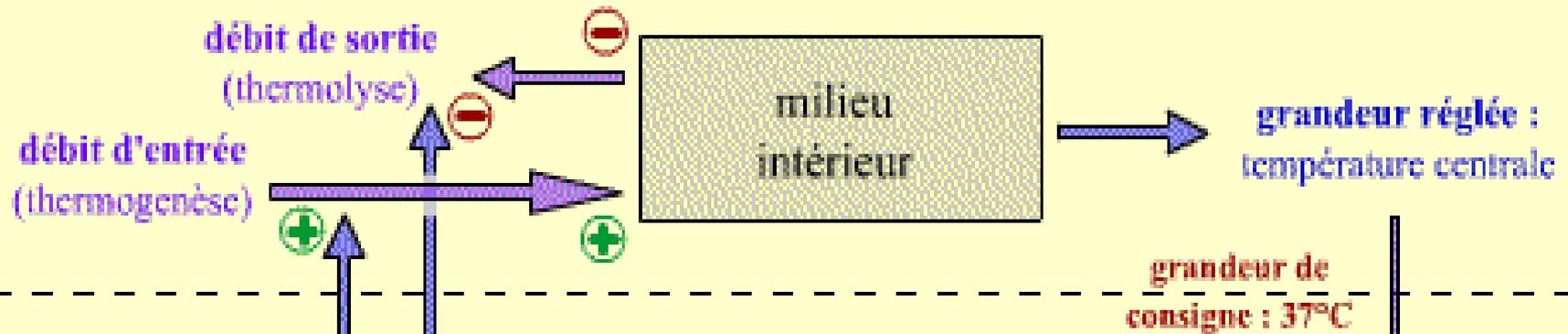
Effecteurs :
Foie, muscles, tissus adipeux

↗ libération glucose
↘ stockage glucose

↗ stockage glucose
↘ libération glucose

Homéostasie de la T°C = thermostat

systeme réglé



systeme réglant

