



RONEO N°22 : HOMÉOSTASIE



Date et heure : 20/09 de 8h à 10h

Professeur : Favre

Nombre de pages : 12

Ronéiste : Inés Restrepo Garcia

Relecture : Aurélie Hilmi

Corporation des Carabins Niçois

UFR Médecine
28, av. de Valombrose
06107 Nice Cedex 2

<http://carabinsnicois.fr/>
roneo.c2n@gmail.com

SOMMAIRE

I – PRINCIPES DE L’HOMÉOSTASIE

II – RÉGULATION ISOTONIQUE DU VOLUME EXTRACELLULAIRE

III – RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE CENTRALE

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.

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.

PRINCIPAUX PARAMETRES REGULÉS

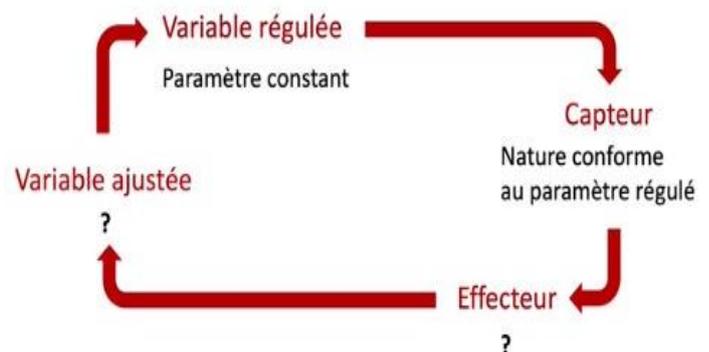
Parmi les paramètres régulés il y a :

- L'**hydratation corporelle** qui correspond à un pourcentage fixe du poids corporel
- Le **volume du liquide extracellulaire** qui correspond au 1/3 du volume d'eau totale
- L'**osmolalité du liquide extracellulaire** (280 + ou - 10 mosmol/kg d'eau)
- La **composition ionique du plasma** (=calcémie, kaliémie, glycémie...)
- Le **pH du sang artériel** (varie entre 7,38 et 7,42)
- La **température centrale**

BOUCLE DE REGULATION

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**.

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 paramètre physiologique ou moléculaire qui ne correspondent pas forcément directement à la variable régulée.

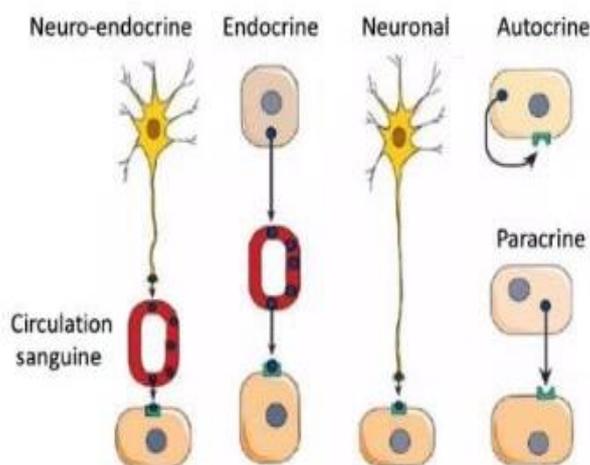
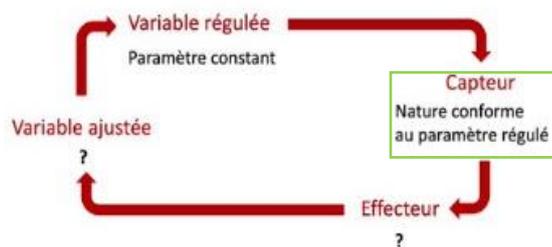


On peut situer la boucle de régulation à différents **niveaux de complexité**, en partant au niveau de **l'organisme entier**, en descendant au niveau **cellulaire** et en descendant encore au niveau **moléculaire**. Aujourd'hui l'avancée des connaissances nous oblige à faire ce chemin-là.

COMMUNICATION ENTRE CAPTEUR ET EFFECTEUR

Entre capteur et effecteur il y a plusieurs modes de communications :

- 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 sécrétions cellulaires qui vont agir soit sur la cellule elle-même (autocrine) soit sur la cellule voisine (paracrine).



EXEMPLES 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... Il 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 clé 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
Volume extracellulaire	Modes paracrine, neuroendocrine, neuronal

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		Composition de l'urine → variable	
K ⁺	3,50 à 5,00 mmol/L	K ⁺	5 à 50 mmol/L
Na ⁺	135 à 145 mmol/L	Na ⁺	10 à 200 mmol/L
Cl ⁻	95 à 105 mmol/L	Cl ⁻	10 à 250 mmol/L
Ca ⁺⁺	2,10 à 2,50 mmol/L	Ca ⁺⁺	0,1 à 10 mmol/L
HPO ₄ ⁻	0,80 à 1,35 mmol/L	HPO ₄ ⁻	5 à 20 mmol/L

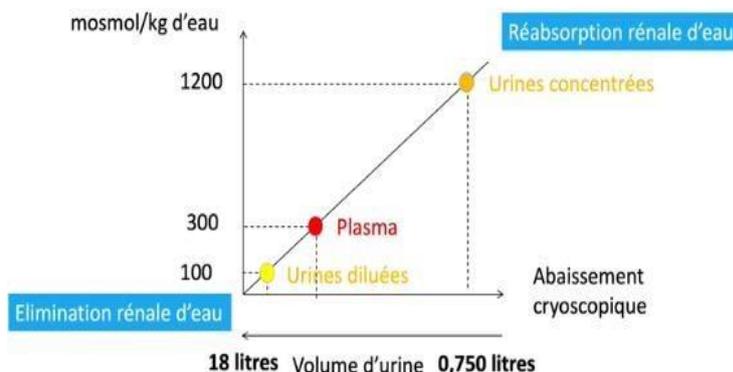
+++ **Donc le sang a une composition constante et régulée alors que l'urine a une composition variable et sert à éliminer les déchets de l'organisme.** +++

EXEMPLE DE LA REGULATION 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.



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. REGULATION ISOTONIQUE DU LIQUIDE EXTRACELLULAIRE

Points abordés dans cette partie :

- 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

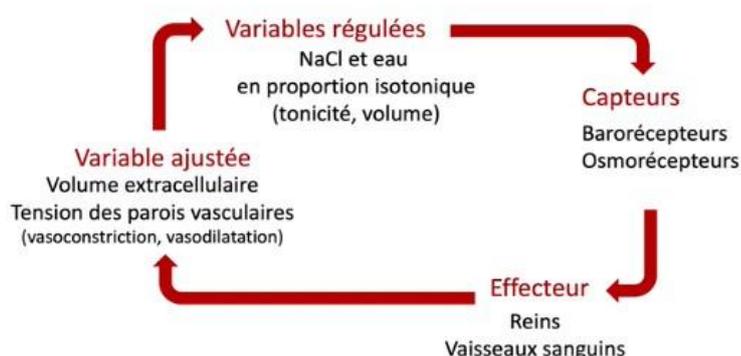
RÉGULATION ISOTONIQUE DU VOLUME EXTRACELLULAIRE

La boucle de régulation comporte le **chlorure de sodium et l'eau** en proportion isotonique.

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

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**.

Régulation isotonique du volume extracellulaire



BARORECEPTEURS ET OSMORECEPTEURS

→ Les barorécepteurs sont des cellules présentes sur la paroi des artères et des veines.

→ Les *osmorécepteurs* sont des neurones situés dans *l'hypothalamus*.

Stimulus : ils sont sensibles aux variations de pression exercées sur la paroi cellulaire qu'il s'agisse de variations exercées sur la tension pariétale (par un remplissage plus ou moins important des vaisseaux), ou de variations de la tonicité extracellulaire qui vont jouer sur la tension des membranes plasmiques.

NATURE MOLECULAIRE DES RECEPTEURS

Les capteurs sont des **canaux cationiques non sélectifs** qui sont capable de dépolariser les cellules qui les portent en faisant rentrer brutalement une grande quantité de **Na⁺ et de Ca⁺⁺**.

→ 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.

MODE DE COMMUNICATION

DES BARORECEPTEURS

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

- **Mode d'action paracrine** : la dépolarisation membranaire (par entrée de Na^+ et de Ca^{++}) dans les cellules sécrétant de la **rénine** se fait selon un mode paracrine.
- **Mode d'action neuronal** : implique la dépolarisation des neurones sensoriels (par entrée de Na^+ et de Ca^{++}) 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'**hormones antidiurétique** à distance.

DES OSMORECEPTEURS

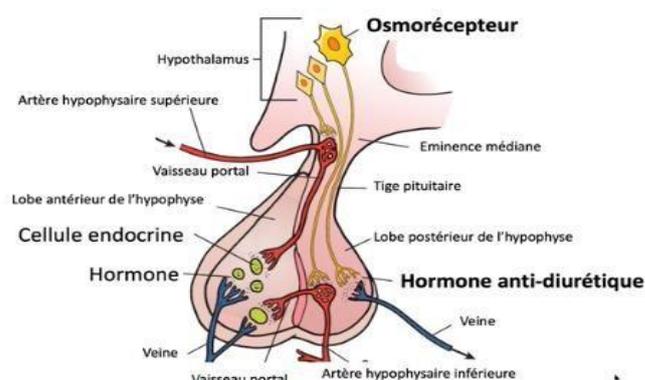
Mode d'action neuroendocrine : les osmorécepteurs fonctionnent selon un mode d'action neuroendocrine. La modification du potentiel de repos de la cellule en fonction de la tonicité est responsable de la sécrétion d'un **neurotransmetteur** lorsque le potentiel seuil est atteint. Ce neurotransmetteur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

EXEMPLES DE SYSTEME DE REGULATION

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 où l'**hormone antidiurétique** est sécrétée dans le sang.

Osmorécepteur et régulation neuro-endocrine



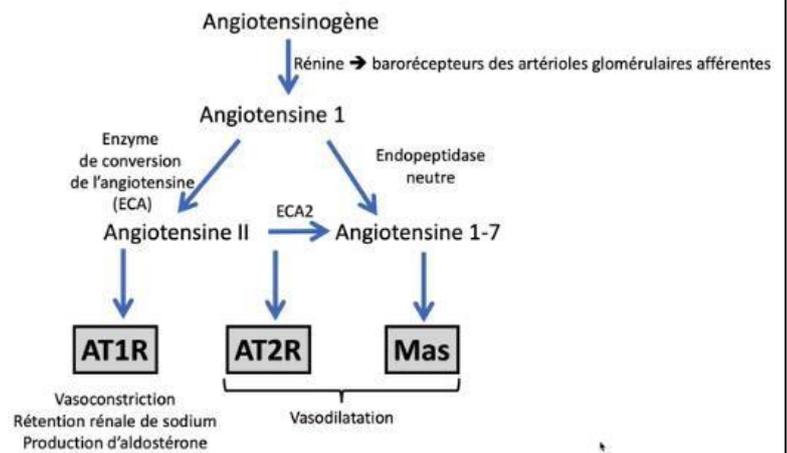
Barorécepteurs : paracrine avec le système rénine-angiotensine-aldostérone

La régulation paracrine par l'intermédiaire des barorécepteurs met en marche le système rénine-angiotensine-aldostérone.

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

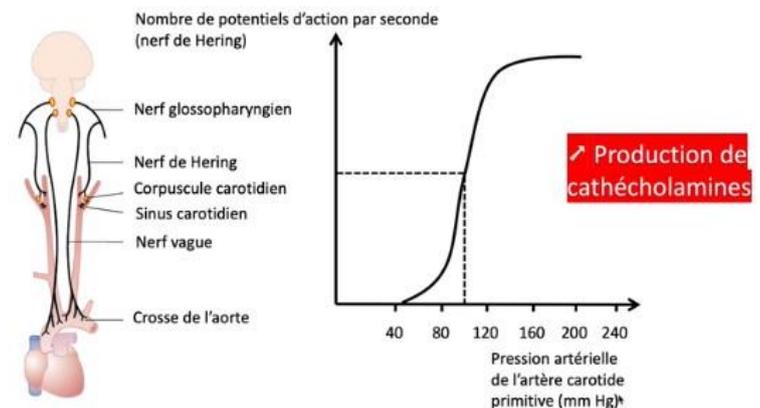
La rénine permet de franchir l'étape limitante du système en cascade que l'on voit sur la diapo qui est la transformation de.

l'angiotensinogène en angiotensine I puis en **angiotensine II** qui est la principale hormone active en termes de **vasoconstriction** et de **rétenion rénale de sodium**.



Barorécepteurs : neuronale avec les barorécepteurs carotidiens

Le système de régulation neuronal des barorécepteurs fait intervenir les capteurs de pression situés sur le **bulbe 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**.

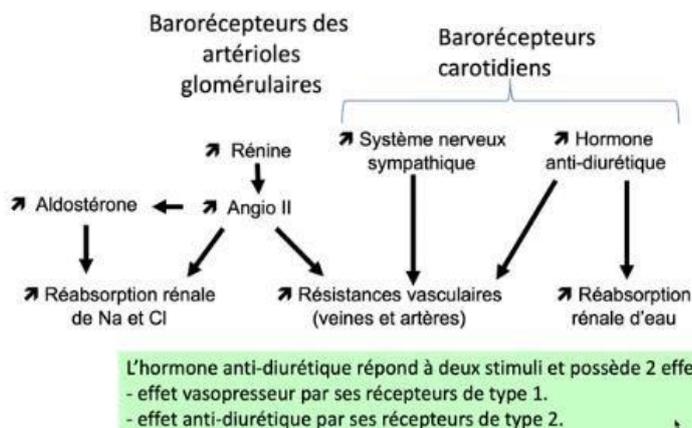


VUE D'ENSEMBLE DE LA REGULATION EN CAS DE BAISSSE DU VOLUME EXTRACELLULAIRE :

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, elle-même déclenchant la production d'aldostérone par la zone glomérulée de la corticosurrénale.
- Ces hormones (aldostérone et angiotensine II) agissent pour favoriser la réabsorption rénale de sodium et de chlorure et augmenter les résistances vasculaires au niveau des veinules et des artérioles.

- Les barorécepteurs carotidiens produisent des **catécholamines** et de l'**hormone antidiurétique** qui vont agir sur les résistances vasculaires et sur la capacité rénale à réabsorber de l'eau.



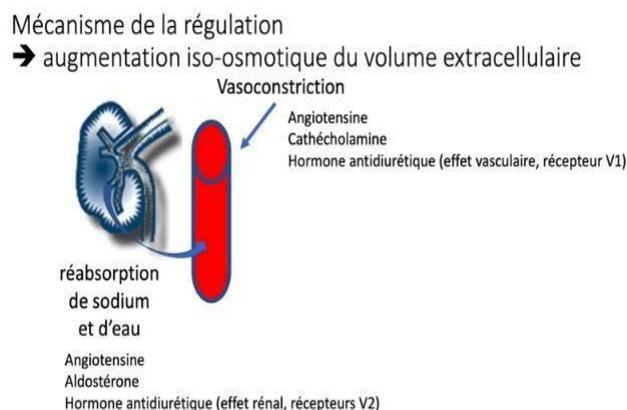
En effet, l'hormone antidiurétique possède deux effets selon le type de récepteurs qui est stimulé :

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

++ Mécanisme de la régulation → **augmentation iso-osmotique** du volume extracellulaire ++

Résultat :

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



Conclusion

Ainsi l'ultrafiltrat urinaire rend disponible, pour la régulation, de l'eau ainsi que du sodium et des anions chlorure en permanence.

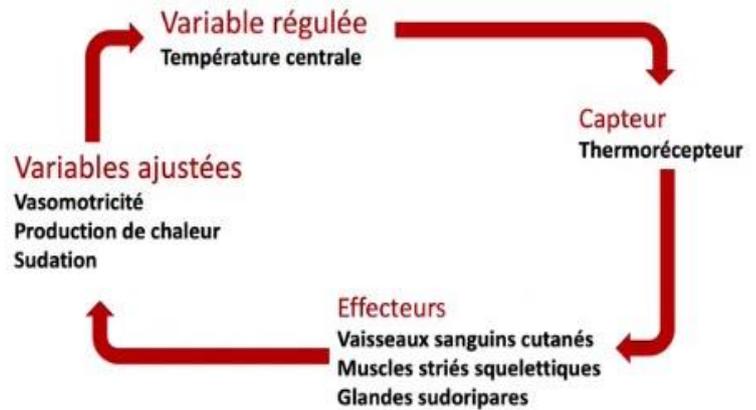
Grâce aux systèmes hormonaux spécifiques et coordonnés, une variation de tonicité et une variation de tension des vaisseaux vont déclencher une production d'hormones qui va permettre la régulation iso-osmotique du volume extracellulaire.

III. REGULATION DE LA TEMPERATURE CENTRALE

Nous allons voir comment la température centrale de l'organisme est régulée.

La température centrale dépend de la possibilité de 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 et les glandes sudoripares. Chacun de ces effecteurs va réagir par **vasomotricité** (vasodilatation ou vasoconstriction), **production de chaleur** (i.e. contraction musculaire isométrique) et **sudation** (par l'intermédiaire des glandes sudoripares).



PRODUCTION DE CHALEUR INELUCTABLE

La **production de chaleur** est **inéluçtable** dans l'organisme parce que tous les processus consommant de l'ATP ont un rendement inférieur à 1.

Ainsi l'organisme est nécessairement équipé contre le chaud.

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.

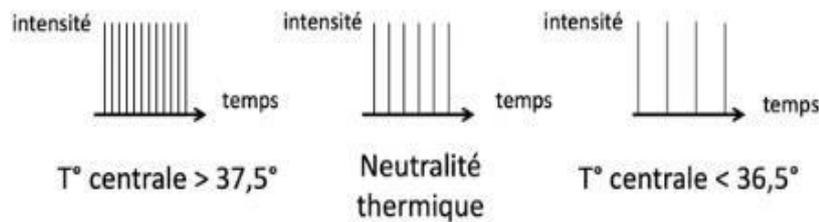
THERMORECEPTEUR

Définition : les thermorécepteurs sont des **canaux cationiques** situés dans la membrane plasmique de diverses cellules localisées à différents points du corps (peau, veines thoraciques, œsophage 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 proportionnel à la température** stimulant ainsi le système nerveux autonome.

→ On peut voir sur cette diapo la fréquence des influxes 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.

A gauche : une température supérieure à $37,5^{\circ}\text{C}$ correspond à une fréquence importante des potentiels d'action des neurones hypothalamiques.

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

A 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.

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**.

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

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.

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.

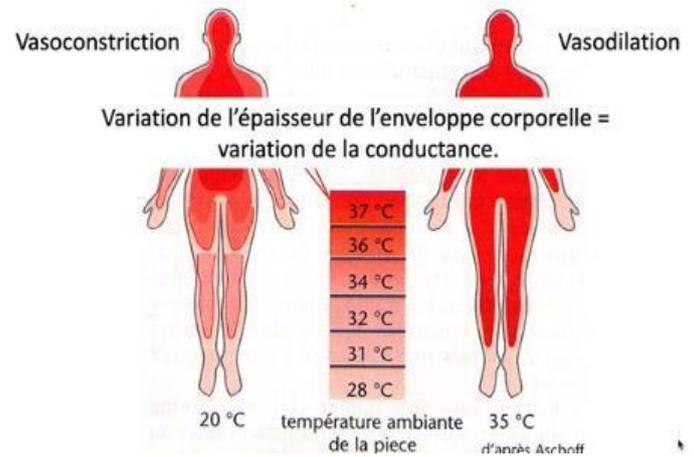
ECHANGES THERMIQUES : VARIATION DE LA CONDUCTANCE CUTANEE

Ici on voit représenté deux êtres humains dont la température corporelle est gradée du plus claire au plus foncée et du plus faible au plus grand.

A gauche : on a une **vasoconstriction**, la température centrale est maintenue mais la **température périphérique est faible**.

A droite : on a une **vasodilatation**, la température est **élevée** non seulement au niveau central mais aussi au niveau **périphérique**.

➔ Cette vasomotricité conditionne l'épaisseur de l'enveloppe corporelle et les variations conductance thermique.



EVACUATION DE LA CHALEUR : EVAPORATION DE LA CHALEUR

Lorsque de l'eau est présente à la surface de la peau (par la **sudation**), 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.

HOMEOSTASIE THERMIQUE : MECANISMES

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.

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

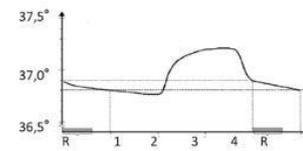
Vasodilatation cutanée (↗ conductance de l'enveloppe), sudation.

VARIATION NORMALE DE LA TEMPERATURE CENTRALE

CYCLE MENSTRUEL

Le cycle menstruel fait varier la température centrale en deuxième partie de cycle, de l'ordre de 0,5 °C.

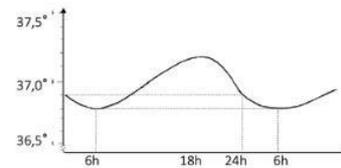
Augmentation de la température centrale en 2^e partie de cycle



CYCLE NYCTHEMERAL

De la même manière que pour le cycle menstruel, le cycle nyctéméral 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).

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.

FIN ! <3

Lâchez rien et croyez fort en vous 😊 Bisouuuussss