

# Homéostasie

*Mes petits commentaires sont en italiques et de cette couleur.*

## I. PRINCIPES DE L'HOMÉOSTASIE

L'**homéostasie** définit la capacité du **milieu intérieur** à rester le **même**.

Le **milieu intérieur** est en permanence soumis à plusieurs **influences environnementales** et de **l'activité cellulaire** qui sont toutes les deux changeantes.

Environnement  $\Leftrightarrow$  Cellules épithéliales  $\Leftrightarrow$  Milieu intérieur  $\Leftrightarrow$  Cellules non épithéliales  $\Leftrightarrow$  Activité cellulaire

Ces paramètres ne varient que dans **d'étroites limites** et c'est ce que l'on appelle l'homéostasie, ce qui implique la présence de **régulation** +++

### 1) Principaux paramètres régulés

Parmi les paramètres régulés il y a :

- **L'hydratation corporelle** qui correspond à un pourcentage fixe du poids corporel (rappel : Le volume du liquide extracellulaire qui correspond au **1/3 du volume d'eau totale**).
- **L'osmolalité** du liquide extracellulaire ( **$280 \pm 10$**  mosmol/kg d'eau).
- La **composition ionique** du plasma (= calcémie (= *calcium*  $Ca^{2+}$ ), kaliémie (= *potassium*  $K^+$ ), glycémie (= *glucose*)...)
- Le **pH** du sang artériel (varie entre **7,38 et 7,42**  $\rightarrow$   **$7,40 \pm 0,02$** ).
- La **température centrale**.

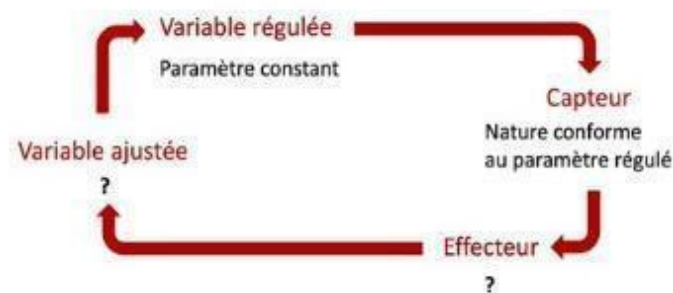
## 2) Boucle de régulation

De manière très générale, la régulation implique un certain nombre de paramètres qui sont la **variable régulée** et le **capteur** en premier lieu. Il est important de concevoir que la **nature du capteur** doit être conforme avec la nature de la **variable** régulée (*ex : si la variable c'est la pression le capteur ça va être le barorécepteur, ou encore température → thermorécepteur*).

Le **capteur** va agir sur un ou plusieurs effecteurs par l'intermédiaire d'un système de communication et ces effecteurs vont ajuster un certain nombre de paramètres physiologiques ou moléculaires qui ne correspondent pas forcément directement à la variable régulée.

On peut situer **la boucle de régulation** à **différents niveaux** de complexité, en partant au niveau de **l'organisme** entier, en descendant au niveau **cellulaire** et en descendant encore au niveau **moléculaire**.

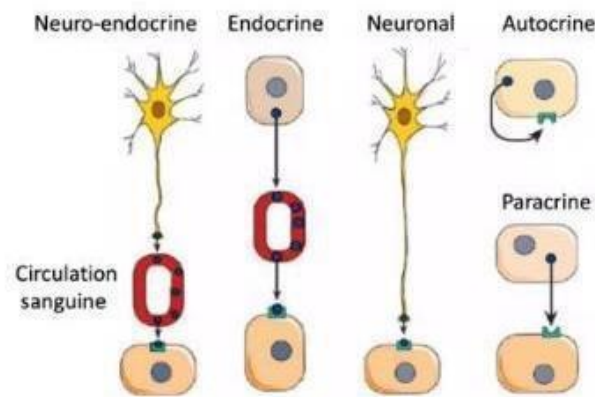
Aujourd'hui l'avancée des connaissances nous oblige à faire ce chemin-là.



## 3) Communication entre capteur et effecteur

On retrouve plusieurs modes de communication entre le capteur et l'effecteur (cf biocell) :

- Le mode **NEUROENDOCRINE** comporte la sécrétion d'une **hormone** par un **neurone** qui est délivrée dans la circulation **sanguine** et qui va agir à **distance** sur une cellule.
- Le mode **ENDOCRINE** fait intervenir une **hormone** sécrétée par une **cellule** endocrine non neuronale, qui va agir à **distance**.
- Le mode **NEURONAL** correspond à la jonction **synaptique** entre un neurone et une cellule avec la délivrance d'un **neurotransmetteur**.
- Les modes **AUTOCRINE** et **PARACRINE** sont des modes de **sécrétion** cellulaire qui vont agir soit sur la cellule **elle-même (autocrine)** soit sur la cellule **voisine (paracrine)**.



#### 4) Exemple de variables ajustées

Quelques paramètres fondamentaux :

- **Le volume du milieu extracellulaire** : ce volume est essentiel pour permettre la circulation sanguine, l'absorption des nutriments, les échanges gazeux, l'ultrafiltration rénale ...  
Le volume du milieu extracellulaire est nécessairement **constant**.
- **L'hydratation de l'organisme** : elle aussi nécessairement **constante** puisque la teneur en eau détermine l'osmolalité du liquide extracellulaire, les potentiels chimiques et électriques, les capacités de dissociations ioniques, les réactions chimiques par la concentration des composés qui réagissent entre eux.
- **La température de l'organisme** : elle détermine la vitesse des réactions chimiques, la fluidité des membranes plasmiques elles-mêmes clés pour le mouvement des transporteurs moléculaires.  
→ Toutes ces variables sont **régulées et maintenues constantes** pour le bon fonctionnement de l'organisme.

Exemples de types de communication et de variables ajustées : +++

- Contenu **hydrique** de l'organisme → Mode **neuroendocrine**
- **Température** centrale → Mode **neuronal** (système nerveux autonome)
- **Volume** extracellulaire → Modes **paracrine, neuroendocrine, neuronal**

## 5) Rôle fondamental des reins comme effecteurs

Les **reins** sont souvent au cœur de la régulation en tant qu'**effecteur**. On peut le concevoir en mettant en parallèle la **composition du sang** pour les principaux constituants ioniques et la composition de **l'urine** pour ces mêmes constituants.

→ On voit que dans le **sang**, la **kaliémie** (= la concentration de potassium) varie dans une **fourchette étroite**. Alors que dans **l'urine**, cette fourchette est beaucoup plus **large**.

→ On observe que c'est la même chose pour **l'ensemble des cations et des anions**, les fourchettes sont **étroites dans le sang** et **larges dans l'urine**.

Composition du sang  
→ constante

|                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| K <sup>+</sup>                | 3,50 à 5,00 mmol/L |
| Na <sup>+</sup>               | 135 à 145 mmol/L   |
| Cl <sup>-</sup>               | 95 à 105 mmol/L    |
| Ca <sup>++</sup>              | 2,10 à 2,50 mmol/L |
| HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | 0,80 à 1,35 mmol/L |

Composition de l'urine  
→ variable

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| K <sup>+</sup>                | 5 à 50 mmol/L   |
| Na <sup>+</sup>               | 10 à 200 mmol/L |
| Cl <sup>-</sup>               | 10 à 250 mmol/L |
| Ca <sup>++</sup>              | 0,1 à 10 mmol/L |
| HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | 5 à 20 mmol/L   |

**+++ Donc le sang a une composition constante et régulée alors que l'urine a une composition variable et sert à éliminer les déchets de l'organisme. +++**

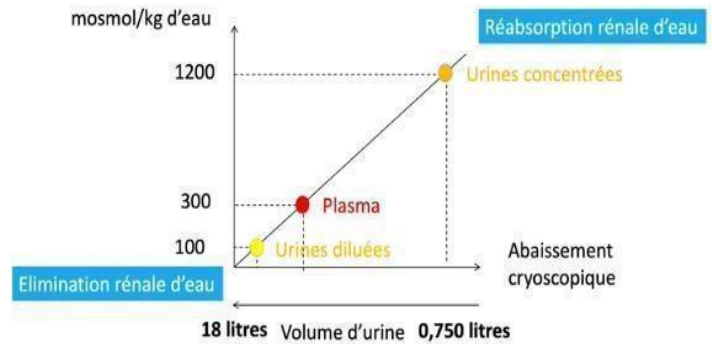
*Petite indication pour ne pas vous mélanger :*

- K<sup>+</sup> (Potassium) → Kaliémie (-émie =sang en grec)
- Na<sup>+</sup> (Sodium) → Natrémie
- Cl (Chlorure) → Chlorémie
- Ca<sup>2+</sup> (Calcium) → Calcémie
- HPO<sub>4</sub><sup>-</sup> (Phosphate) → Phosphatémie

## 6) Exemple de la régulation du contenu en eau de l'organisme

La **régulation du contenu en eau** de l'organisme va mettre en jeu la capacité des reins à **éliminer un volume d'urine** plus ou moins grand.

- Sur l'axe horizontal, en bas à droite lorsque les **reins éliminent très peu** d'urine (750 ml), ils émettent des urines très **concentrées**, avec une osmolalité urinaire de 1200 mosmol/kg d'eau une **réabsorption rénale d'eau** à partir de l'ultrafiltrat urinaire.
- Inversement lorsque le **contenu en eau** de l'organisme est élevé, les **reins éliminent beaucoup d'eau** (jusqu'à 18 L) et cette élimination rénale d'eau s'accompagne d'urine **diluée** avec une osmolalité urinaire de l'ordre de 100 mosmol/kg d'eau.



## 7) Conclusion

- Le **maintien** des paramètres du milieu intérieur est un **besoin** de l'organisme.
- Il existe de **multiples boucles homéostatiques**.
- La physiologie médicale décrit ces boucles au niveau **biochimique, biophysique et cellulaire**.
- La **physiopathologie** décrit le **dysfonctionnement** de ces boucles au cours des **maladies**.

## II. RÉGULATION ISOTONIQUE DU LIQUIDE EXTRACELLULAIRE

Dans cette partie on va aborder :

- **L'eau et le sel** sont les principaux composants du liquide **extracellulaire**
- Leur **quantité** est **constante** selon une proportion déterminée
- **Barorécepteurs** des parois vasculaires

- **Osmorécepteurs** hypothalamiques
- Systèmes **hormonaux**

## 1) Régulation isotonique du volume extracellulaire

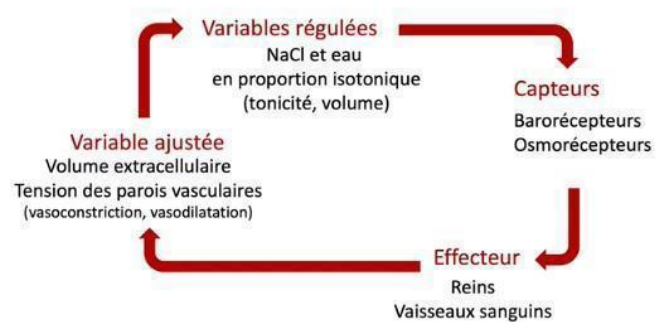
La **boucle de régulation** comporte le **chlorure de sodium** et l'**eau** en proportion **isotonique** (*c'est-à-dire en même concentration*).

La **tonicité** du liquide extracellulaire est captée par des **osmorécepteurs** et le **volume** est capté par des **barorécepteurs**.

*Tonicité* → **osmorécepteur**

*Volume* → **barorécepteur**

### Régulation isotonique du volume extracellulaire



La transmission de ces signaux se fait aux **reins** et aux **vaisseaux** sanguins qui vont ajuster le **volume** extracellulaire et la **tension** des **parois** vasculaires, selon les mécanismes de **vasoconstriction** et **vasodilatation**.

## 2) Barorécepteurs et osmorécepteurs

- Les **barorécepteurs** sont des cellules présentes sur la paroi des **artères** et des **veines**.
- Les **osmorécepteurs** sont des **neurones** situés dans **l'hypothalamus**. (*en gros l'hypothalamus c'est une structure nerveuse situé sous ce qu'on appelle le thalamus, il joue un rôle important dans des fonctions vitales (sommeil, la faim...)*).

Ces récepteurs sont sensibles des stimulus.

Les stimulus sont des **variations de pression** exercées sur la paroi cellulaire. Ça peut être :

- Des variations exercées sur la **tension** pariétale (par un remplissage plus ou moins important des vaisseaux).
- Des variations de la **tonicité** extracellulaire (concentration de soluté) qui vont jouer sur la tension des membranes plasmiques.

### 3) Nature moléculaire des récepteurs

Les **capteurs** sont des **canaux cationiques non sélectifs +++** (*ça veut dire que ce sont des canaux qui laissent passer n'importe quel ion chargé positivement*) qui sont capables de **dépolariser** les cellules qui les portent en faisant rentrer brutalement une grande quantité de **Na<sup>+</sup>** et de **Ca<sup>2+</sup>**.  
(NB : si vous voyez Ca<sup>2+</sup> et Ca<sup>++</sup>, ne vous inquiétez pas c'est la même chose).

→ La cellule qui porte ces canaux va réagir par une **production hormonale** dépendant de son type et l'effet dépendra de la nature de l'hormone.

### 4) Mode de communication

#### A) Les barorécepteurs

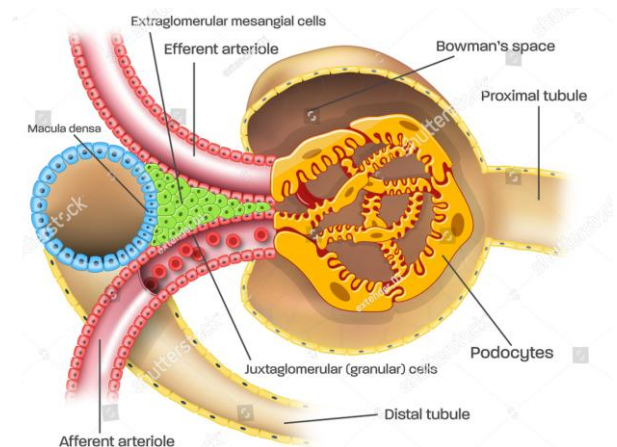
Le **mode de communication** avec les **barorécepteurs** peut être **paracrine** ou **neuronal**.

- **Mode d'action paracrine** : la **dépolarisation** membranaire (par entrée de **Na<sup>+</sup>** et de **Ca<sup>2+</sup>**) dans les cellules sécrétant de la **rénine** se fait selon un mode paracrine.

*Petite explication ( pas à apprendre ) :*

*Là vous avez un petit schéma des glomérules rénaux.*

*En fait quand il y a une diminution de la pression artérielle, on a une diminution de débit de filtration glomérulaire et donc le débit dans le tubule contourné distale diminue. Et cela va être capté par les cellules que vous voyez en bleu. Ces cellules vont sécréter des hormones selon un mode d'action **paracrine**. Elles vont alors venir stimuler les cellules rose/rouge (= cellules qui sécrètent la rénine).*



- **Mode d'action neuronal** : implique la **dépolarisation des neurones sensoriels** (par entrée de **Na<sup>+</sup>** et de **Ca<sup>2+</sup>**) situés sur les cellules des **parois vasculaires** qui émettent des **potentiels d'action** à une **fréquence proportionnelle** à la pression et provoque une sécrétion de **catécholamines** et d'hormone antidiurétique (**ADH**) à distance.

## B) Les osmorécepteurs

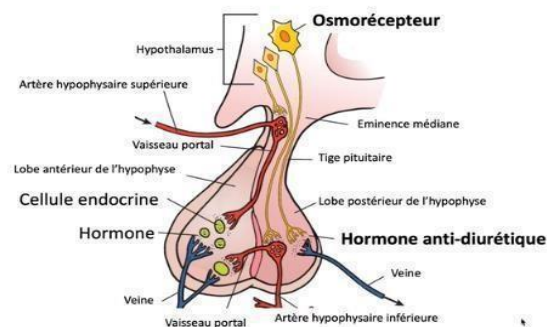
**Mode d'action neuroendocrine** : les **osmorécepteurs** fonctionnent selon un mode d'action neuroendocrine. La modification du **potentiel de repos** de la cellule en fonction de la tonicité est responsable de la sécrétion d'un **neurotransmetteur** lorsque le potentiel seuil est atteint. Ce neurotransmetteur va être mis en communication avec le sang et se faire transporter jusqu'à son **récepteur** un peu plus loin.

## 5) Exemple de système de régulation

### Osmorécepteurs : neuroendocrine

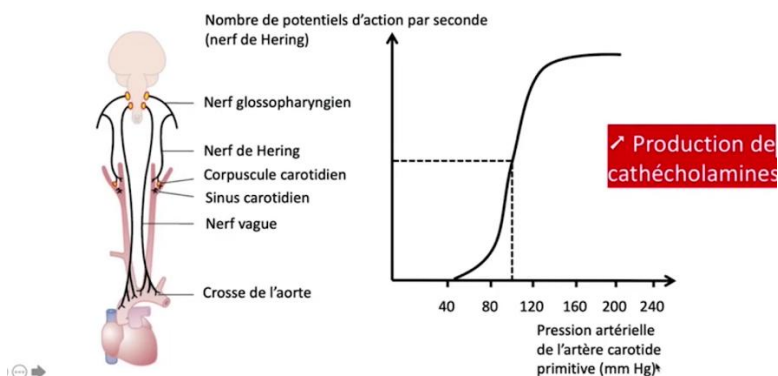
→ Sur cette diapo, les osmorécepteurs **hypothalamiques** sont des neurones dont l'axone se prolonge dans la **tige pituitaire** jusqu'à la **Post-hypophyse** ou **l'hormone antidiurétique** est sécrétée dans le sang.

Osmorécepteur et régulation neuro-endocrine



### Barorécepteurs et régulation neuronale

→ barorécepteurs carotidiens



**Barorécepteurs : neuronale** avec les barorécepteurs **carotidiens** (on le détaille dans le cours présentiel).

Le système de régulation neuronale des barorécepteurs fait intervenir les **capteurs** de pression situés sur le **bulbe (= sinus) carotidien** par exemple ici le nerf de **Hering**, dont le nombre de potentiels d'actions par seconde (comme on le voit sur la courbe **sigmoïde**) est **proportionnel** et augmente de manière très **importante** en fonction de la pression artérielle dans l'artère **carotide**. De manière concomitante, ces potentiels d'actions déclenchent la **production de catécholamines**.

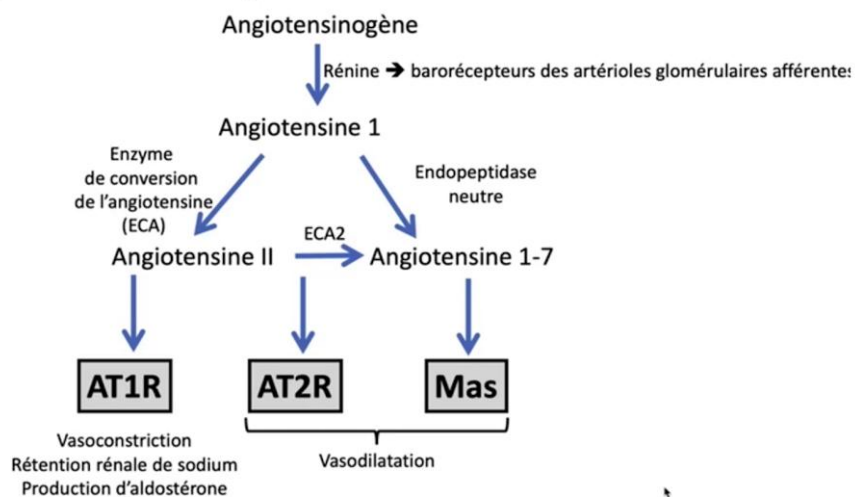
**Barorécepteurs** : **paracrine** avec le **système rénine angiotensine aldostérone (SRAA)**. La régulation **paracrine** par l'intermédiaire des **barorécepteurs** met en marche le système rénine - angiotensine - aldostérone (SRAA).

La **rénine** est produite par les barorécepteurs des **artérioles glomérulaires afférentes**.

*(Retenez cette version car c'est celle du prof, je pense que c'est une simplification de sa part).*

La **rénine** permet de franchir l'étape **limitante** du système en cascade que l'on voit sur le schéma qui est la transformation de **l'angiotensinogène** en **angiotensine I** puis en angiotensine **II**. **L'angiotensine II** étant la **principale** hormone active en termes de **vasoconstriction** et de rétention rénale de **Na+**.

### Barorécepteurs et régulation paracrine → système rénine-angiotensine-aldostérone

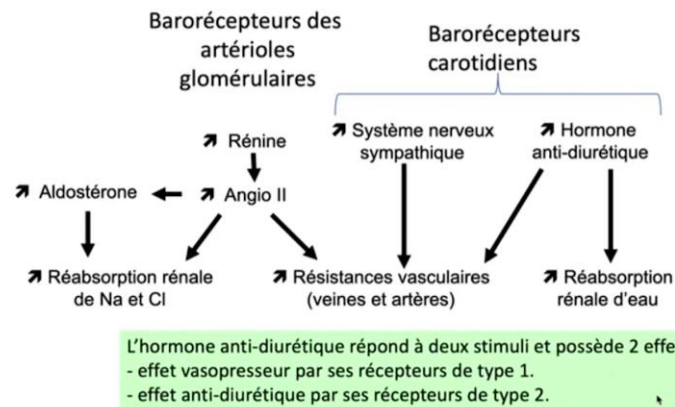


### 6) Vue d'ensemble de la régulation en cas de baisse du volume extracellulaire

On va maintenant se demander : Que se passe-t-il en cas de **baisse du volume extracellulaire** ? Quelle régulation est mise en œuvre ?

- Les **barorécepteurs** des **artérioles glomérulaires** vont produire de la **rénine** qui va augmenter la quantité **d'angiotensine II** (*le prof fait un raccourci mais retenez bien que la rénine clive l'angiotensinogène en angiotensine I, qui elle est clivée en angiotensine II par l'enzyme de conversion*), elle-même déclenchant la production **d'aldostérone** par la zone glomérulée de la **corticosurrénale** (*via la fixation de l'angiotensine II à ses récepteurs de type 1 (AT1), cf. cours PA et HTA*).

- Ces **hormones** (aldostérone et angiotensine II) agissent pour favoriser la **réabsorption rénale de sodium** et de chlorure et **augmenter les résistances** vasculaires (--> VASOCONSTRICTER) au niveau des **veinules** et des **artérioles**.
- Les **barorécepteurs carotidiens** produisent des **catécholamines** et de **l'hormone antidiurétique** (ADH) qui vont agir sur les **résistances** vasculaires (*catécholamines et ADH*) et sur la capacité rénale à **réabsorber de l'eau** (*ADH*).



L'**hormone antidiurétique** possède deux effets selon le type de récepteurs qui est stimulé :

- Le récepteur **V1** (type 1) déclenche une action **vasoconstrictrice**
- Le récepteur **V2** (type 2) déclenche une action **antidiurétique**.

**NB** : le 2e nom de l'**ADH** c'est la **vasopressine** (*vaso = vaisseau ; pressine = pression* → on retrouve bien l'action vasoconstrictrice (V1)).

**++ Mécanisme de régulation → augmentation iso-osmotique (=isotonique) du volume extracellulaire ++**

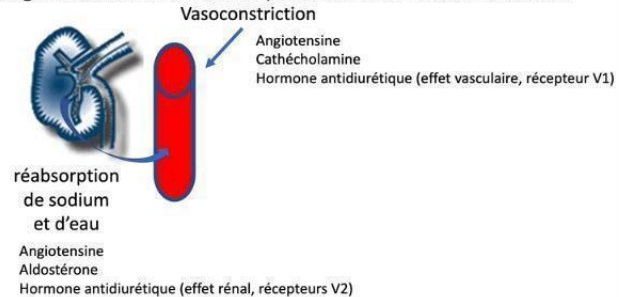
On parle de **réabsorptions iso-osmotique** prcq la **réabsorption d'osmoles** (Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> entre autres) est toujours accompagnée d'une **réabsorption d'eau** → leurs concentrations extracellulaires ne changent pas, seul le **volume** extracellulaire change.

Résultat :

- Une augmentation **iso-osmotique** du volume extracellulaire par la réabsorption **coordonnée** de **sodium** et **d'eau** sous l'effet de **l'angiotensine**(1), de **l'aldostérone** (2) et des récepteurs **V2** de **l'hormone antidiurétique** (3).
- Une augmentation de la **tension pariétale** (**vasoconstriction**) sous l'effet de **l'angiotensine**, des **catécholamines** et de l'effet **V1** de l'hormone antidiurétique.

## Mécanisme de la régulation

→ augmentation iso-osmotique du volume extracellulaire

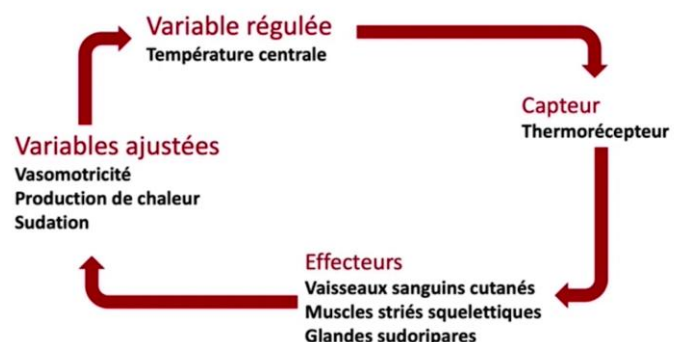
7) Conclusion

Ainsi **l'ultrafiltrat urinaire** rend disponible, pour la **régulation**, de **l'eau** ainsi que du **sodium** et des anions **chlorure** en permanence. Grace aux systèmes **hormonaux** spécifiques et coordonnés, la **variation de tonicité** et la variation de tension des vaisseaux vont déclencher une production **d'hormones** qui va permettre la régulation **iso-osmotique** du **volume** extracellulaire.

III. RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE CENTRALE

Nous allons voir comment la **température centrale** (=interne) de l'organisme est régulée.

La température centrale dépend de la possibilité à **capter** le niveau thermique par des **thermorécepteurs**. Ces thermorécepteurs vont transmettre une information à différents effecteurs qui sont : les **vaisseaux sanguins cutanés**, les **muscles striés squelettiques (MSS)** et les **glandes sudoripares** (*qui produisent de la sueur*).



Chacun de ces effecteurs va réagir par **vasomotricité** (**vasodilatation** ou **vasoconstriction**), production de chaleur (i.e. contraction musculaire **isométrique** = *sans variation de la longueur du muscle*) et **sudation** (par l'intermédiaire des **glandes sudoripares**).

## 1) Production de chaleur inéluctable

La production de chaleur est **inéluctable** dans l'organisme parce que tous les processus consommant de **l'ATP** ont un rendement inférieur à 1 (*donc on a une perte d'énergie sous forme de chaleur, c'est ce qu'on appelle une réaction/transformation exothermique*).

Ainsi l'organisme est nécessairement **équipé contre le chaud** (*grâce à évacuation constante de chaleur*).++

Dans la mesure où l'organisme est capable de s'adapter à l'environnement et bien il est capable de lutter contre le **froid** et contre le **chaud** en raison des variations importantes des températures du milieu extérieur.

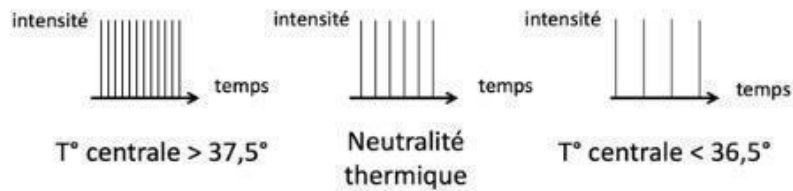
## 2) Thermorécepteurs

**Définition** : les thermorécepteurs sont des **canaux cationiques** situées dans la membrane plasmique de diverses cellules localisées à **différents** points du corps (peau, veines thoraciques, oesophage et hypothalamus).

- Le mode d'action de ces thermorécepteurs est **neuronal**, c'est-à-dire qu'il réalise la dépolarisation de neurones sensoriels par l'entrée brutale de **sodium** et de **calcium**.
- Ces neurones **sensoriels** vont être stimulés et émettre des potentiels d'action à une **fréquence proportionnelle** à la **température** stimulant ainsi le système nerveux **autonome**.

→ On peut voir sur cette diapo la **fréquence** des influx nerveux à différentes températures.

Fréquence des potentiels d'action des neurones hypothalamiques en fonction de la température :



La température centrale est de  $37,0 \pm 0,5$  °celsius.

On peut ainsi voir :

**À gauche** : une température **supérieure à 37,5°C** correspond à une fréquence **importante** des potentiels d'action des neurones **hypothalamiques**.

**Au centre** : une **neutralité thermique** correspond à une fréquence **intermédiaire**.

**À droite** : une **baisse de la température** centrale correspond à une **baisse de la fréquence** d'émission de potentiels d'actions de ces neurones.

**++ La température centrale est maintenue à  $37 \pm 0.5$  °C ++**

### 3) Evacuation de la chaleur : convection et radiation

Pour évacuer de la chaleur, l'organisme le fait en faisant varier la **conductance thermique** de son enveloppe **cutanée** et **musculaire**.

En effet le **débit** thermique est **proportionnel au gradient** de notre température **centrale** et de la température **cutanée** multiplié par la capacité d'évacuer (= **conductance**) la chaleur par l'intermédiaire des couches qui sont superposées sur le noyau central de l'organisme.

- $\text{Débit}_{\text{thermique}} = (T_{\text{centrale}} - T_{\text{cutané}}) \times \text{Conductance}_{\text{thermique}}$

Ce débit va dépendre de la **convection** et de la **radiation** :

- La **convection** étant augmentée par le **renouvellement de l'air** environnant l'organisme.

- La **radiation** est augmentée par la **libération des différentes surfaces** de l'organisme pour **éviter** la **réflexion** de la chaleur vers celui-ci.

#### Petite explication :

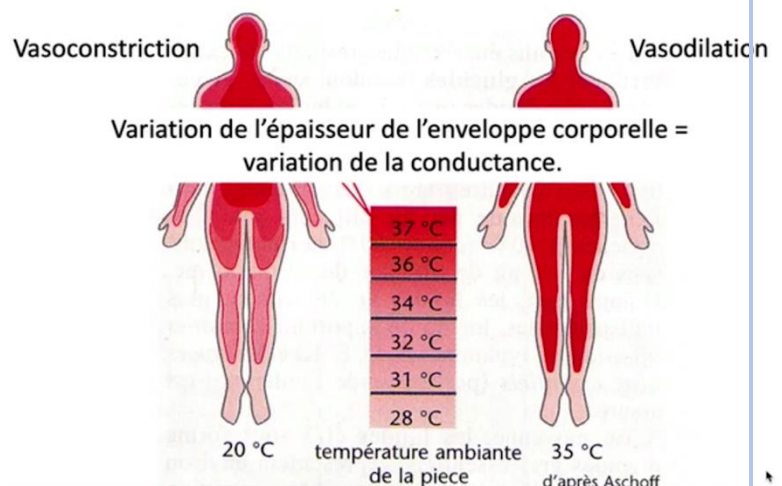
La **convection thermique** c'est un mode de transfert de chaleur qui se fait avec un **déplacement de la matière** (mouvement des fluides : genre l'air). Dans le cas de l'organisme, on va retrouver le **renouvellement de l'air** dans les **poumons** (l'air étant réchauffé dans notre corps, en expirant on évacue la chaleur), on a aussi l'air au contact de la peau (le vent) qui permet d'évacuer la chaleur vers l'air ambiant. Pour la radiation il faut comprendre que le contact avec des **tissus** entraîne une **réflexion** de la chaleur radiée vers l'organisme. Cela empêche donc l'évacuation de la chaleur. Ainsi, le port de vêtements amples ou le fait de porter moins de vêtements permet **d'évacuer** la chaleur par radiation.

#### 4) Echanges thermiques : variation de la conductance cutanée

Ici on voit représentés deux êtres humains dont la température corporelle est gradée du plus clair au plus foncé soit du plus faible au plus fort.

À gauche : on a une **vasoconstriction**, la température **centrale** est maintenue mais la température **périphérique** est **faible** (contre le **froid**).

À droite : on a une **vasodilatation**, la température est **élevée** non seulement au niveau central mais aussi au niveau **périphérique** (contre le **chaud**).



Cette **vasomotricité** conditionne l'épaisseur de l'enveloppe corporelle et les variations **conductance thermique** +++

#### 5) Evacuation de la chaleur : évaporation de la chaleur

Lorsque de **l'eau** est présente à la surface de la peau (par la sudation → glandes sudoripares), le passage de **l'état liquide à l'état gazeux** va consommer et **évacuer de la chaleur** hors de l'organisme par le

processus d'évaporation qui consomme **0,585 kcal/g d'eau** évaporée à la surface de la peau à la température de **30 °C**. (vu en biophy).

## 6) Homéostasie thermique : mécanismes

Les mécanismes de l'homéostasie thermique sont mis en route quand on lutte contre le froid et quand on lutte contre le chaud. Ils sont au repos en situation de neutralité thermique.

- **Lutte contre le froid**: comporte une **vasoconstriction** cutanée ce qui provoque une **diminution** de la **conductance** de l'enveloppe corporelle. Elle comporte aussi une **augmentation du tonus musculaire**, i.e. la présence de **frissons** ou contraction **isométrique** des muscles striés squelettiques qui augmentent la production de chaleur (puisque le **rendement** de cette contraction musculaire est **inférieur à 1**).
- **Lutte contre le chaud**: dispose de **vasodilatation** cutanée ce qui **augmente** la **conductance** thermique de l'enveloppe corporelle et la **sudation** qui permet **l'évaporation** d'eau à la surface de la peau.

### Récap +++

#### Neutralité thermique

Absence de lutte contre le froid et contre le chaud

#### Lutte contre le froid

Vasoconstriction cutanée (↘ conductance de l'enveloppe);

Augmentation du tonus musculaire, frisson (↗ production de chaleur).

#### Lutte contre le chaud

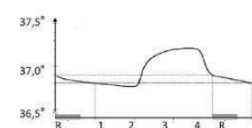
Vasodilatation cutanée (↗ conductance de l'enveloppe), sudation.

## 7) Variation normale de la température centrale

### A/ Cycle menstruel

Le **cycle menstruel** fait **varier la température centrale** en deuxième partie de cycle, de l'ordre de **0,5 °C** (elle augmente à partir de la 2e semaine puis rediminue en semaine 4).

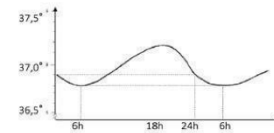
Augmentation de la température centrale en 2<sup>e</sup> partie de cycle



## B/ Cycle nycthéral

De la même manière que pour le cycle menstruel, le **cycle nycthéral** (du grec "nyx" (nuit) et "héméra" (jour)= alternance jour/nuit) fait varier la température centrale du corps avec une **augmentation** de la température centrale en **fin de journée** de la même amplitude (environ **0,5 °C**). À noter que la température corporelle diminue pendant la nuit.

Augmentation de la température centrale en fin de journée



## Conclusion

- Le **maintien** de la température **centrale** est vital pour maintenir la **fluidité des membranes** et la nature des **réactions** chimiques.
- La température **cutanée** est **variable** en fonction de l'adaptation et de la **conductance** thermique de l'enveloppe.
- En jouant sur son **environnement**, l'homme élargit ses possibilités physiologiques de régulation thermique de manière très importante.

*Dédis à vous qui terminez cette fiche qui est difficile au premier abord, mais à force de la revoir ça rentrera donc vous n'inquiétez pas.*

*C'est une année qui est très difficile et le stress doit monter de plus en plus mais n'abandonner pas, vous avez déjà appris beaucoup de chose même si parfois vous en avez pas du tout l'impression. Soyez fier de vous !*

*Mangez un gouter bien sucré vous l'avez mérité :)*