

homeostasie



Montaine Lefèvre
Réanimation



homéostasie

- Définitions
- Un peu d'histoire
- Le milieu intérieur
- Les liquides dans l'organisme
- Electrolytes et osmolalité
- Equilibre acido basique
- Thermorégulation

Définition



Définitions

- Processus de **régulation** par lequel un organisme vivant maintient les différentes constantes de son **milieu intérieur** entre les limites des valeurs normales.
- **Étymologie** : du grec **homoïos**, semblable, et **stasis**, arrêt.

homéostasie

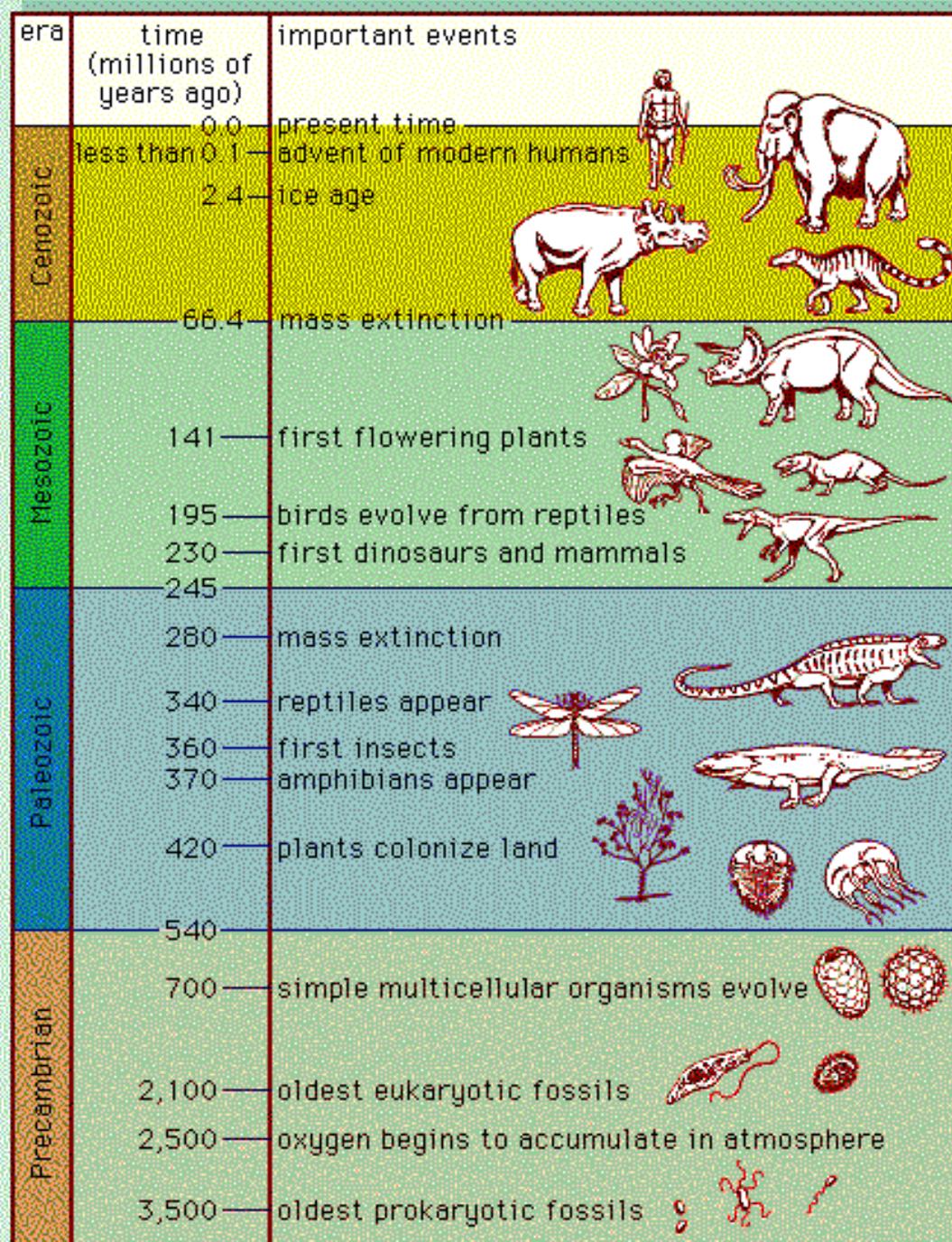


Claude Bernard

(1813 - 1878) médecin et physiologiste français. Considéré comme le fondateur de la médecine expérimentale, a inventé le concept d'homéostasie

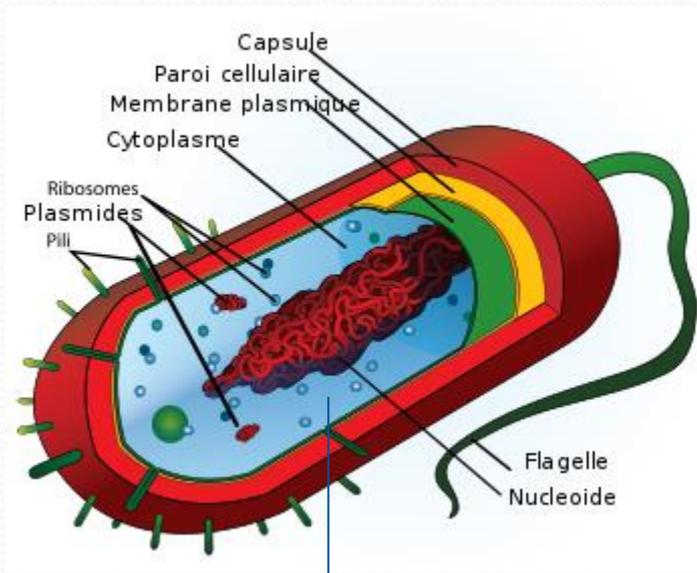
Un peu d'histoire de la vie...





Cellule procaryote

- 3.8 milliards d'années
- 0.5 à 2 μ m, autosuffisante et pourvue de tous les processus biologiques vitaux. Milieu intérieur protégé par une membrane => **homéostasie**
- bactéries



Milieu intérieur

Cellules eucaryotes



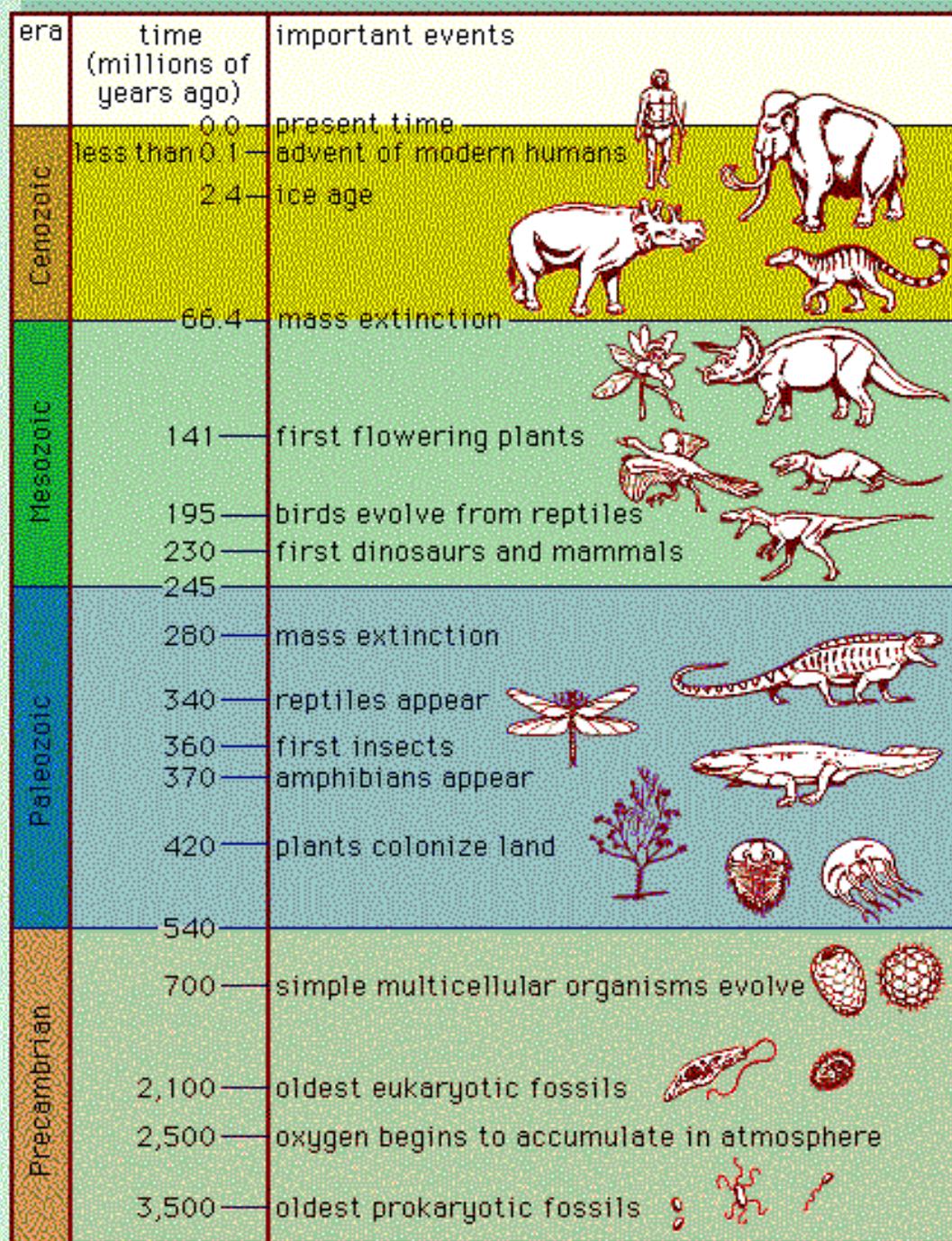
Milieu intérieur

- 2.7 milliards d'années
- Intégration de plusieurs procaryotes dans une membrane = cellule eucaryote
- **Interactions** entre ces organites = homéostasie plus complexe

Organismes pluricellulaires



- 2.1 milliards d'années
- Organismes vivants plus complexes encore:
ensembles de cellules plus ou moins différenciées
- **Homéostasie** = stabilité du milieu intérieur de cet ensemble de cellules, permettant sa survie dans son environnement



-400 millions d'années:
la vie devient possible
hors de l'eau.

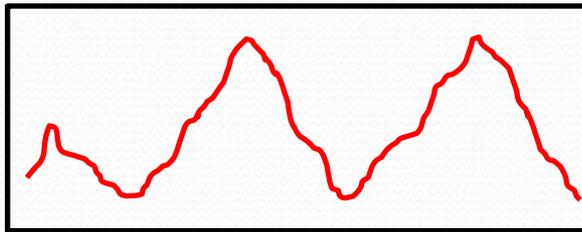
→ Les animaux sortent de l'eau

→ Les plantes sortent de l'eau

Le milieu intérieur chez l'être humain et l'animal

Milieu intérieur

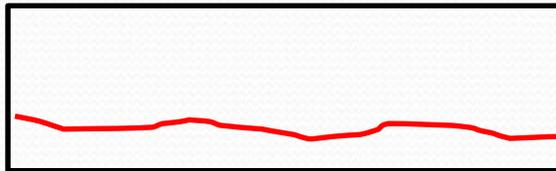
Température environnement:



Variations larges



Température milieu intérieur:

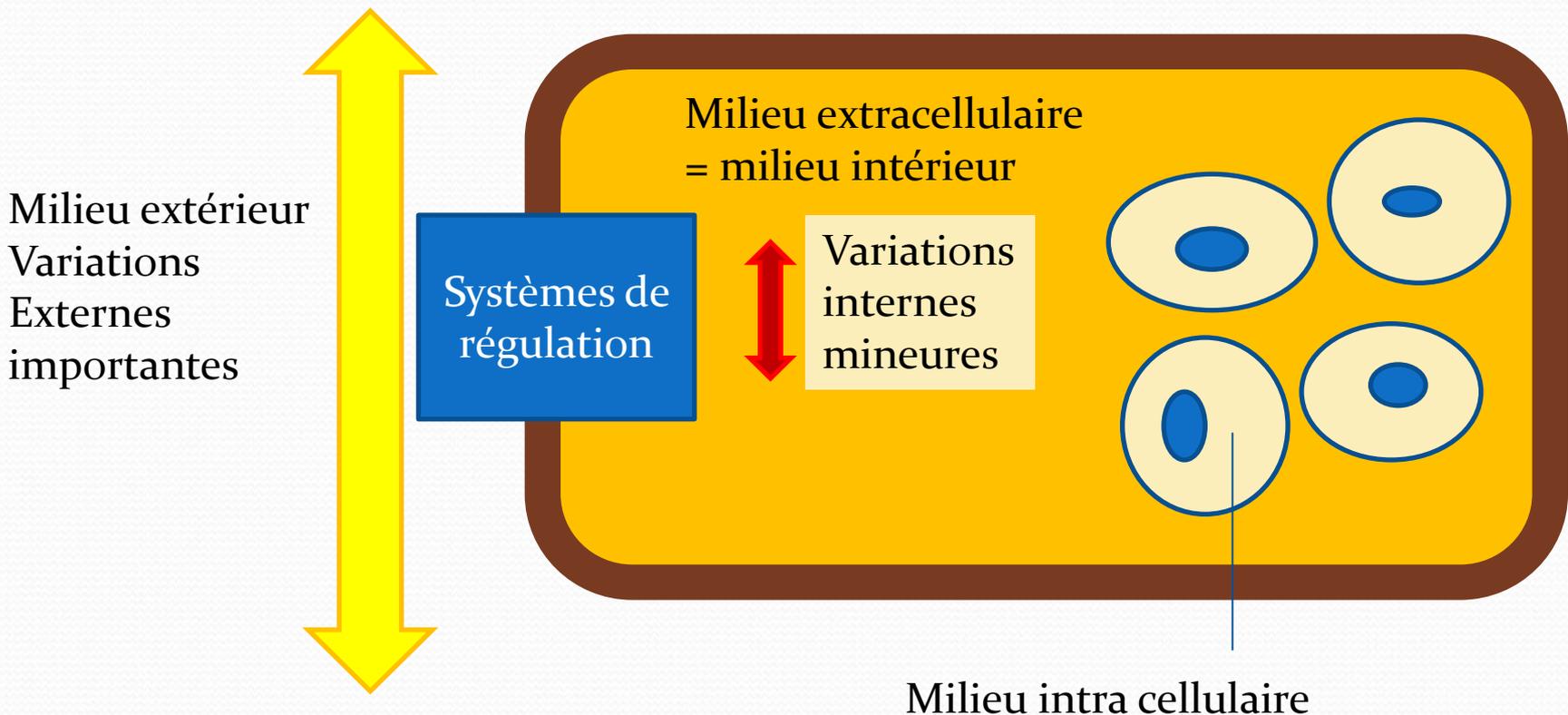


Variations minimales



Idem pour taux d'oxygène, salinité, contraintes mécaniques, nutriments...

Milieu intérieur



Milieu intérieur

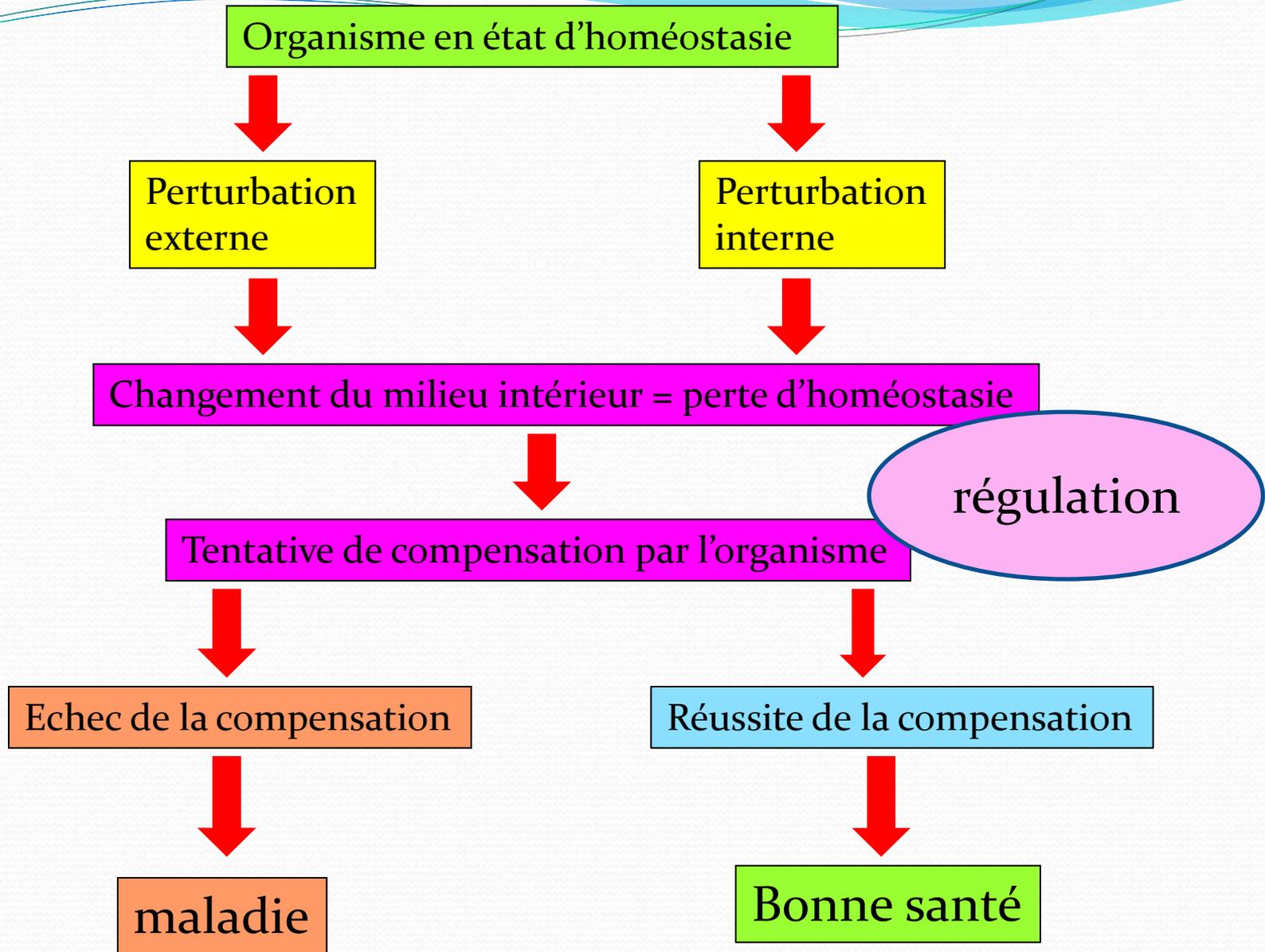
Les cellules ne peuvent vivre en l'absence d'eau.

Grâce au milieu intérieur les organismes sont moins sensibles aux variations de l'environnement

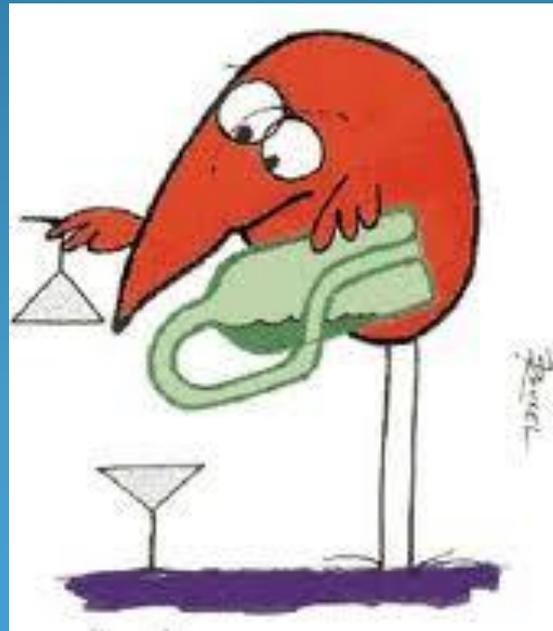


- *le "milieu intérieur" qui enveloppe les organes, les tissus, ne change pas; les variations atmosphériques s'arrêtent à lui [...] l'animal est enveloppé dans un milieu invariable qui lui fait comme une atmosphère propre dans le milieu cosmique toujours changeant...*
- *L'existence de l'être se passe, non pas dans le milieu extérieur, air atmosphérique pour l'être aérien, eau douce ou salée pour les animaux aquatiques, mais dans le milieu liquide intérieur formé par le liquide organique circulant qui entoure et où baignent tous les éléments anatomiques des tissus; c'est la lymphe ou le plasma, la partie liquide du sang*
- *l'être vivant paraît libre et [...] affranchi des conditions physiques ou chimiques extérieures. Cette apparence est une illusion. Tout au contraire, c'est particulièrement dans le mécanisme de la vie que ces relations étroites se montrent dans leur pleine évidence.*

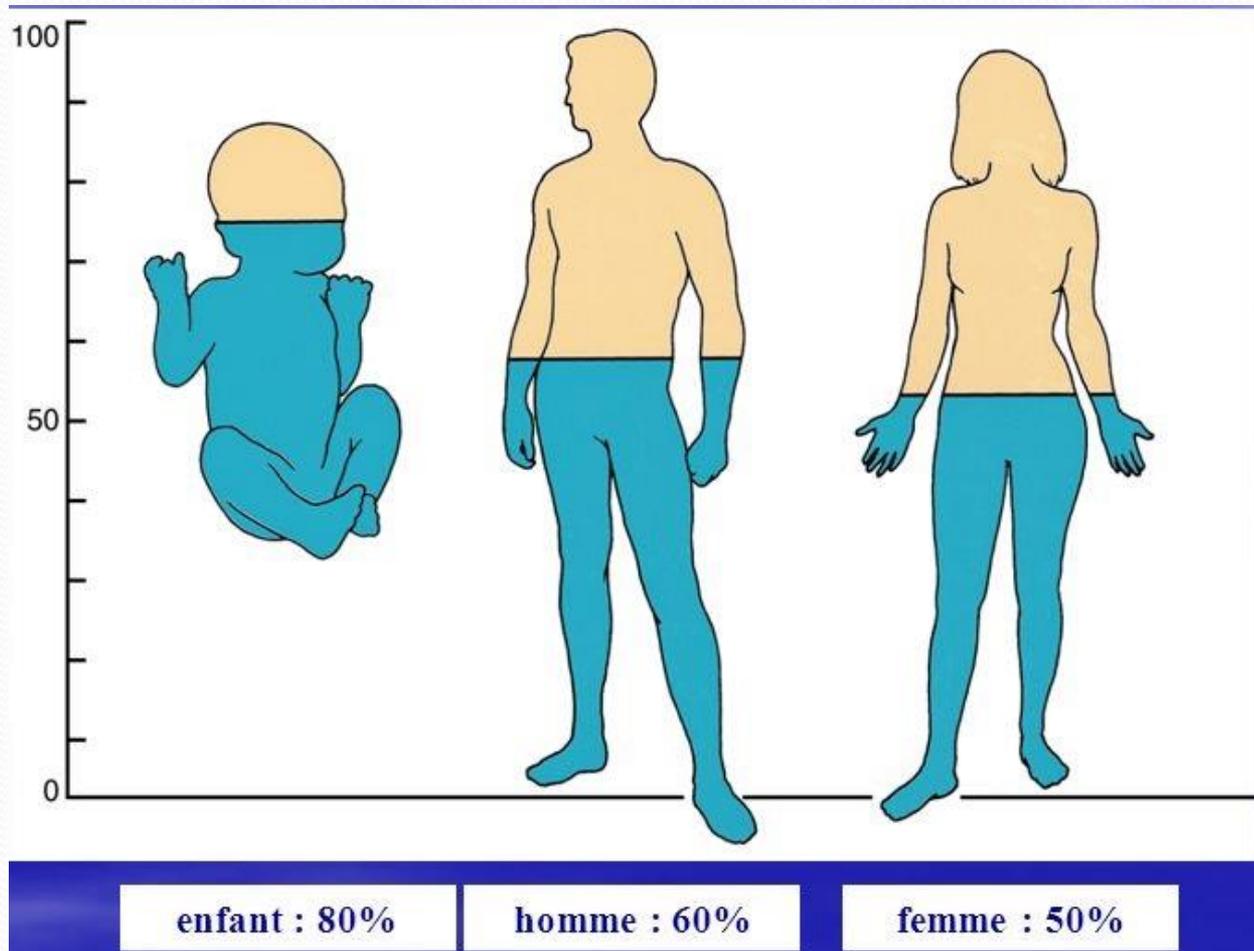




Les liquides dans l'organisme



Les liquides dans l'organisme



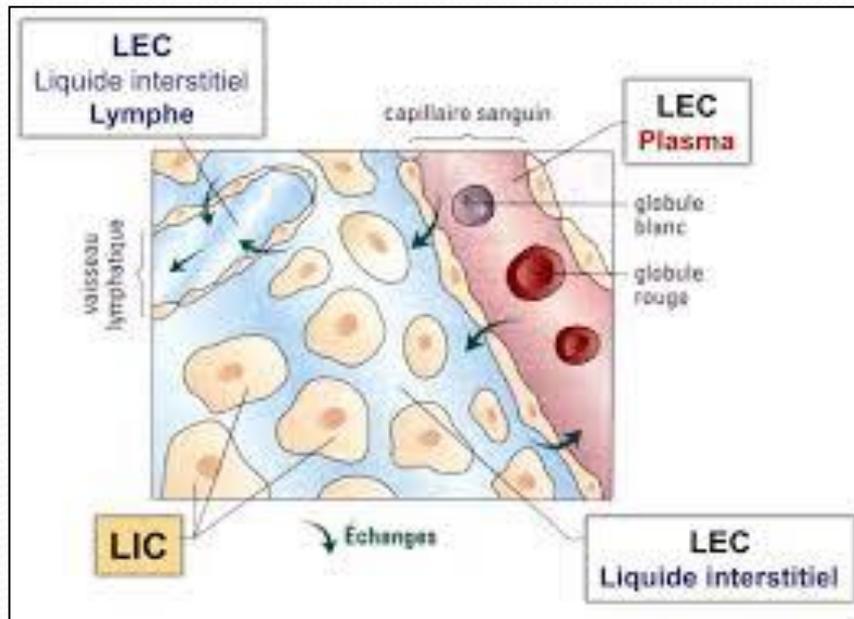
Les liquides dans l'organisme

Eau corporelle totale 60%		Matière sèche 40%	
Liquide extra- cellulaire 20%		Liquide intracellulaire 40%	Matière organique 38%
Liquide interstitiel (et lymphe canalisée) 16%	Plasma 4%		

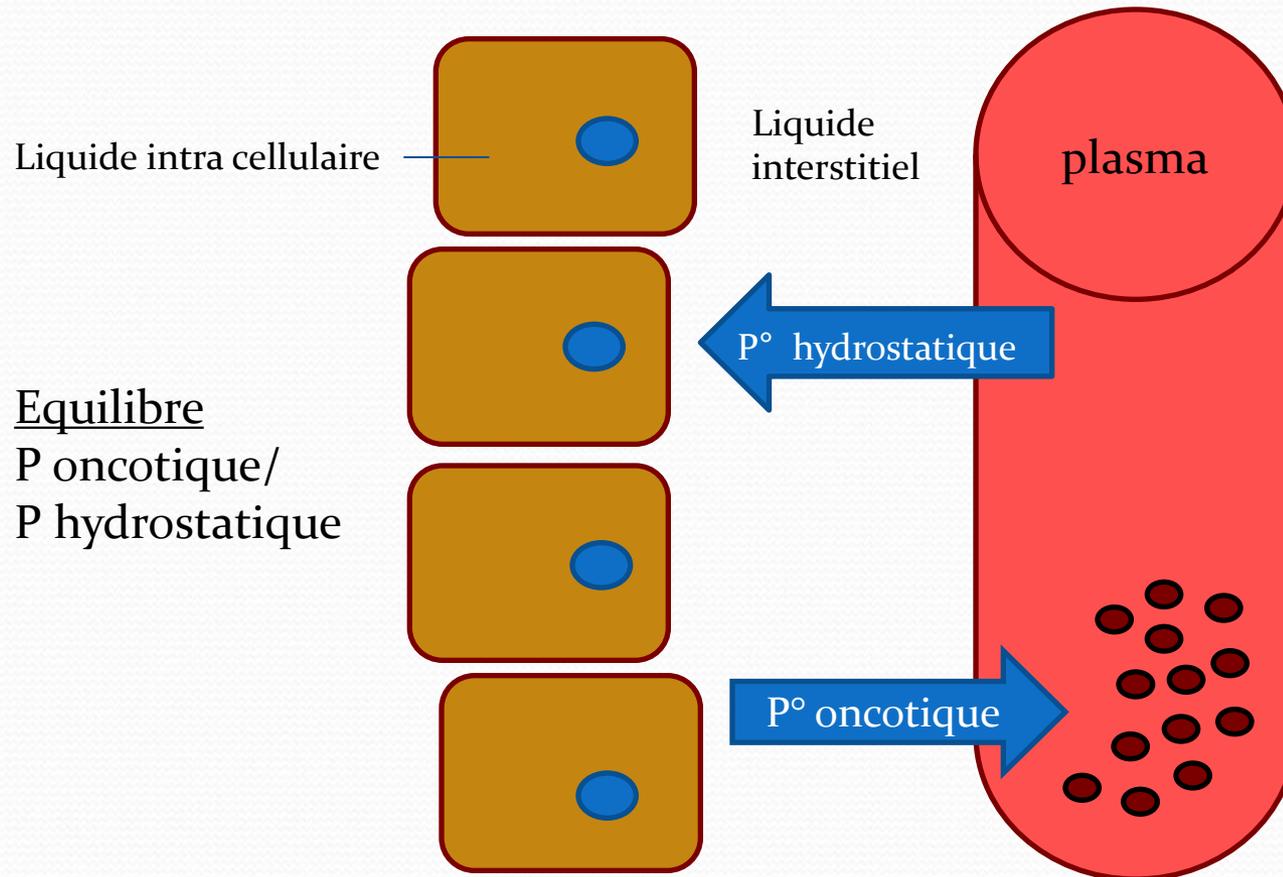
Les liquides dans l'organisme

LIC: liquide intra cellulaire

LEC: liquide extra cellulaire: liquide interstitiel + lymphes + plasma

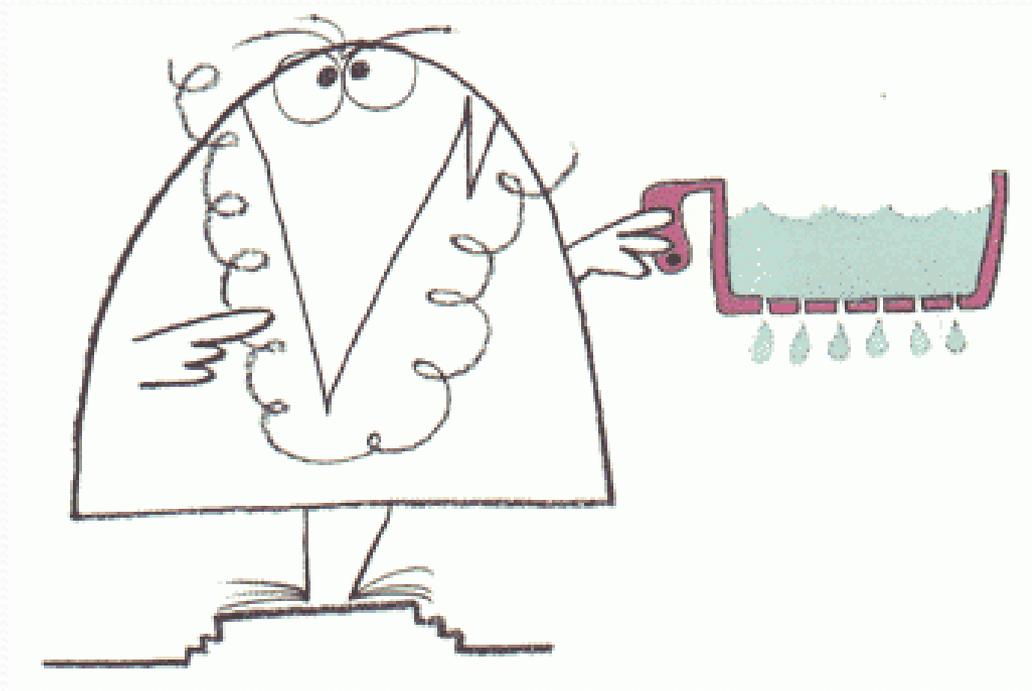


Circulation des liquides dans l'organisme



Ça décompense!!



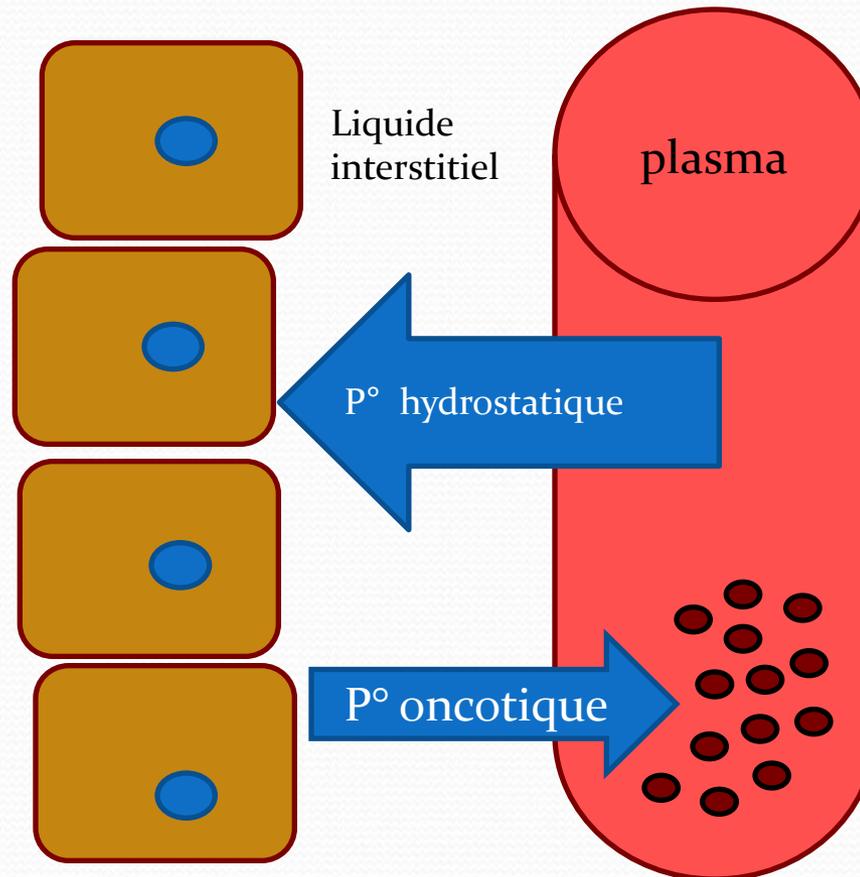


Circulation des liquides dans l'organisme

Elévation P hydrostatique:
HTA
Obstacle retour veineux
⇒ Œdèmes
= surcharge en eau dans l'interstitium

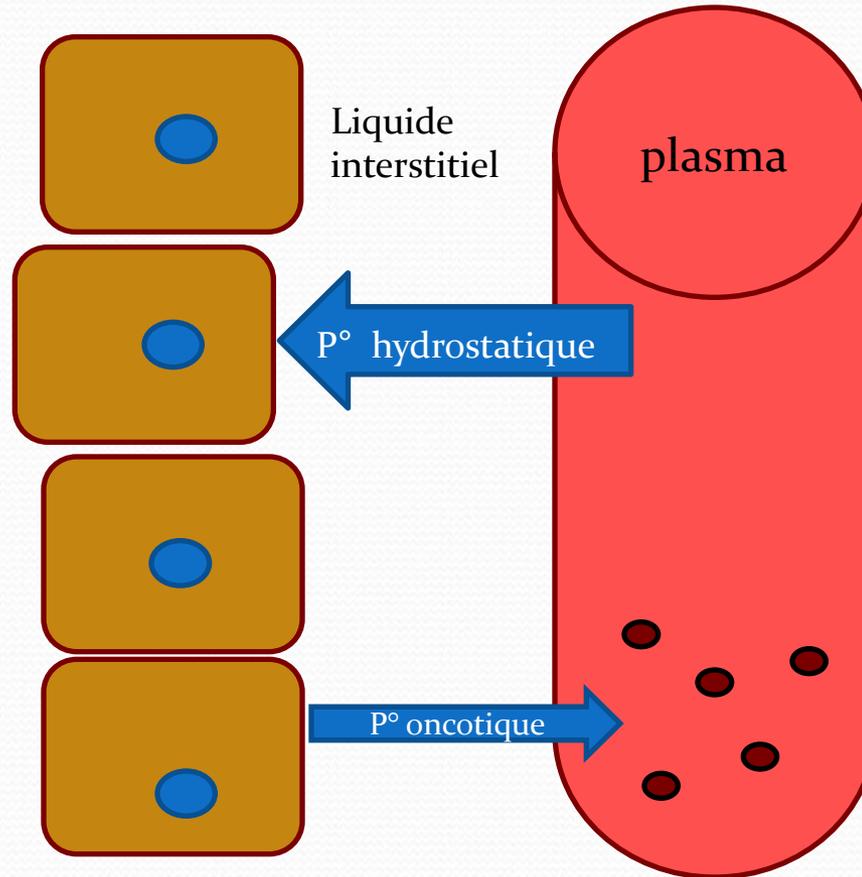


Signe du godet



Circulation des liquides dans l'organisme

Diminution P oncotique
Hypoprotidémie:
dénutrition, cirrhose,
syndrome néphrotique
⇒ Surcharge interstitium
Œdèmes



kwashiorkor

Electrolytes et osmolalité



Electrolytes

On en distingue 2 types :

- Les cations = ions chargés positivement : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+
- Les anions = ions chargés négativement : Cl^- , PO_4^{3-} (phosphates surtout HPO_4^{2-} et H_2PO_4^-), HCO_3^- , SO_4^{2-}

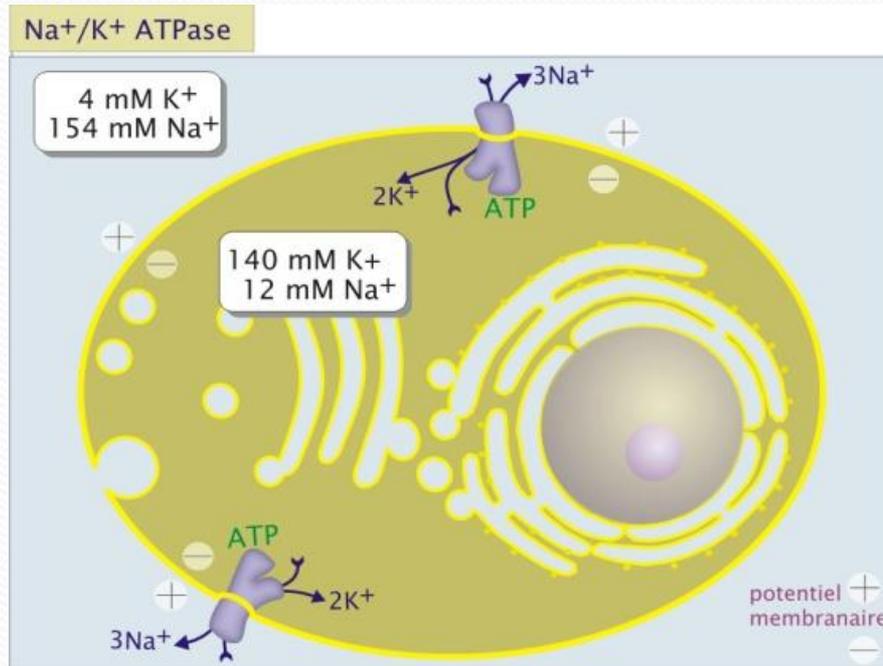
Élément	Symbole	Fonctions particulières
Calcium	Ca (Ca^{2+})	Composant des os et des dents. Intervient dans de nombreux processus physiologiques (contraction musculaire, coagulation du sang).
Chlore	Cl (Cl^-)	Anion le plus important dans la neutralité électrique
Magnésium	Mg (Mg^{2+})	Composant des os. Rôle dans de nombreuses réactions chimiques (transmission neuromusculaire par exemple)
Phosphore	P (P^{3-})	Composant des os et des dents. Présent dans l'ATP (Adénosine Tri Phosphate), dans les Acides Nucléiques et les Phospholipides
Potassium	K (K^+)	Principal cation intracellulaire, important dans les potentiels trans-membranaires et dans la contraction des cellules musculaires.
Sodium	Na (Na^+)	Principal cation extracellulaire, important dans les potentiels trans-membranaires.

Electrolytes

composé	Liquide intra-cellulaire	Liquide extra-cellulaire	
	mmol/L	Lymphes mmol/L	Plasma mmol/L
Sodium	10	140	140
Potassium	141	5	4.8
Calcium	0.4	2.5	2.5
Magnésium	29	1.5	0.9
Chlore	4	103	101
Hydrogénocarbonate	10	28	25
Phosphates	75	4	4
Protéines (g/L)	200	4	70
Glucose (mmol/L)	1.1	5	5
Membrane cytoplasmique →			

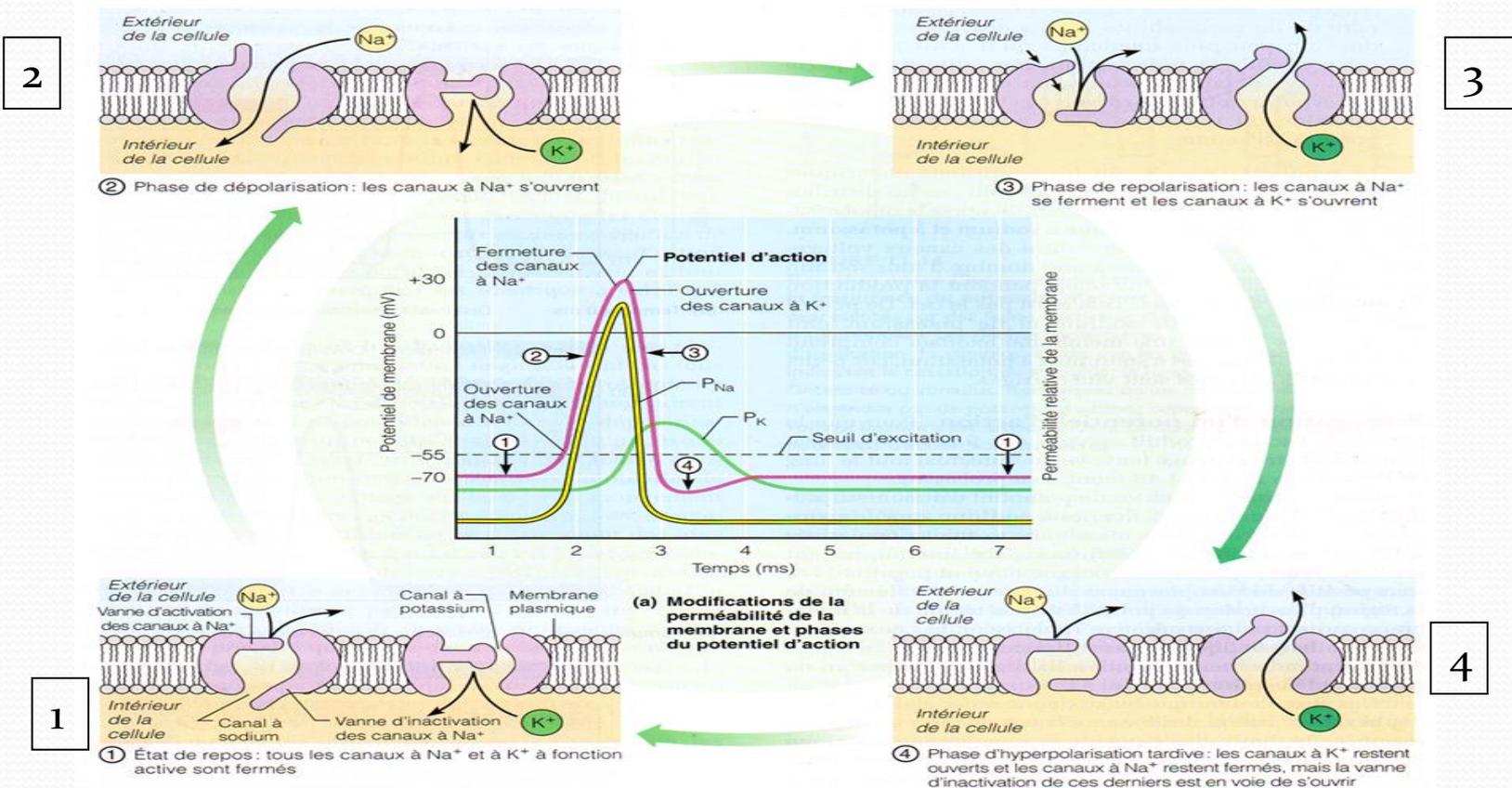
Electrolytes

- Transferts actifs de part et d'autre de la membrane cellulaire par des pompes => contrôle des concentrations en ions



Electrolytes

- Rôle des électrolytes dans le genèse de **potentiels d'action** : dépolarisation de la membrane => influx électrique (système nerveux, myocarde)



Electrolytes

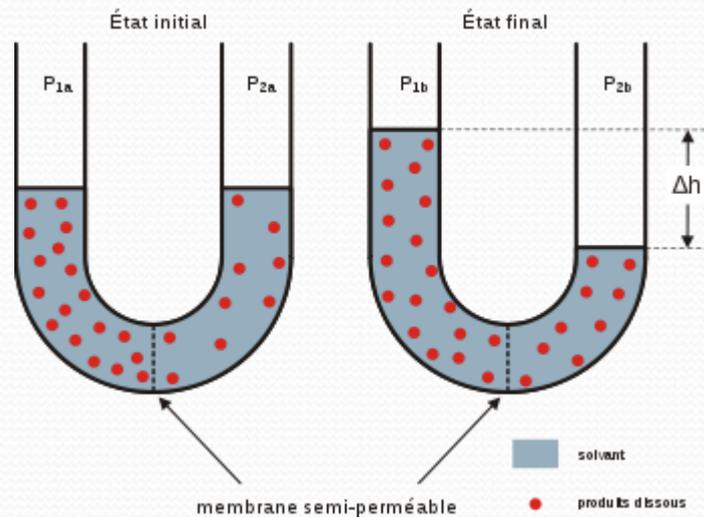
Les micro-éléments

Ce sont des éléments présents en très petites quantités dans l'organisme. Il s'agit du cuivre, du cobalt, du manganèse, du zinc, du fer, du fluor, du silicium, du molybdène, du chlore, etc.

Élément	Fonctions particulières
Fer	Entre dans la composition de l'hémoglobine, des enzymes
Iode	Intervient dans le fonctionnement de la thyroïde
Fluor	Intervient dans la composition des dents
Zinc	Nécessaire à la synthèse de l'hémoglobine
Cuivre	Entre dans la composition des enzymes cellulaires

osmolalité

- Concentration osmotique ou **osmolarité**: concentration d'une solution exprimée en nombre de particules osmotiquement actives (osmoles) par litre.
- **Osmolalité** = nombre de particules osmotiquement actives par kilogramme. Osmolalité normale 280 à 303 mOsm/kg



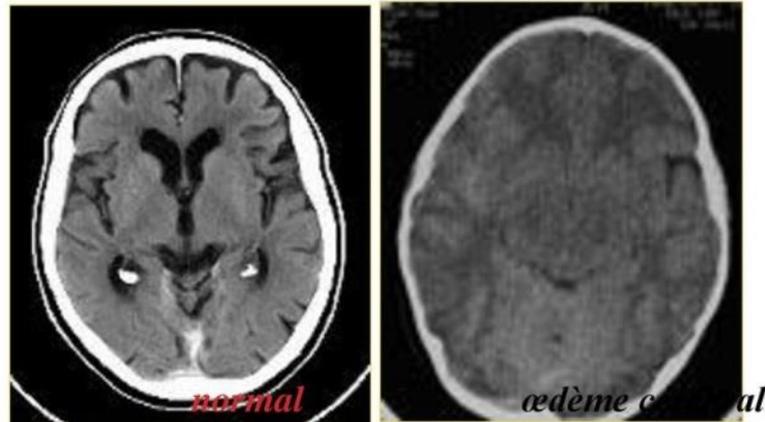
ça décompense!!



Une intoxication par l'eau

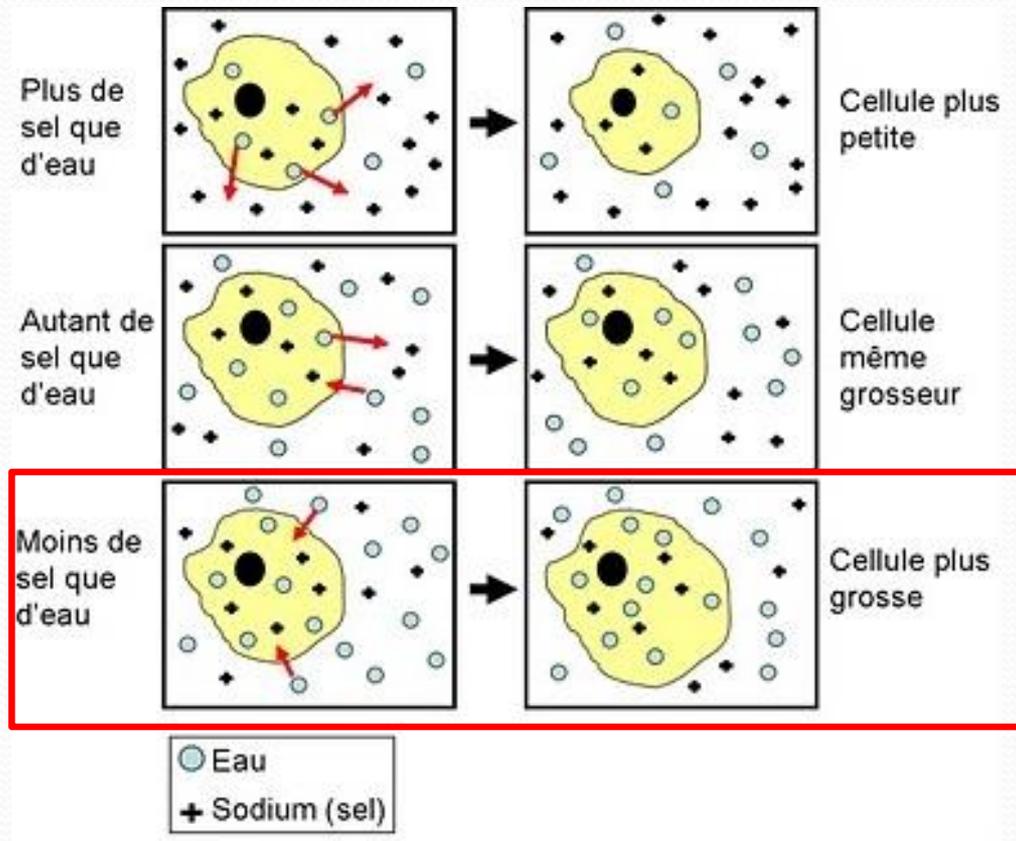
- Madame L, 56 ans, psychose sévère, potomanie. Appel du 15 par son époux pour coma + convulsions. Notion d'ingestion massive d'eau (8 litres)
- Bilan initial: hyponatrémie = 101 mmol/L, hypoosmolalité = 250 mOsm/kg

DYSNATRÉMIES



Œdème cérébral/ TDM cérébral

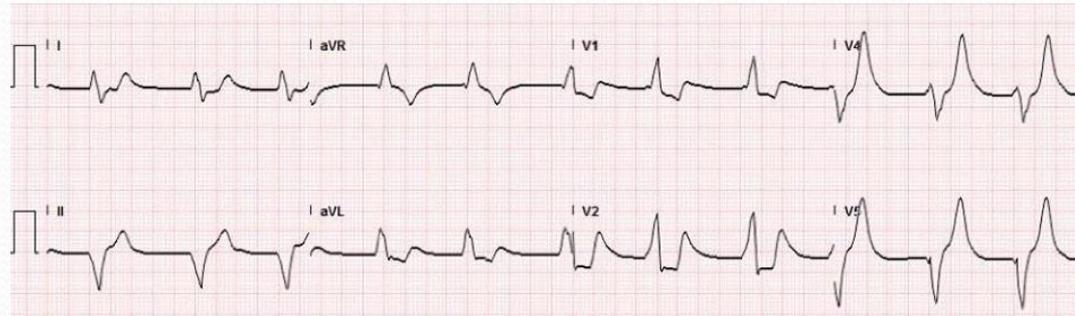
Une intoxication par l'eau



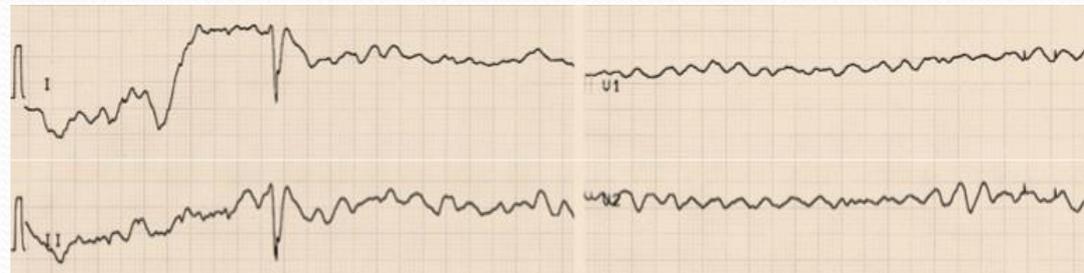
Une rhabdomyolyse = destruction des cellules musculaires

- Patient de 79 ans, ATCD d'insuffisance rénale, admis pour chute + station au sol prolongée.

- ECG à l'admission:



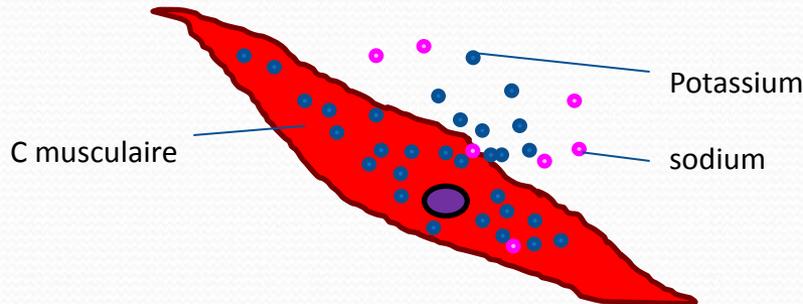
- Arrêt cardiaque 30 minutes après l'admission, sur fibrillation ventriculaire.



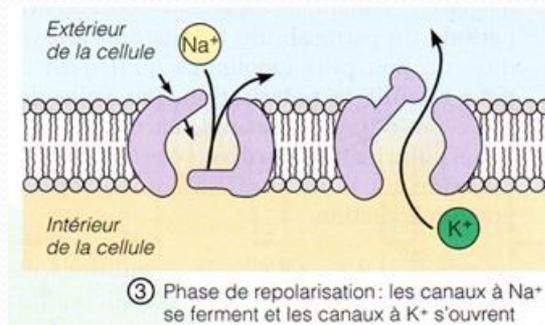
- Bilan biologique (prélevé avant l'arrêt): $K^+ = 7,9$ mmol/L, insuffisance rénale

Une rhabdomyolyse

- Destruction massive de cellules musculaires => libération de potassium en grande quantité dans le secteur extra cellulaire



- Taux anormalement élevé de potassium dans le secteur extra cellulaire => repolarisation impossible



Equilibre acido basique



Equilibre acido basique

- pH = potentiel hydrogène
- permet d'évaluer la concentration de l'ion hydrogène H⁺ dans une solution.
- mesure le caractère acide ou basique d'une solution aqueuse. Plus la solution est acide, plus la valeur du pH est faible et inversement.
- $H_2O = H^+ + OH^-$
- Apports d'acides gras, acides aminés => H⁺
- $CO_2 + H_2O = HCO_3^- + H^+$
- pH sanguin normal : 7,38 à 7,42

pH	Nature	Exemples	Couleur
1	Hyper Acide	• HCl dilué 100 fois	0
2	Acide	• Suc gastrique	1
2,3		• Jus de citron	2
2,5		• Vinaigre, coca	3
4		• Jus de raisin, de tomate	4
4,5		• Bière	5
5		• Café	6
5,5		• Eau de Perrier, thé	7
6	Neutre	• Urine	8
6,5		• Lait	9
7		• Eau pure à 25°C	10
7,4		• Salive de 6,5 à 7,4	11
8		• Sang à 37°C	12
8,5		• Aspirine	13
10		• Eau de mer	14
11	Basique	• Eau savonneuse	1
11		• Eau de chaux	2
11,5		• Ammoniaque	3
12		• Eau de Javel	4
12,5	Hyper Basique	• Hydroxyde de calcium	5
13		• Soude à 4g/l	6
14		• Hydroxyde de sodium	7

Equilibre acido basique

- Equation de Henderson Hasselbach:

$$pH = pKa + \log \frac{[base]}{[acide]}$$

$$pH = pKa + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

Equilibre acido basique

- Equation de Henderson Hasselbach:

$$pH = \cancel{pKa} + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

$$pH \approx \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

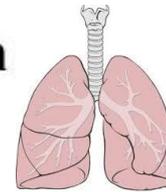
Equilibre acido basique

$$pH \approx \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

reins



poumon

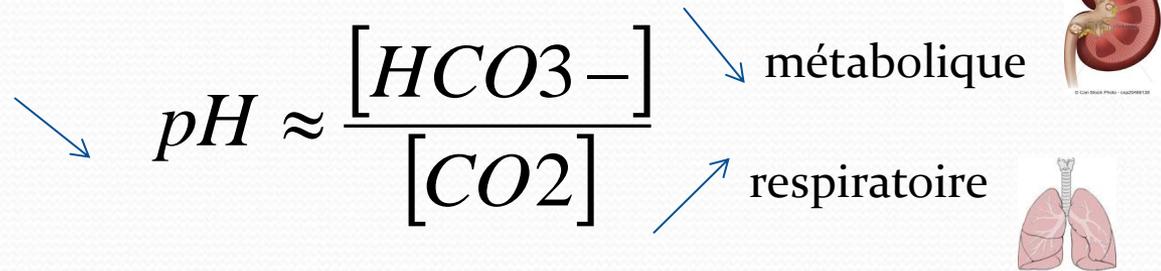


Le poumon régule le pH en ajustant la concentration en CO₂ par des modulations de la ventilation (hyperventilation => élimination importante de CO₂ => √ PaCO₂)

Le rein régule le pH en ajustant la concentration en bicarbonates [HCO₃⁻] grâce à une élimination adéquate de H⁺ dans les urines

Acidose

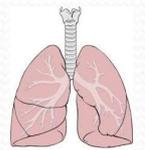
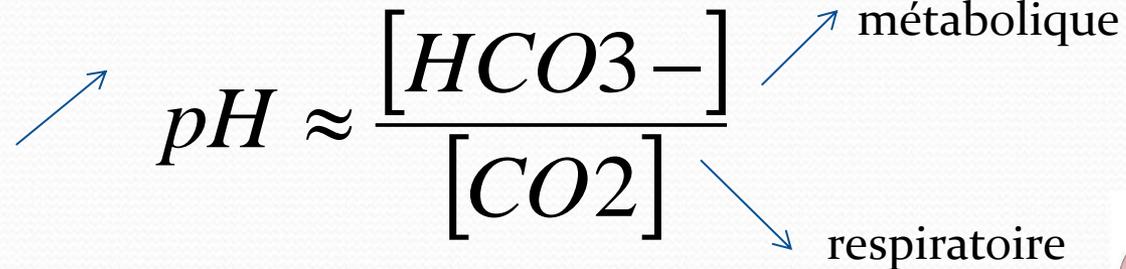
- Diminution du pH



- Soit **élévation PaCO₂** : hypoventilation alvéolaire => accumulation de CO₂ dans le sang
- Soit **diminution réserve alcaline (HCO₃⁻)**:
 - présence d'acide dans l'organisme: acide lactique, intoxication au méthanol...
 - défaut de réabsorption de HCO₃⁻ par le rein (insuffisance rénale)
 - fuite de HCO₃: diarrhée

Alcalose

- élévation du pH



- Soit **diminution PaCO₂** : hyperventilation
- Soit **élévation réserve alcaline (HCO₃⁻)**:
 - fuite digestive de H⁺: aspiration gastrique, vomissements
 - fuite urinaire de H⁺: médicaments (diurétiques), hypovolémie ...
 - surcharge en substances alcalines (citrate)

ça décompense!



Détresse respiratoire avec troubles de conscience

- Patiente de 55 ans, fumeuse, bronchopathe chronique, obèse, admise pour dyspnée aiguë + troubles de conscience
- Gaz du sang artériel (GDS):

paramètres	patient	Valeurs normales
pH	7.20	7.38 – 7.42
PO ₂	55 mmHg	60 – 80 mmHg
PCO ₂	90mmHg	35 – 40 mmHg
HCO ₃ ⁻	31 mmol/L	22 – 27 mmol/L
SaO ₂	87%	95 – 100 %

Alcalose post opératoire

- Patient de 70 ans, sans antécédent, à J4 post opératoire d'une colectomie transverse pour adénocarcinome, résection complète, rétablissement de continuité en un temps.
- Sonde naso gastrique en aspiration depuis quatre jours
- GDS:

paramètres	patient	Valeurs normales
pH	7.54	7.38 – 7.42
PO2	90 mmHg	60 – 80 mmHg
PCO2	40mmHg	35 – 40 mmHg
HCO3-	38 mmol/L	22 – 27 mmol/L
SaO2	99%	95 – 100 %

Polypnée + douleur abdominale

Patient de 65 ans, artéritique, coronarien, ancien fumeur. Douleur abdominale aiguë + diarrhée. Tension artérielle basse, tachycardie. Conscience normale

TDM abdominal en faveur d'une ischémie mésentérique.

GDS:

paramètres	patient	Valeurs normales
pH	7.38	7.38 – 7.42
PO ₂	130 mmHg	60 – 80 mmHg
PCO ₂	19 mmHg	35 – 40 mmHg
HCO ₃ ⁻	12 mmol/L	22 – 27 mmol/L
SaO ₂	98%	95 – 100 %
lactate	8.5 mmol/L	1 – 1.8 mmol/L

thermorégulation



thermorégulation

- Homéothermie = capacité de l'organisme à maintenir **constante** la température du milieu intérieur
- Température normale = 36,1 à 37,8°C
- Intérêt de l'homéothermie dans l'évolution: indépendance vis-à-vis de la température externe pour les activités. Conquête des régions polaires.

thermorégulation

Equilibre entre les apports et les pertes de chaleur

Production de chaleur



- Exercice, frisson
- Tension musculaire (froid émotion)
- Métabolisme élevé
- Maladie

Protides
Lipides
Gucides

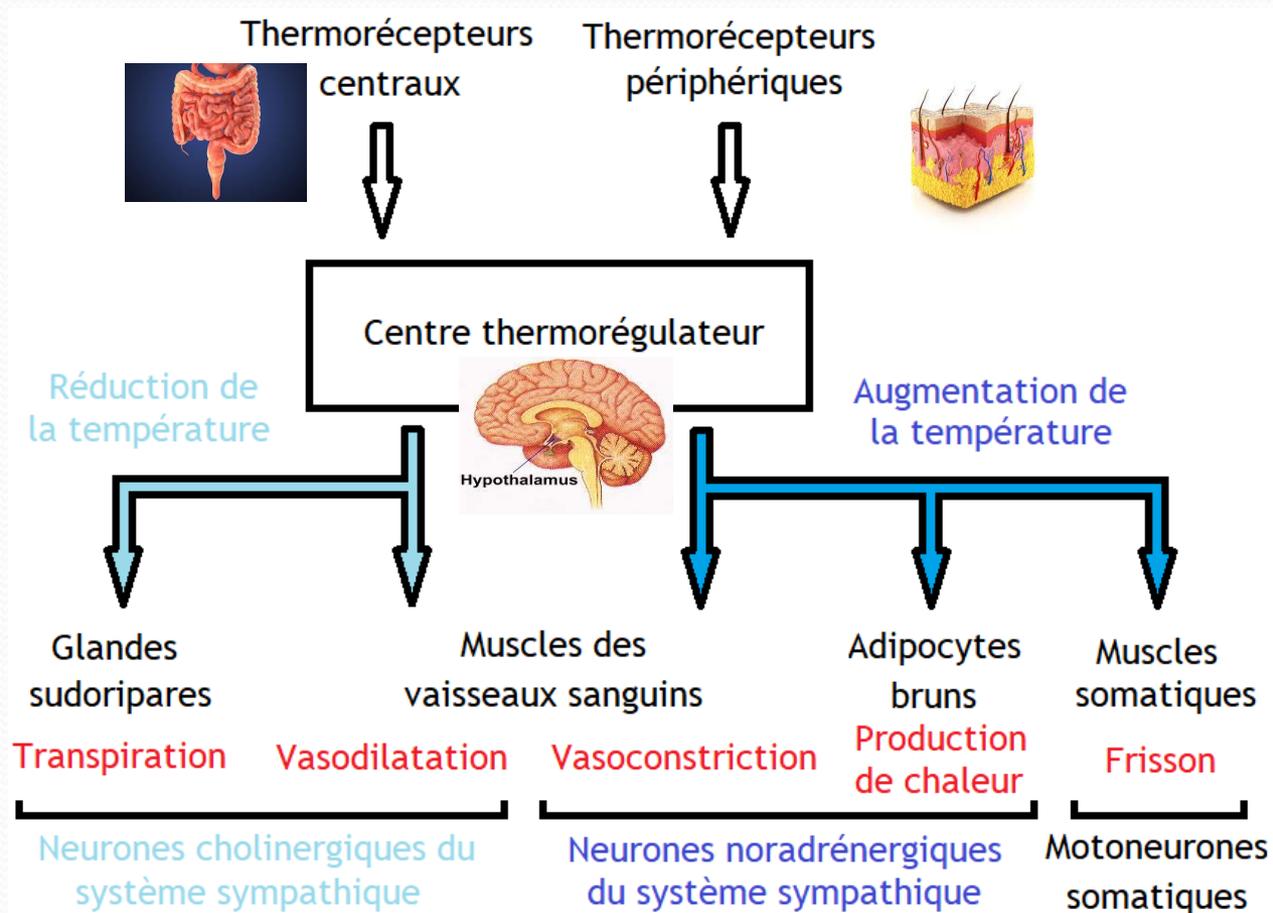
Pertes de chaleur



- Circulation cutanée
- Modification thermique
- Vêtements enlevés
- Augmentation de la surface de radiation
- Augmentation de l'évaporation
- Ventilation
- Sueur

Conduction
Convection
Radiation
Evaporation

thermorégulation



Pourquoi la fièvre??



Pourquoi la fièvre?

- **Pyrogènes** : agents infectieux (virus, bactéries, champignons), ou médicaments (interféron, progestérone) => activation des **macrophages** qui secrètent des **cytokines** (interleukine, interféron) => **augmentation du thermostat (hypothalamus)**
- => **fièvre**

Pourquoi la fièvre?

- élévation de la fréquence cardiaque : 8-12/min pour chaque 1°C
- augmentation de la vitesse du métabolisme;
- épisodes plus nombreux de sommeil à ondes lentes: action réparatrice sur le cerveau.
- accélération de la cicatrisation
- **inhibition de la croissance bactérienne**: diminution des concentrations plasmatiques de fer, zinc et le cuivre - essentiels pour la prolifération des bactéries pathogènes.

Température > **41°C** (43°C est la limite absolue pour la survie) dangereuse car risque de dénaturation des protéines - peut engendrer de pertes de connaissance, hallucinations, convulsions.

Faut-il traiter la fièvre?

pour

- Confort du patient
- Prévention de l'hyperthermie extrême (>41°C)
- Prévention des crises convulsives liées à l'hyperthermie (enfant)



contre

- Fièvre souvent bénigne et de courte durée
- Effets secondaires des antipyrétiques sont lourds au regard du bénéfice de l'apyrexie
- Traitement de la fièvre => retard de diagnostic, élément de surveillance de l'antibiothérapie
- Entrave aux défenses naturelles de l'organisme = perte de chance

Faut-il traiter la fièvre?

- Il faut traiter la fièvre dans des situation particulières: choc septique, lésions cérébrales, troubles neuropsychiatriques

Quelques études:

- 1975: les patients qui prennent de l'aspirine excrètent plus de rhinovirus que ceux qui ne traitent pas leur fièvre
- 2010: aspirine ou paracétamol prolongent la durée de la grippe A
- 2014: contagion plus forte chez les patients atteints de grippe qui traitent leur fièvre car: excrétion plus importante de virus + durée d'excrétion prolongée + contact facilité avec l'extérieur du fait de l'absence de symptôme.

=> le plus souvent il faut laisser la fièvre faire son travail!



Merci!