

l'Homéostasie

Pr. Pedro Bausero

Plan du cours

I. Définitions

II. Les Métabolismes et l'information cellulaire

III. Régulation de la pression artérielle

IV. Régulation de la température

V. Régulation de la glycémie

Définitions

- L'**homéostasie** (du grec homoios, « similaire » et histēmi, « immobile ») est la capacité que peut avoir un système quelconque (ouvert ou fermé) à conserver son équilibre de fonctionnement en dépit des contraintes qui lui sont extérieures.
- Selon Walter Bradford Cannon, « l'homéostasie est l'équilibre dynamique qui nous maintient en vie. »
- L'Homéostasie est l'ensemble des paramètres physico-chimiques de l'organisme qui doivent être maintenus constants (glycémie, température, taux de sel dans le sang, ...).

Définitions

Les mécanismes de régulation de l'homéostasie sont indispensables à tous les organismes pour maintenir les conditions optimales de la vie.

Aux limites acceptables des écarts par rapport à la norme, on parle de survie.

En deçà ou au-delà de ces limites l'organisme évolue soit vers un état pathologique, soit vers la mort.

L'homéostasie est l'ensemble des mécanismes de régulation des « valeurs de consignes optimales » des grandes fonctions et des paramètres du vivants permettant à l'organisme un fonctionnement soit optimal, soit proche de l'optimum. Elle repose sur la régulation des grandes fonctions de l'organisme afin que les variations des paramètres du milieu intérieur soit des plus minimales.

L'origine des variations sont d'origines exogènes ou endogènes :

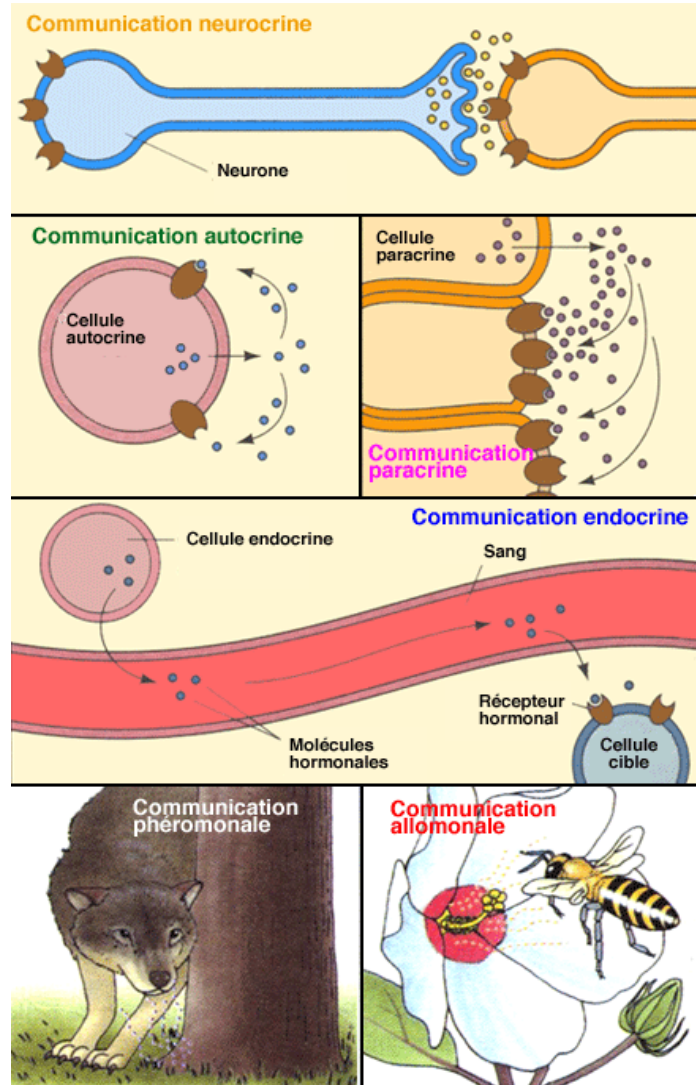
- **Exogènes** : variation de la température, de l'humidité de l'air, de l'éclairement, de la pression, l'environnement chimique, ...
- **Endogène** : activité du métabolisme qui modifie le pH, les teneurs en électrolytes, en déchets,

Le Métabolisme

« Le métabolisme est l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent au sein d'un être vivant pour lui permettre notamment de se maintenir en vie, de se reproduire, de se développer et de répondre aux stimulus de son environnement. Certaines de ces réactions chimiques se déroulent en dehors des cellules de l'organisme, comme la digestion ou le transport de substances entre cellules. Cependant, la plupart de ces réactions ont lieu dans les cellules elles-mêmes et constituent le métabolisme intermédiaire » *Wikipédia 2015*.

Dans l'ensemble des réactions constituant le métabolisme, on distingue d'une part **l'anabolisme**, qui représente l'ensemble des voies de biosynthèse des constituants cellulaires, et d'autre part **le catabolisme**, qui représente l'ensemble des voies de dégradation de ces constituants cellulaires en petites molécules pour en libérer l'énergie par oxydation ou pour rebâtir d'autres constituants cellulaires.

La Communication cellulaire

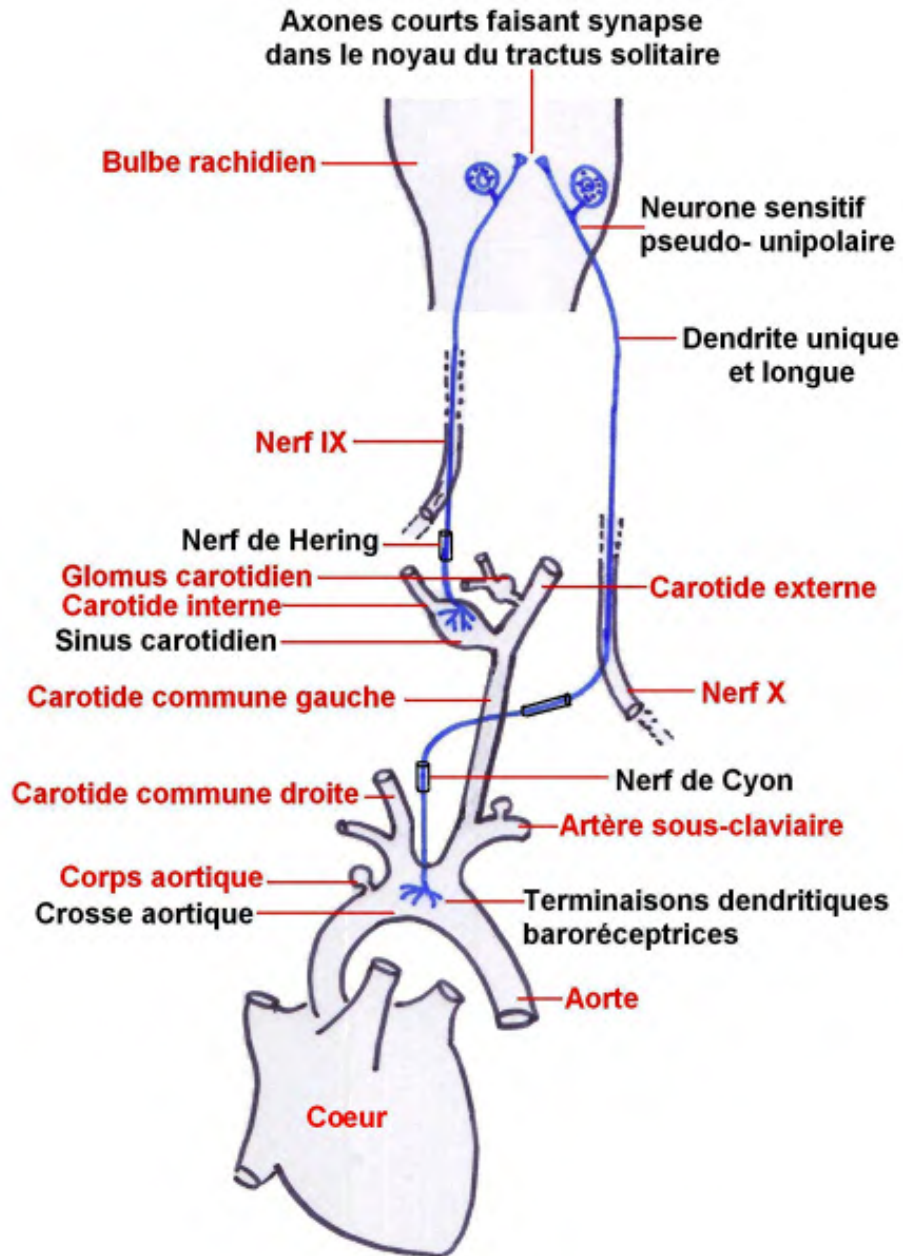


Régulation de la pression artérielle

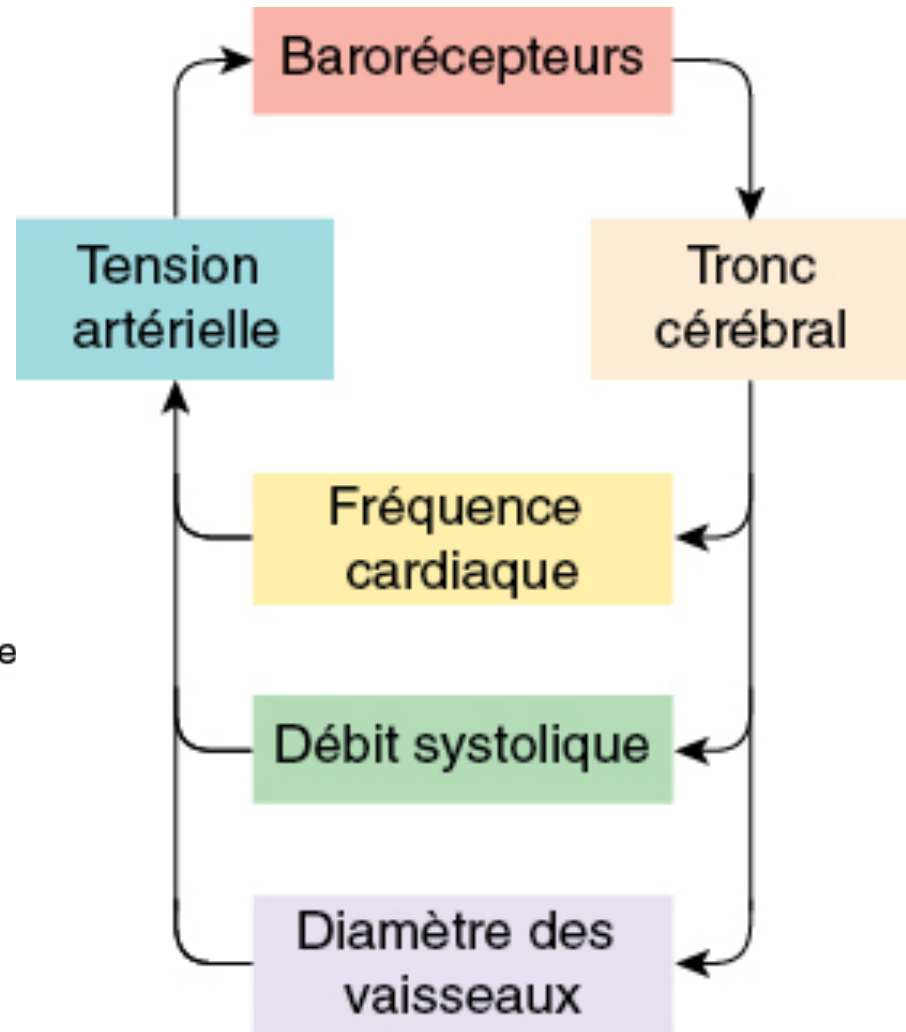
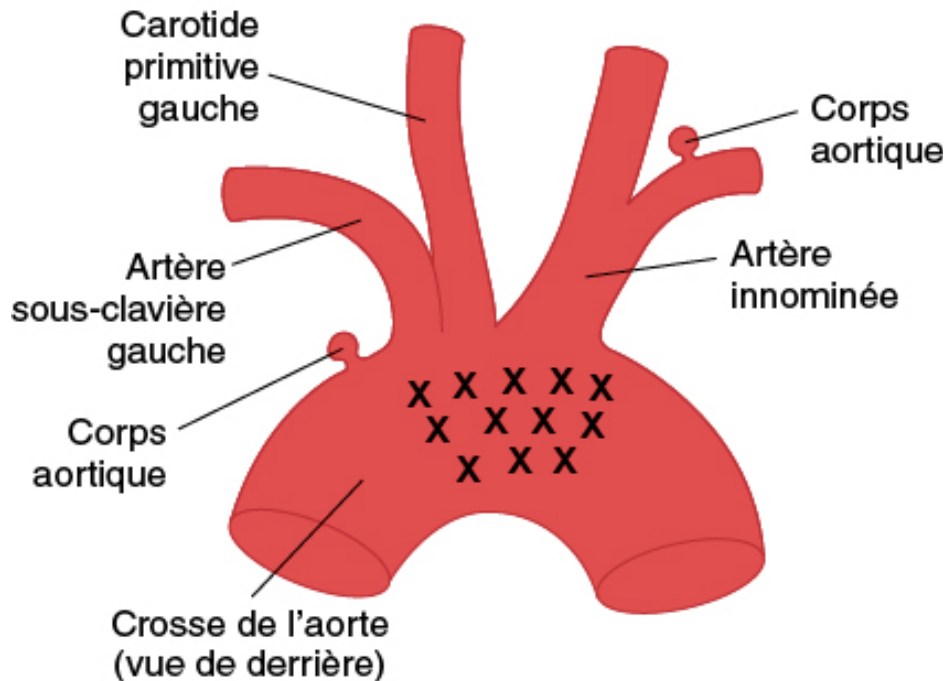
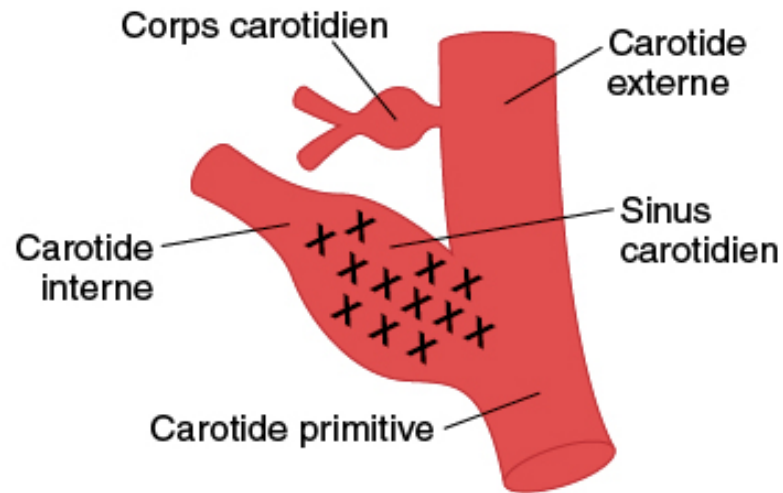
les niveaux de régulation de la pression artérielle

- une **régulation homéostatique à court terme** dont la fonction est de maintenir la PAM à 90 mm Hg mais aussi —et surtout—d'éviter des fluctuations incessantes de ce paramètre.
- une **régulation homéostatique à long terme** de la PAM dont nous verrons que le effecteur principal est le rein
- des **régulations adaptatives** qui permettent d'augmenter (ou diminuer) la PAM au-dessus de 90 mm de Hg quand la situation physiologique exige une augmentation (ou diminution) du débit cardiaque incompatible avec une PAM de 90 mm de Hg.
- Des **régulations locales et localisées** de la circulation sanguine qui ne sont pas destinées à réguler la pression mais qui en modifiant des diamètres vasculaires vont tendre à modifier sa valeur

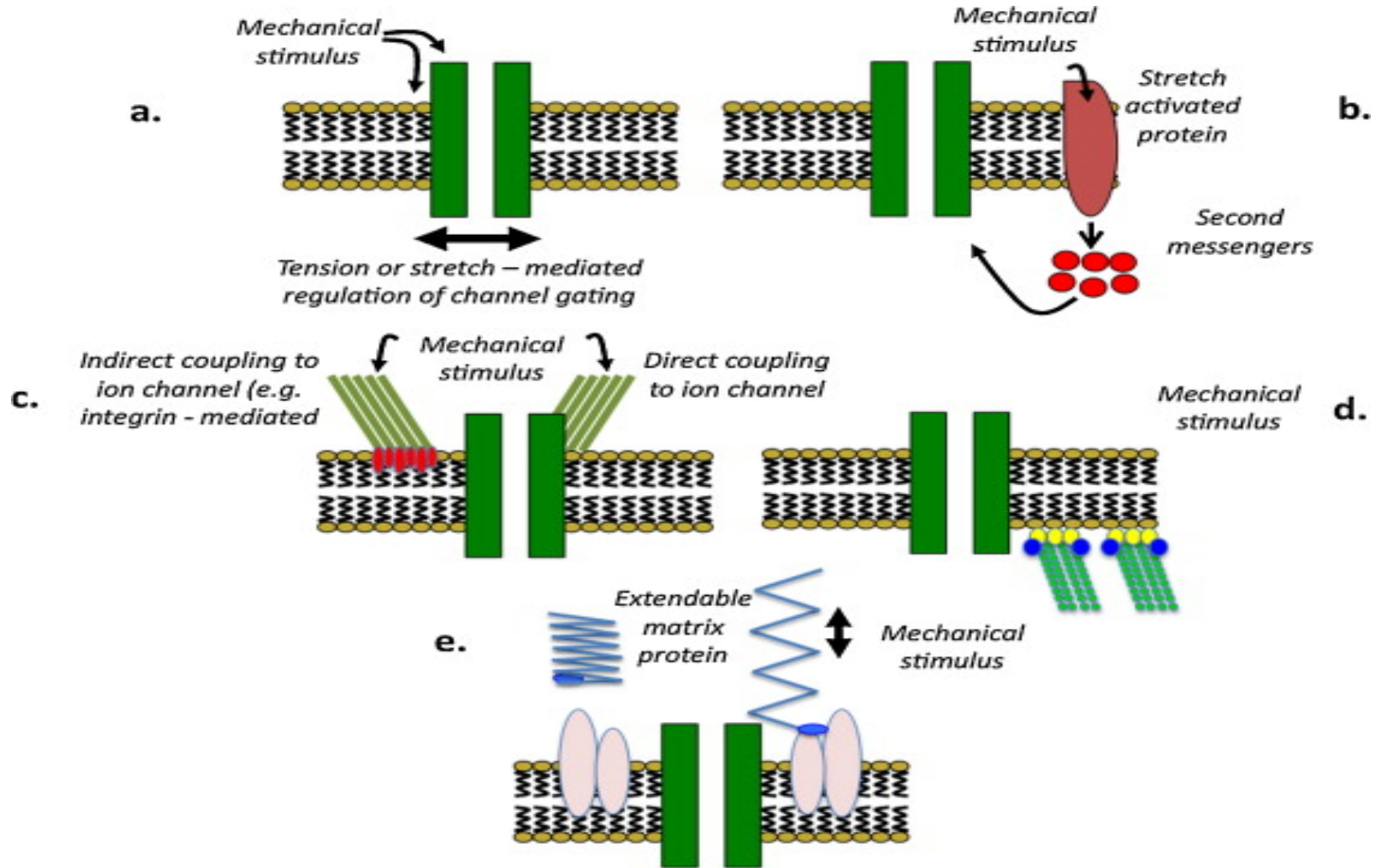
les barorécepteurs, anatomie et fonctionnement



les barorécepteurs, anatomie et fonctionnement



Mécanismes possibles pour la mécano transduction

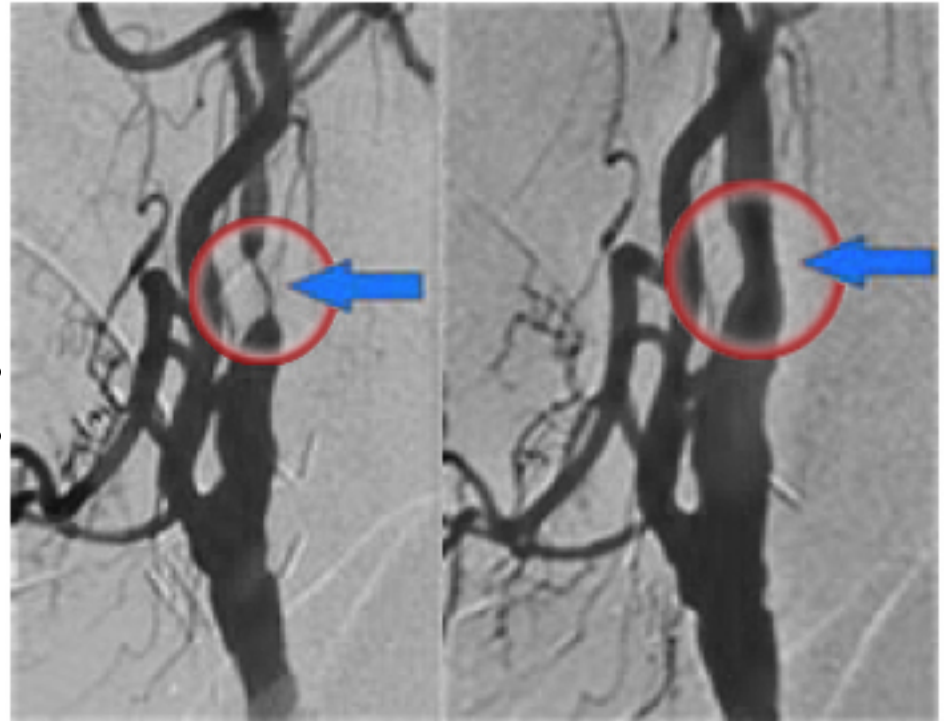
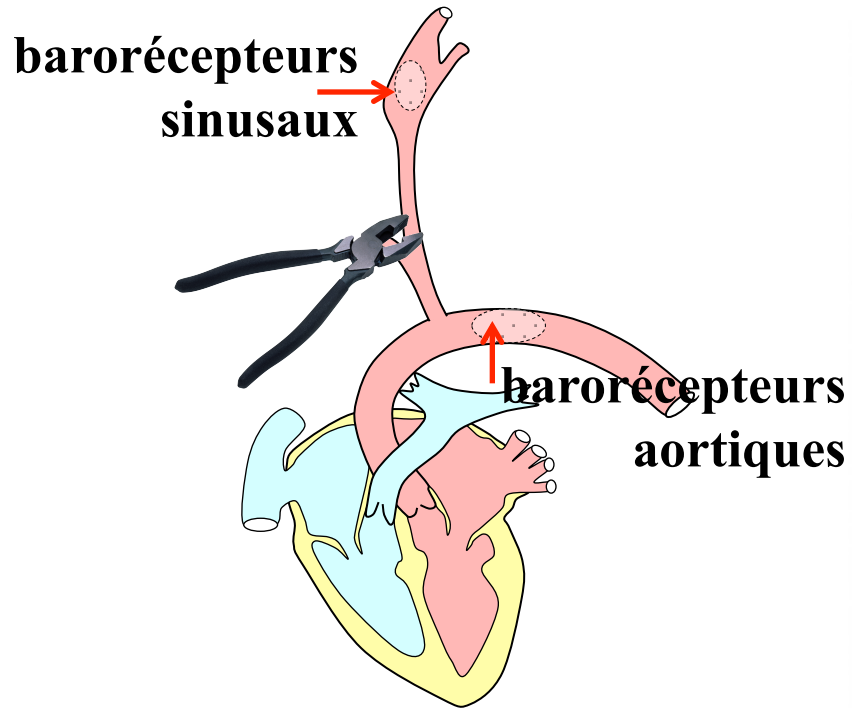


Michael A. Hill , Gerald A. Meininger

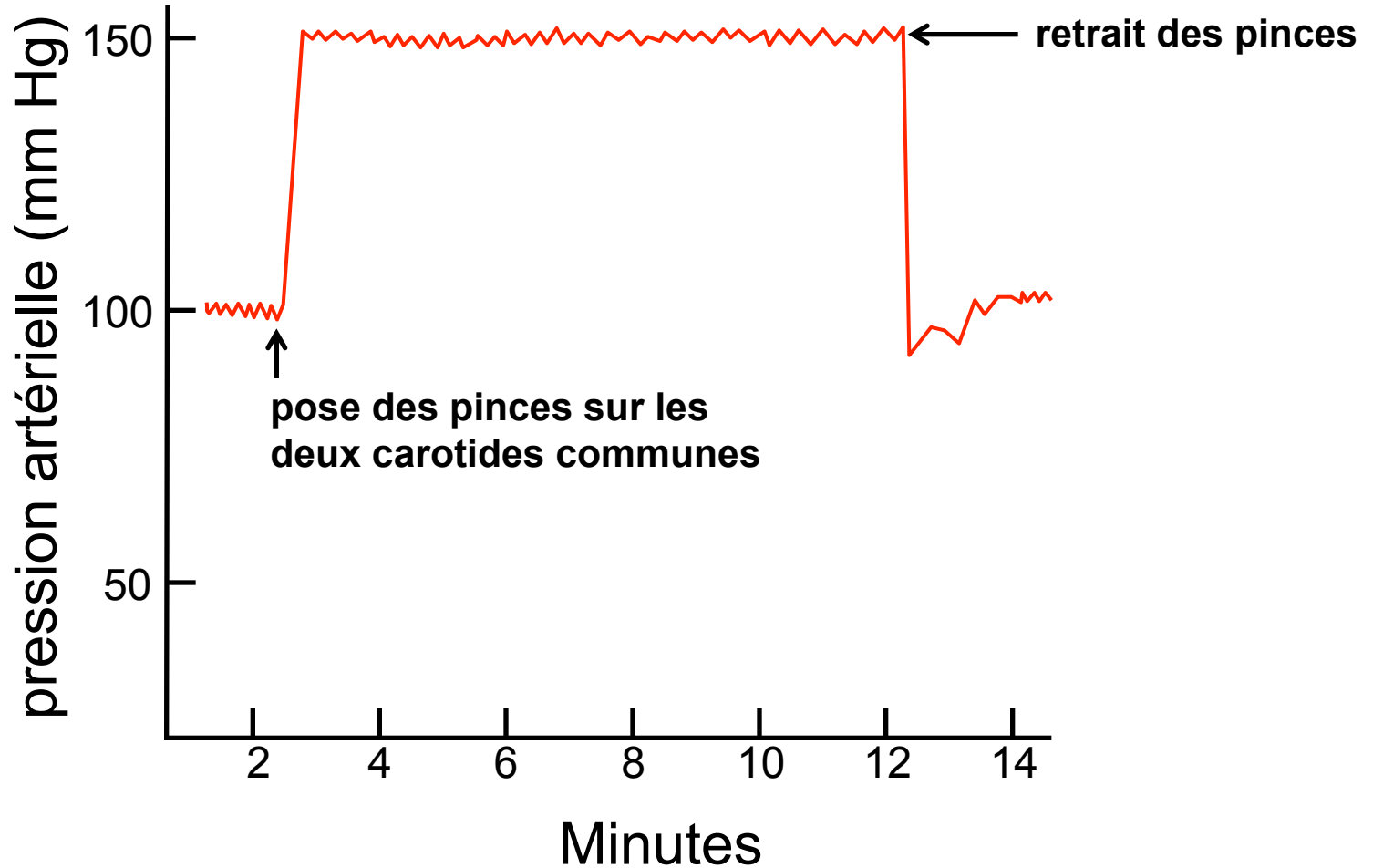
Arteriolar vascular smooth muscle cells: Mechanotransducers in a complex environment

The International Journal of Biochemistry & Cell Biology Volume 44, Issue 9 2012 1505 - 1510

les barorécepteurs, anatomie et fonctionnement

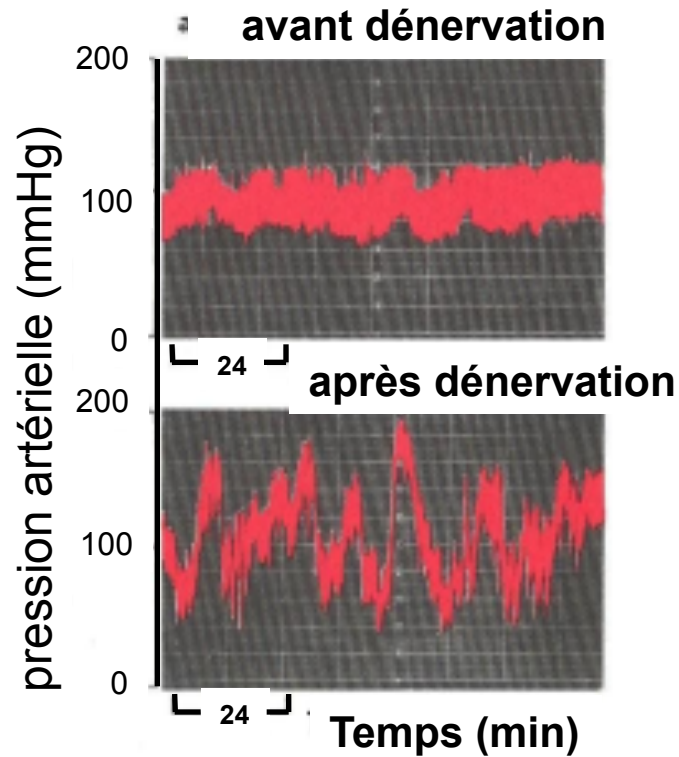


les barorécepteurs, anatomie et fonctionnement

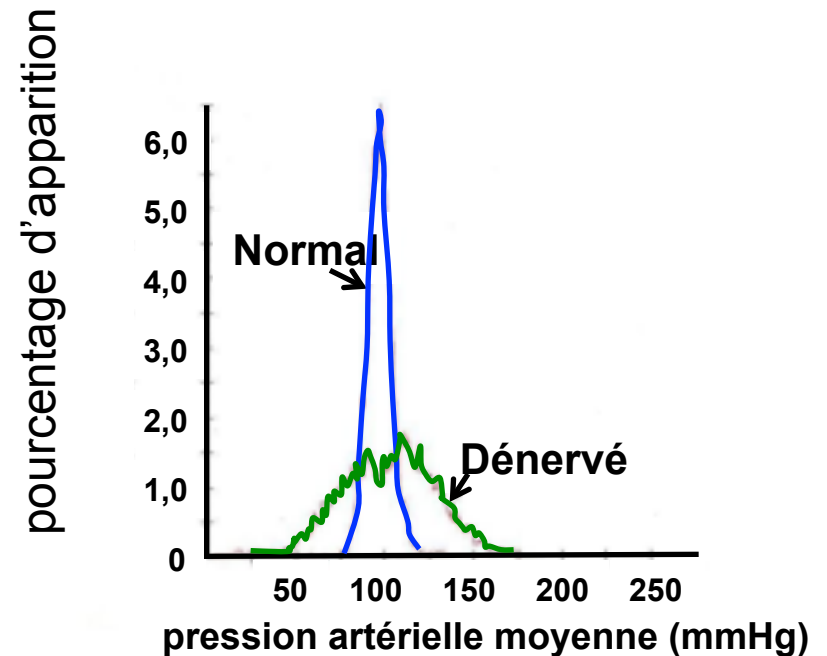


Hypertension réflexe déclenchée par l'interruption de la circulation dans les deux carotides communes chez un animal anesthésié.

les barorécepteurs, anatomie et fonctionnement



Enregistrement de la pression pendant deux heures chez un chien normal et chez le même animal plusieurs semaines après dénervation des barorécepteurs



Courbes des fréquences de distribution de la pression artérielle chez le chien, avant et plusieurs semaines après dénervation des barorécepteurs.

Régulation de la température

Homéotherme

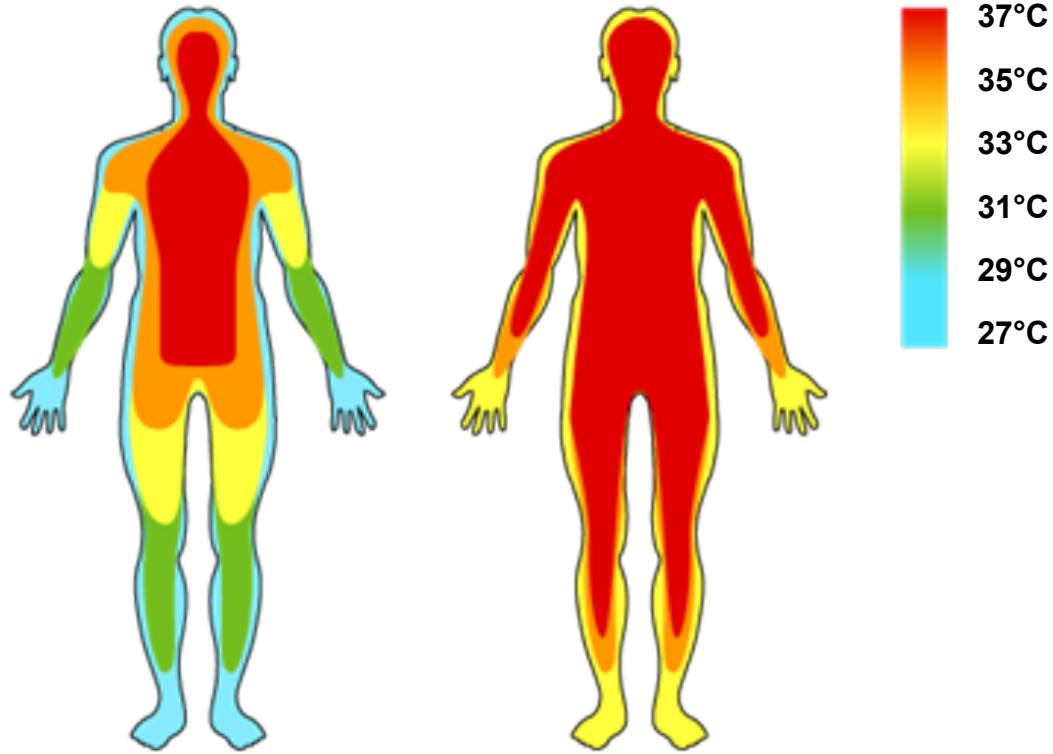
Homéotherme: organisme dont le milieu intérieur conserve une température corporelle constante (dans de larges limites), indépendamment du milieu extérieur.

La plupart des organismes homéothermes (qui ont une température corporelle constante) sont également endothermes (c'est-à-dire que la chaleur est produite par l'organisme lui-même).

La régulation de la température corporelle ou thermorégulation nécessite:

- des capteurs spécifiques, sensibles aux variations de températures ou thermorécepteurs
- des systèmes d'intégration
- des effecteurs producteurs ou dissipateurs de chaleur

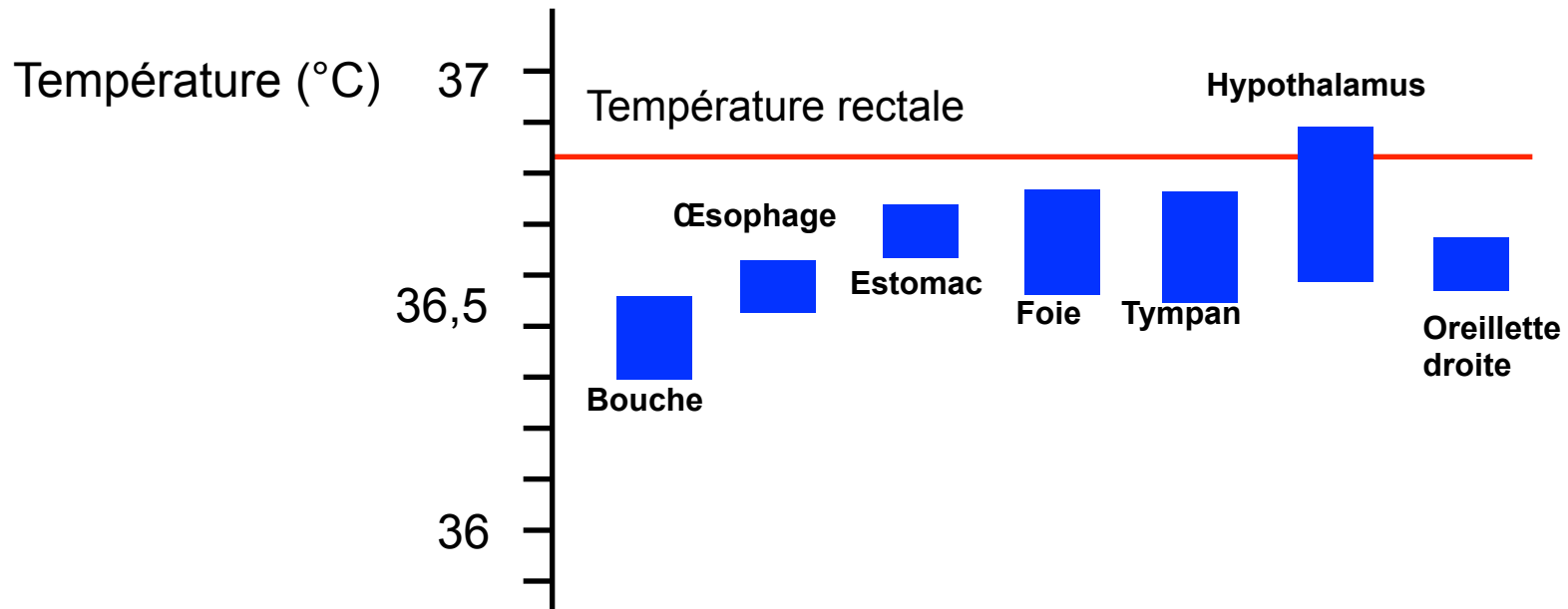
Répartition de la température chez les endothermes



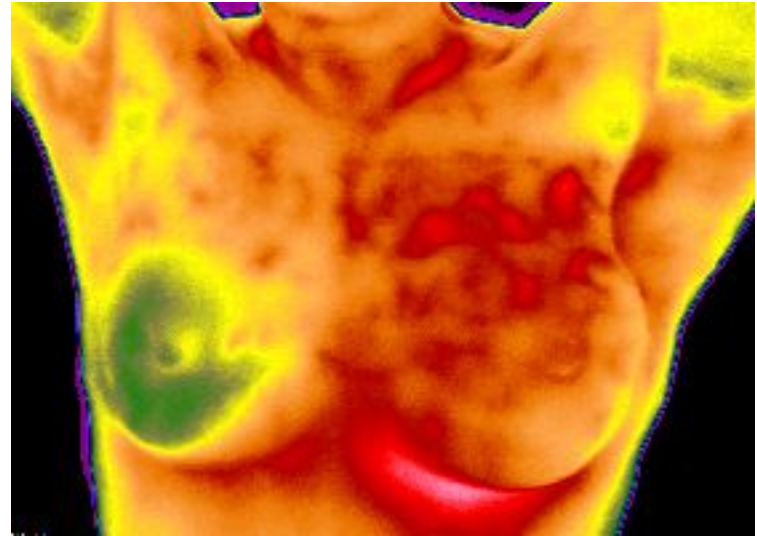
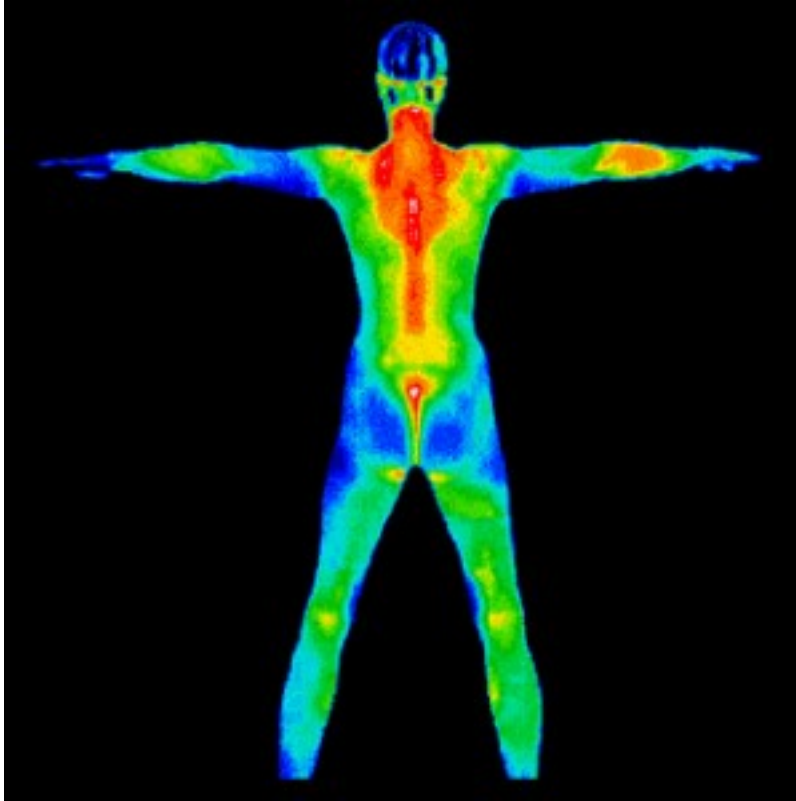
**Température
extérieure froide**

**Température
extérieure chaude**

Variation locale de la température



Variation locale de la température



La température

L'homéostasie ici représente l'équilibre des échanges pour maintenir une température constante

La température corporelle est le résultat de l'équilibre entre la production ou gain de chaleur (Thermogenèse) et la perte de chaleur (Thermolyse)

La température a des effets sur les processus biologiques:

- effet sur la vitesse de réaction enzymatique
- effet sur la conformation des protéines

Paramètres influençant la capacité de supporter des écarts de température

Températures létales supérieure et inférieure

Durée d'exposition

Age, développement

Pertes de chaleur

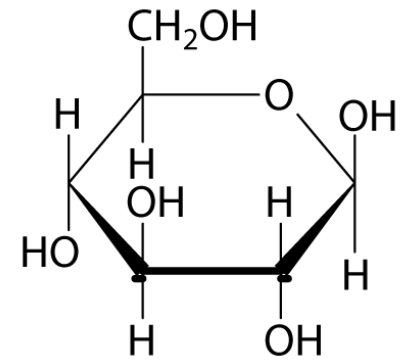
Radiations: Émission de chaleur sous forme de radiations électromagnétiques.

Conduction: diffusion par contact physique et convection, renouvellement de l'air ou de l'eau en contact avec le corps.

Evaporation: le passage de l'état liquide à l'état gazeux (Sudation) est consommateur d'énergie.

Respiration: pertes obligatoires non régulée

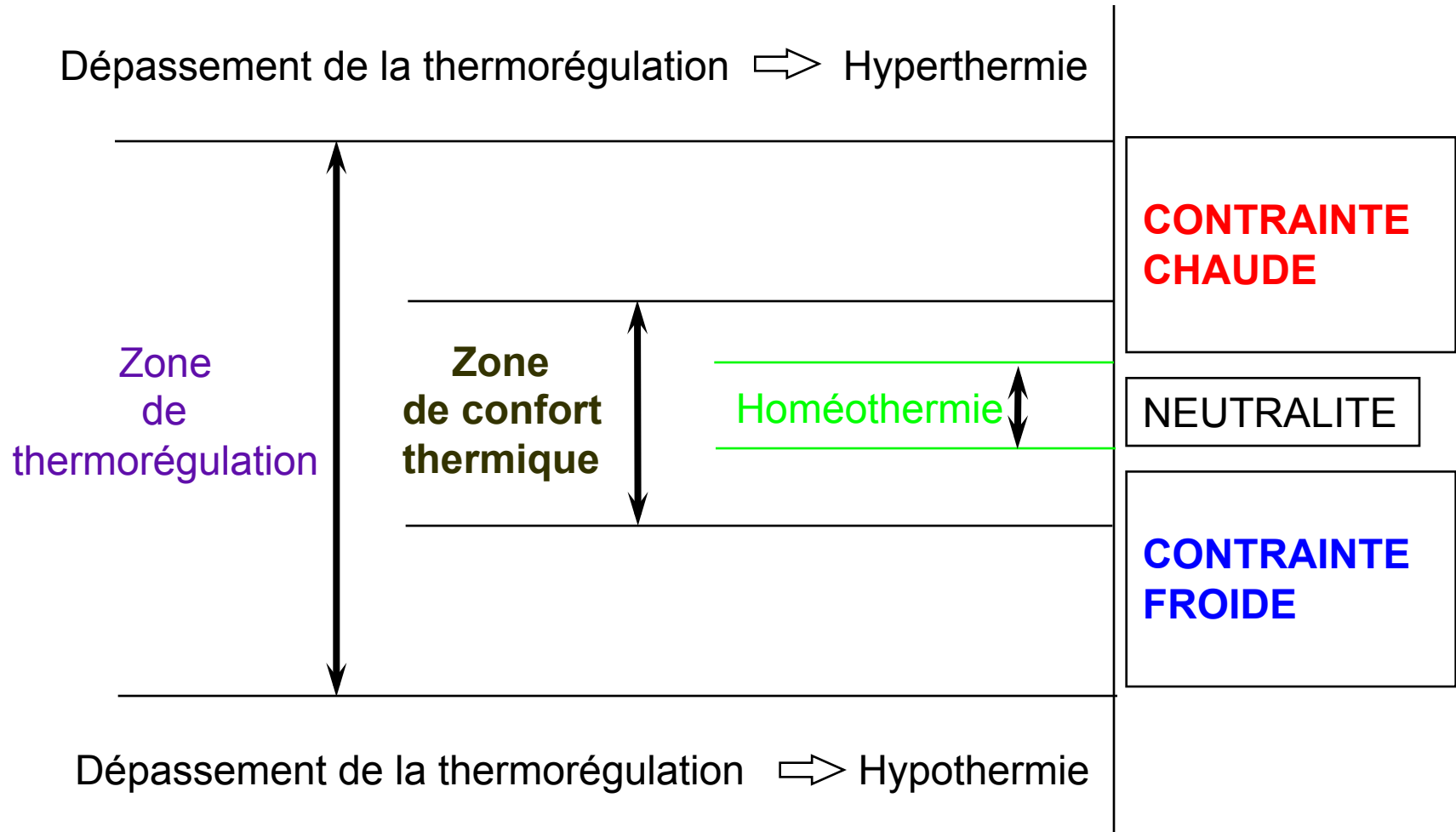
la production de chaleur



Glucose

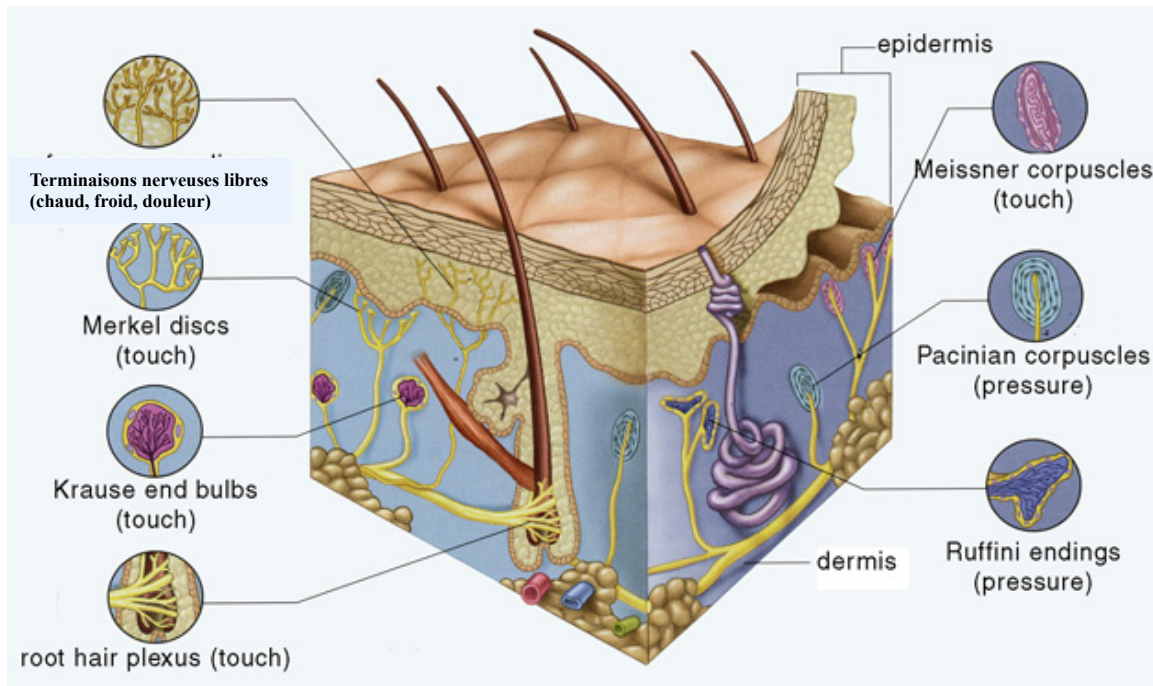


le confort et la contrainte



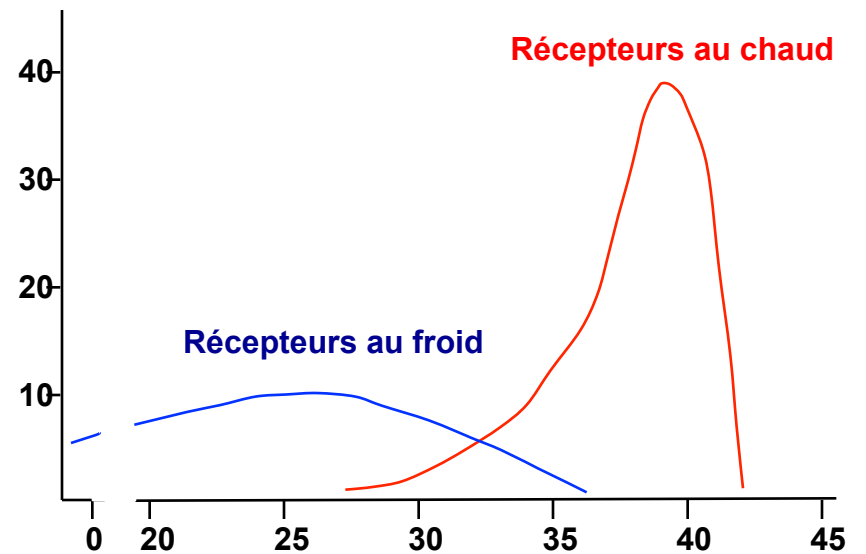
les capteurs thermorécepteurs

- 1- Les thermorécepteurs cutanés
- 2- Les thermorécepteurs centraux situés dans l'hypothalamus



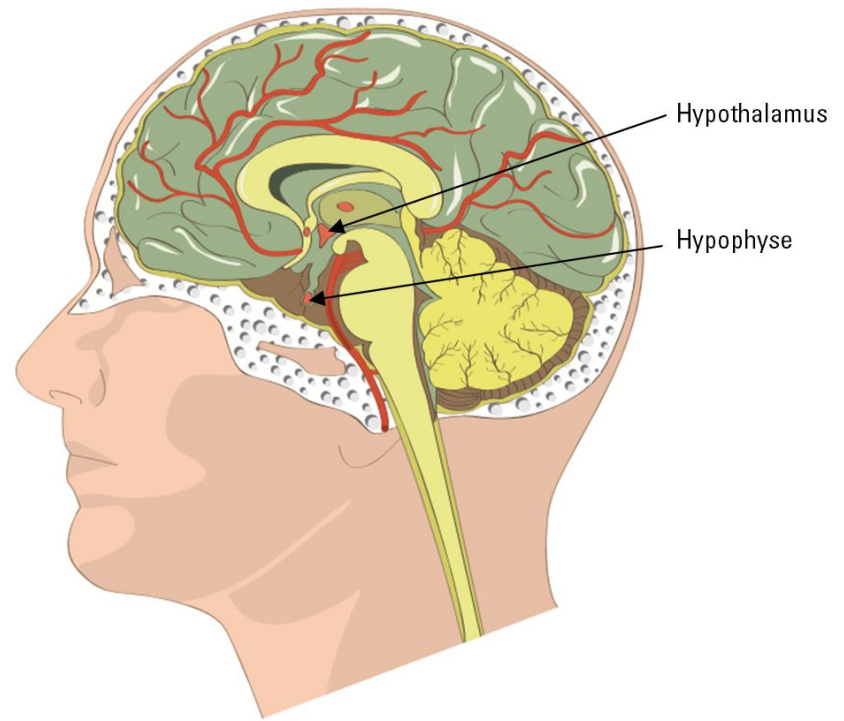
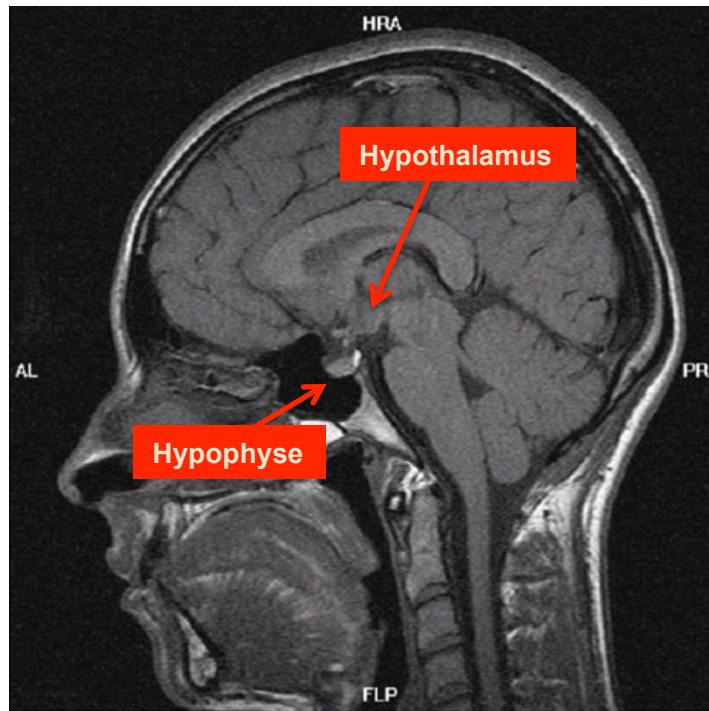
les thermorécepteurs cutanés

Fréquence des potentiels d'action(Hz)



Température (°C)

I 'Hypothalamus et l'Hypophyse



Rôle de l'hypothalamus

Hypothalamus: C'est le principal centre d'intégration de la thermorégulation. Il joue un rôle de « thermostat »

- **Centre de la thermolyse : partie antérieure, dans l'aire pré-optique**
- **Centre de la thermogenèse : partie postérieure de l'hypothalamus**



**Centres
thermorégulateurs**

Thermorécepteurs centraux

(situés plus profond dans partie antérieure de l'hypothalamus)

Hypothalamus

**Influx
nerveux
afférents**

**Mécanismes réflexes de
thermogenèse ou de thermolyse**

**Voies nerveuses
ou hormonales**

Peau

Thermorécepteurs périphériques

Thermorécepteurs centraux
(situés plus profond et sensibles à T°C sang)



Réponses physiologiques

1-Le frisson musculaire

Contractions désynchronisées des MS. Augmente le métabolisme d' un facteur 5

2-Thermogénèse chimique:

Augmentation du métabolisme par réaction au froid

3-Vasoconstriction adrénergiques cutanée/ vasodilatation

localisée/limite les échanges avec le noyau thermique

4- Horripilation adrénergique: chair de poule

Érection des poils pour emprisonner l' air (couche isolante ou tampon)

Adaptations comportementales

1-Vêtements, posture, habitat

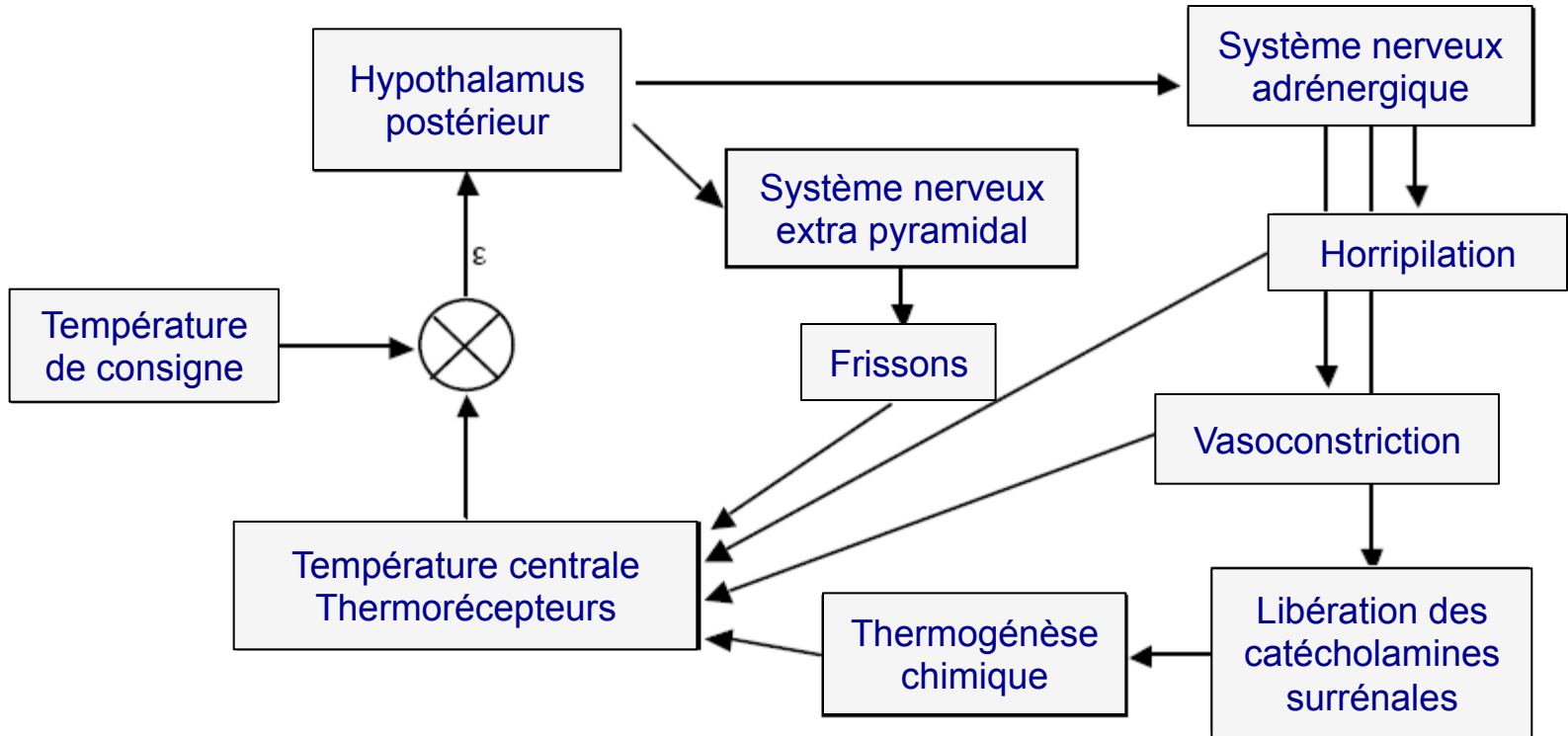
2- Alimentation

activités métaboliques élevée (stockage et transformations chimiques de aliments)

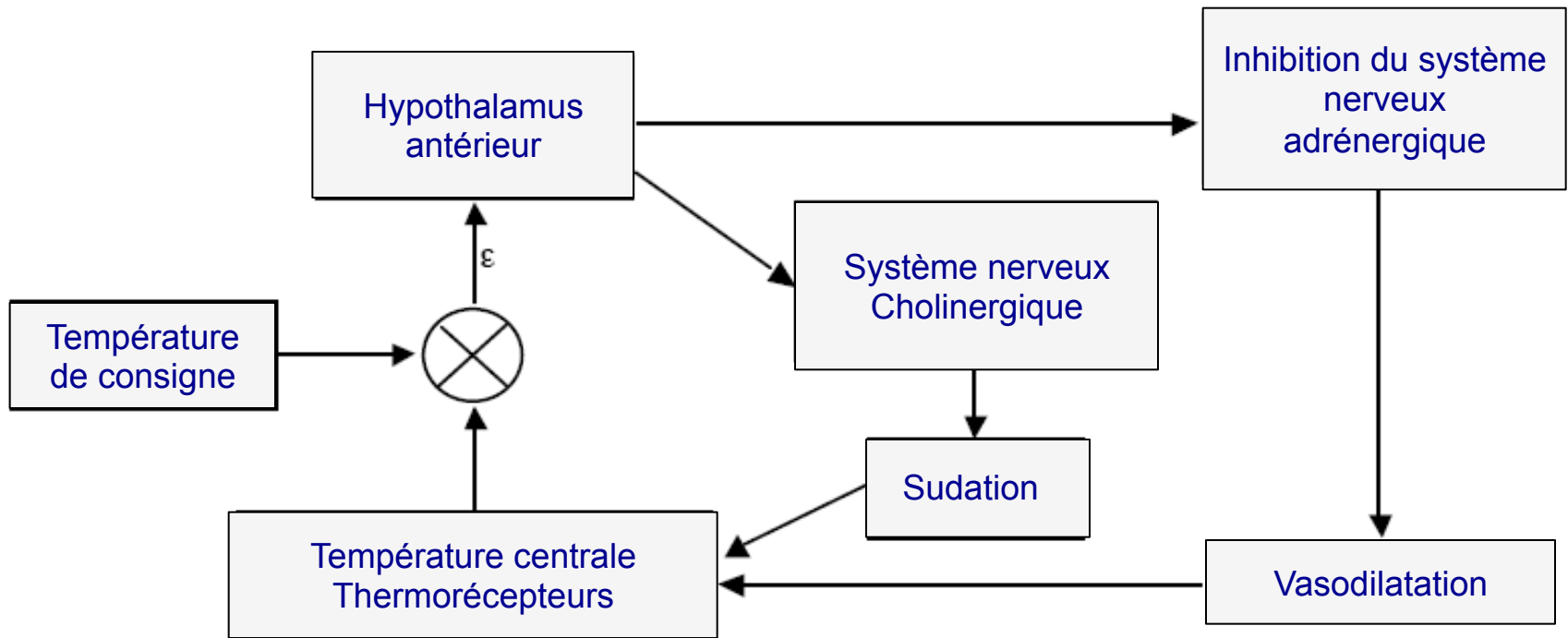
3- Activité musculaire.

Envie de bouger Augmente 20 fois le métabolisme de base

Réactions au froid



Réactions au chaud



Mécanismes de thermogenèse

Si la $Temp_{ext}$ ou $Temp_{sang}$ chute le centre hypothalamique de la thermogenèse est alors activé déclenchant de plusieurs mécanismes pour maintenir ou augmenter $T_{centrale}$ du corps



1) Vasoconstriction des vaisseaux sanguins cutanés

Activation des fibres nerveuses du SN Sympathique
(Adrénaline et noradrénaline)

Stimulation des muscles lisses des artérioles de la peau



Vasoconstriction

**Sang restreint aux régions profondes et détourné
des réseaux capillaires sous cutanés**

Déperdition de chaleur limitée (hypoderme = isolant).

Attention si prolongée : risque de gelure (nécrose) car cellules privées d' O_2 et de nutriments)

Mécanismes de thermogénèse

2) Augmentation de la vitesse du métabolisme (thermogénèse chimique)

Froid

Stimulation des fibres nerveuses sympathiques

Libération de noradrénaline (médullosurrénale)

➤ Vitesse du métabolisme des cellules cibles. Augmentation de l'utilisation de glycogène (consommation d' O_2 ➤).



➤ Chaleur = thermogénèse chimique.

3) Frisson thermique (TREMOR)

L'incapacité des situations décrites avant de maîtriser la situation déclenche le frisson

Activation des centres de l'encéphale régulateurs du tonus musculaire

Contraction involontaire des muscles squelettiques = frisson



➤ Chaleur = ➤ T_{corp} car l'activité musculaire engendre une production de chaleur

Mécanismes de thermogénèse

4) Augmentation de la libération de thyroxine

↘ T_{ext}

Activation hypothalamus

Libération de thyroïdolibérine (TRH)

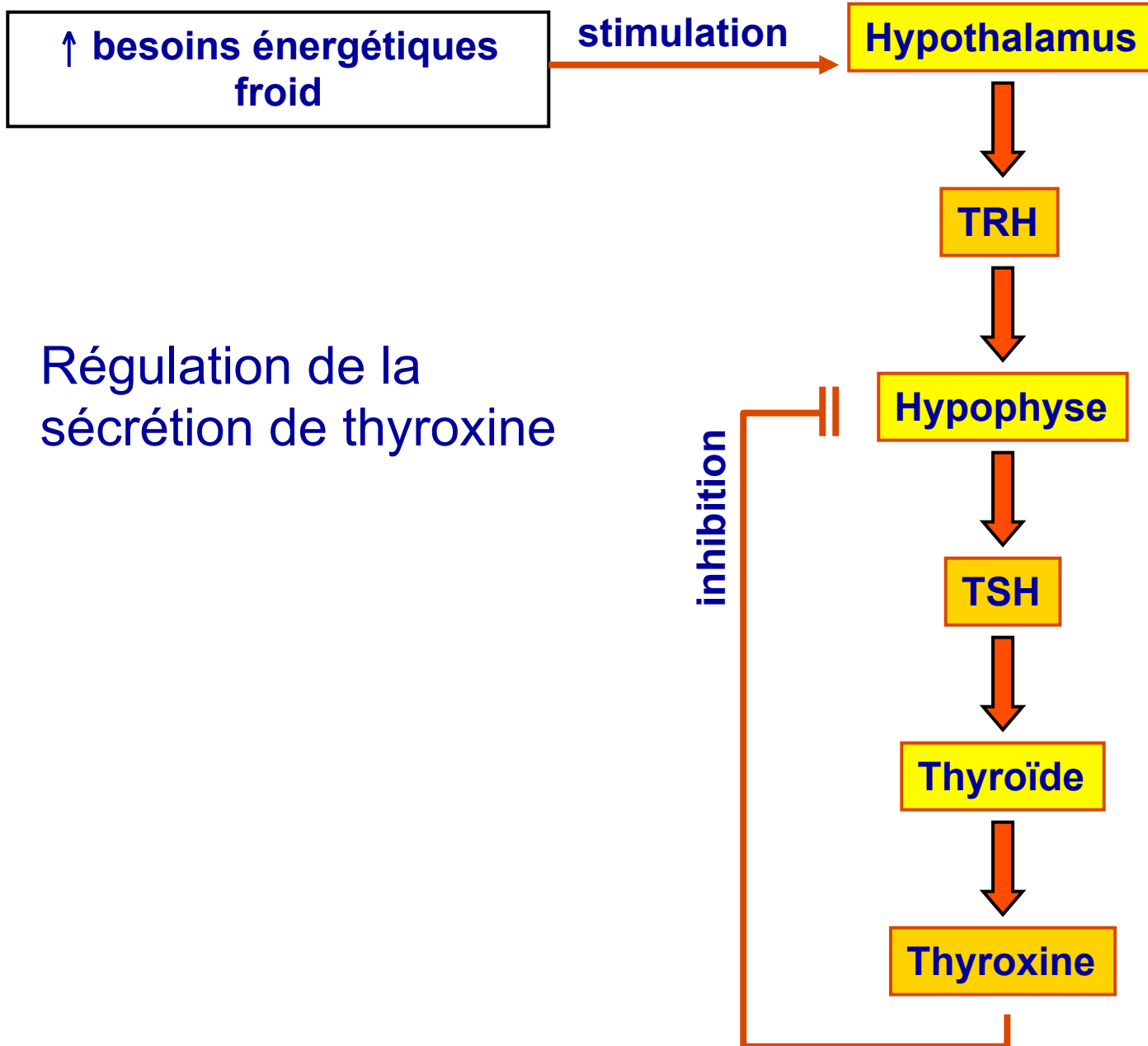
Activation adénohypophyse qui sécrète de la thyroïdostimuline (TSH)

Stimulation de la glande thyroïde qui libère plus de thyroxine dans le sang



↗ Vitesse du métabolisme des cellules cibles et ↗ production chaleur.

Mécanismes de thermogenèse



Mécanismes de thermolyse

Différents mécanismes pour la déperdition de chaleur :

- rayonnement
- conduction
- convection
- évaporation

Chaque fois que $T_{\text{cent}} > \text{normale}$:

Centre hypothalamique de thermogenèse = inhibé

Centre hypothalamique de thermolyse = activé.

Ce qui peut engendrer plusieurs réactions :

Mécanismes de thermolyse

1) Vasodilatation des artérioles cutanées (+ rôle de fréquence cardiaque qui ↗)

Modulation des fibres nerveuses du SN Sympathique

Stimulation des muscles lisses des artérioles de la peau ➡

Vasodilatation

Sang chaud envahit les vaisseaux de la peau



La chaleur se dissipe à la surface de la peau par rayonnement, conduction et convection

2) Augmentation de la transpiration

↗ ↗ T_{ext}

Stimulation des fibres nerveuses du SN sympathique

Stimulation des glandes sudoripares : sueur ↗



Evaporation de la sueur : déperdition de chaleur

Si taux d'humidité > 60% : problème pour transpirer.

Déperdition de chaleur difficile

Fièvre = hyperthermie contrôlée.

Infection dans une région de l'organisme ou autres troubles (cancer, réaction allergique, traumatismes du SNC...).

GB, cellules des tissus lésés, macrophages

Libération de substances chimiques pyrogènes (IL1 et IL6)

Action sur l'hypothalamus qui libère des prostaglandines

Les prostaglandines ajustent la valeur de référence du thermostat hypothalamique à une température > amenant ainsi l'organisme à mettre en marche des mécanismes de thermogénèse.



Vasoconstriction

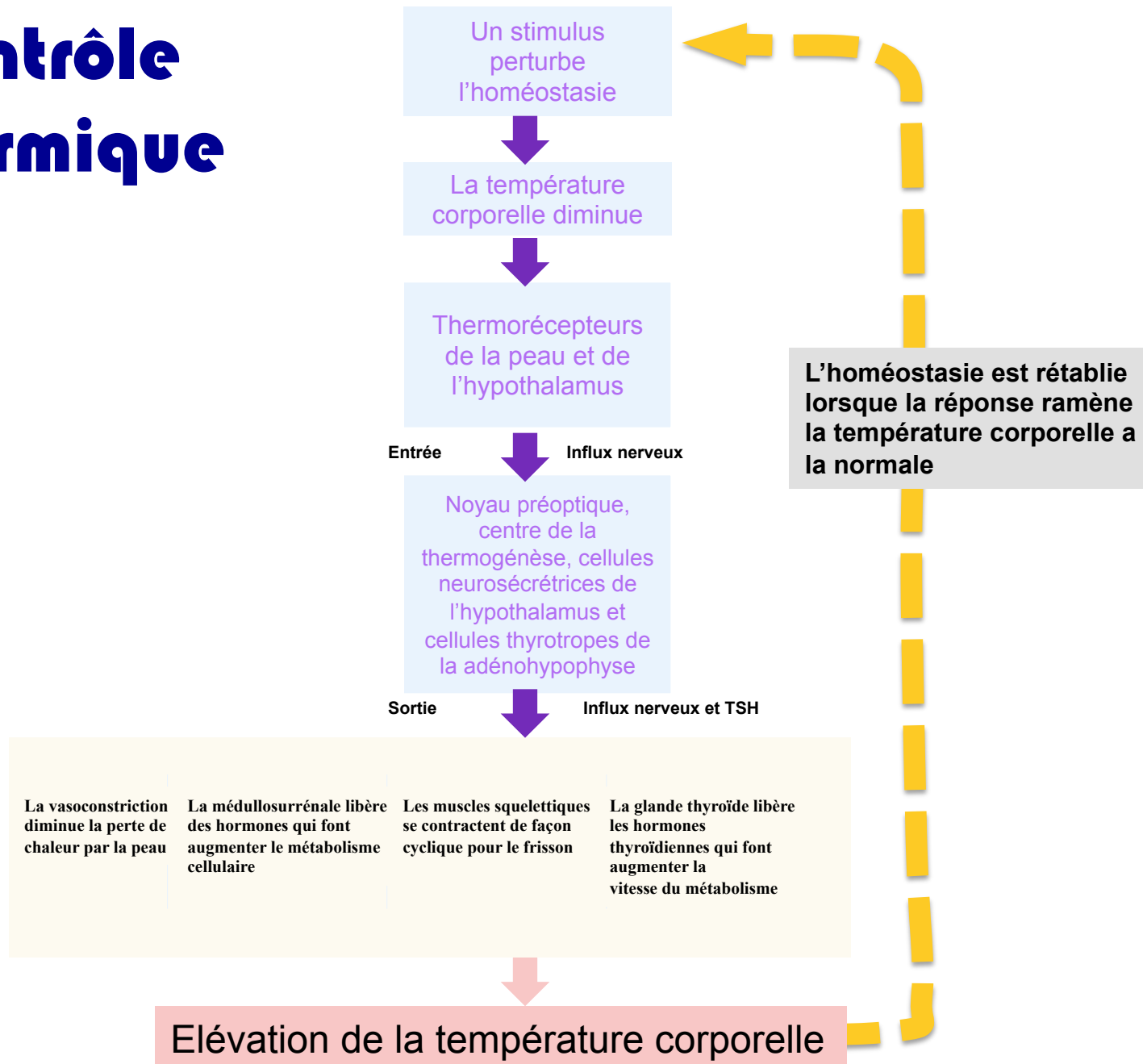
Déperdition de chaleur à la surface corporelle ➡, la peau devient froide et les frissons commencent à générer de la chaleur

Augmentation de chaleur jusqu'à nouvelle valeur de référence.

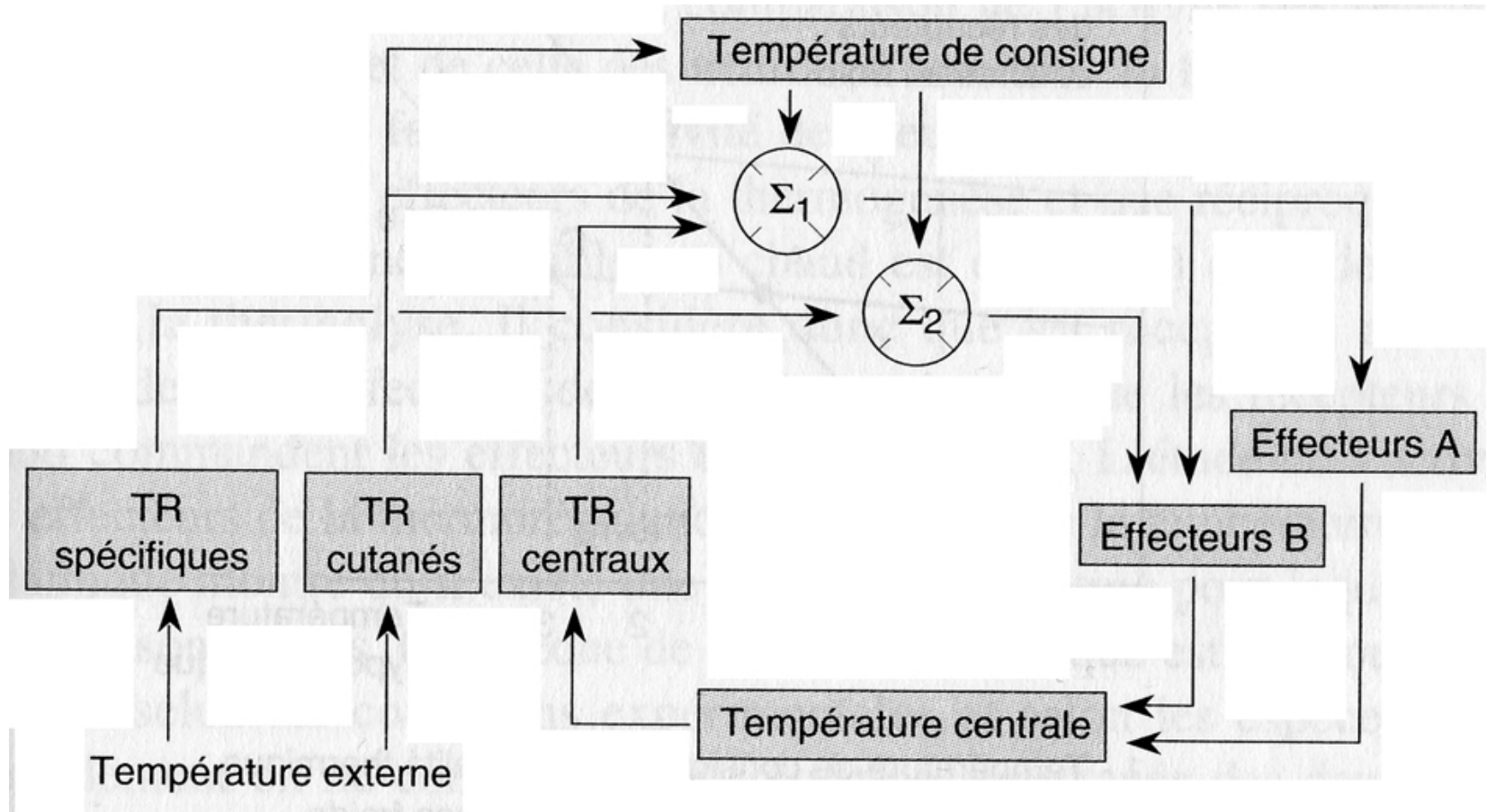
La nouvelle T_{cent} est maintenue jusqu'à ce que le processus se renversent ou que les antibiotiques fassent effet.

Le thermostat est alors réglé plus bas et les mécanismes de thermolyse se mettent en route : transpiration et peau rougit. **Cela indique que la température descend.**

Contrôle thermique



Fonctionnement de la boucle de thermorégulation



Σ_1 : centre intégrateur commandant tous les effecteurs (hypothalamus)

Σ_2 : centre intégrateur commandant une parties des effecteurs (Moelle épinière)

REGULATION DE LA GLYCEMIE

la régulation de la glycémie

La glycémie est le taux de glucose plasmatique. Chez un sujet normal, la glycémie oscille autour d'une valeur moyenne comprise entre 0.8 g.L^{-1} et 1.2 g.L^{-1} soit entre 4.5 mmol.L^{-1} et 6.5 mmol.L^{-1}

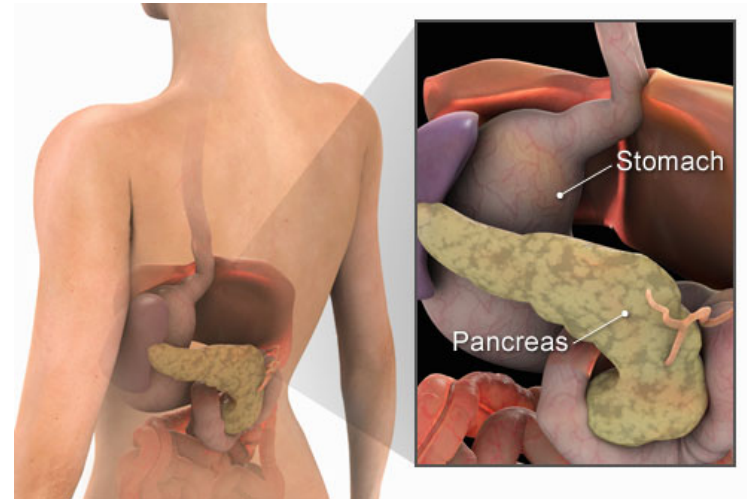
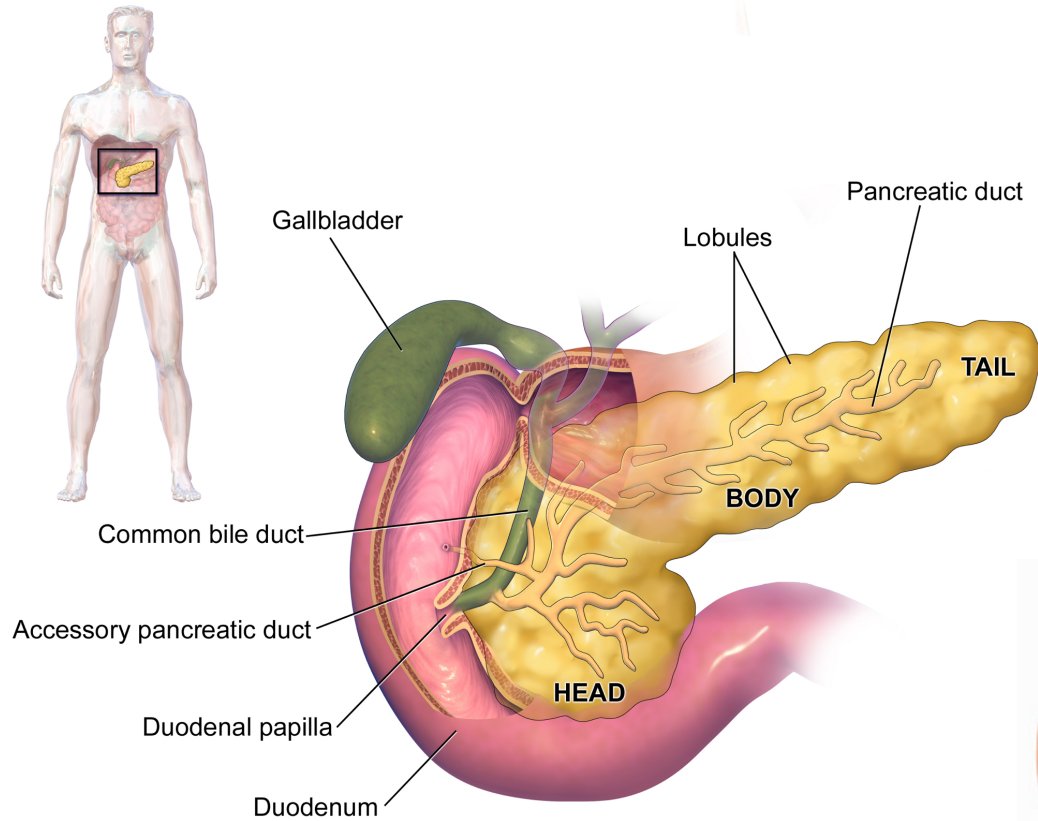
La glycémie est une constante physiologique du milieu intérieur

Pour que la glycémie demeure constante, il doit exister un mécanisme de régulation du taux de glucose sanguin

Ce mécanisme d'homéostasie glucidique est assurée par deux hormones pancréatiques :

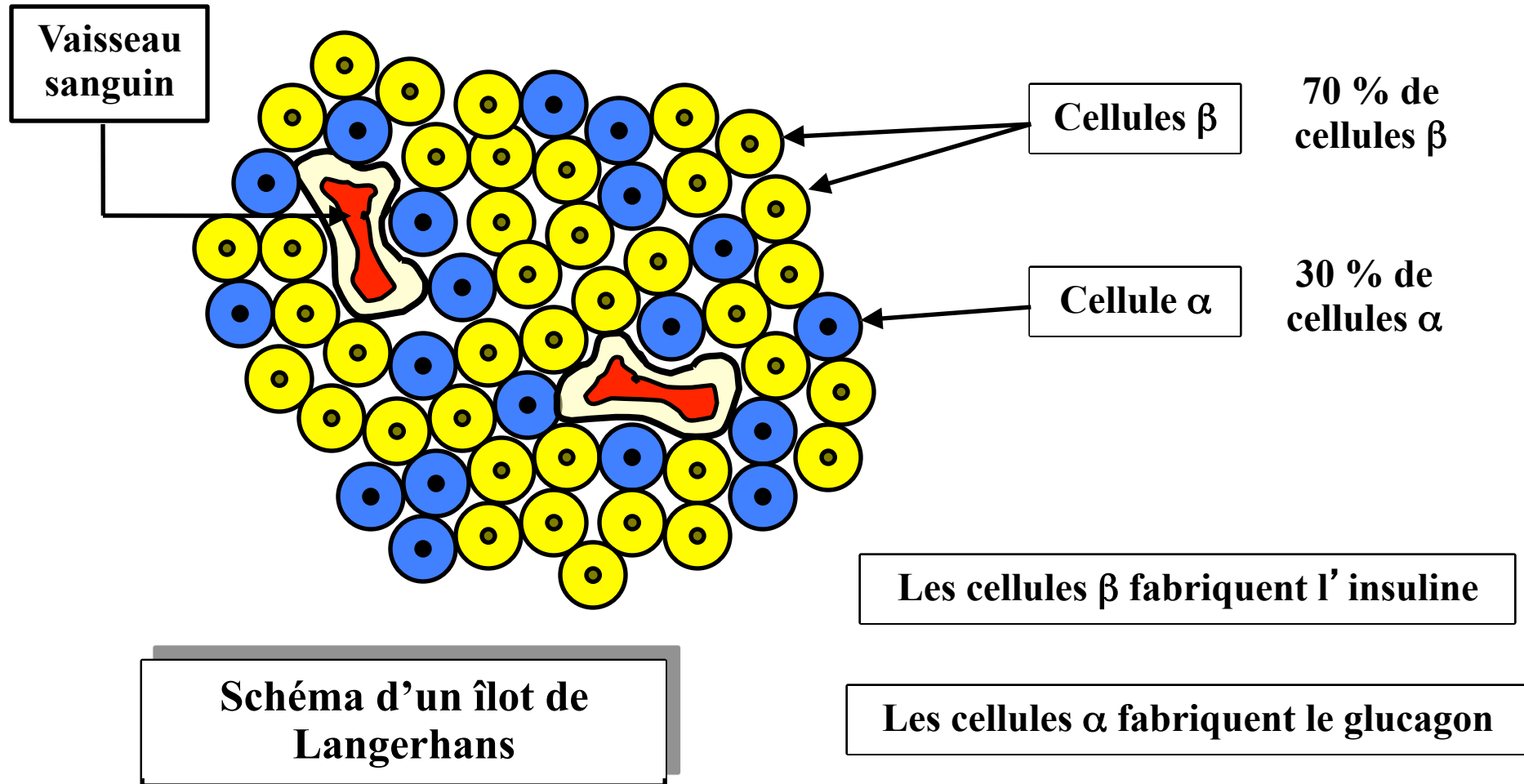
- l'insuline
- le glucagon

le pancréas

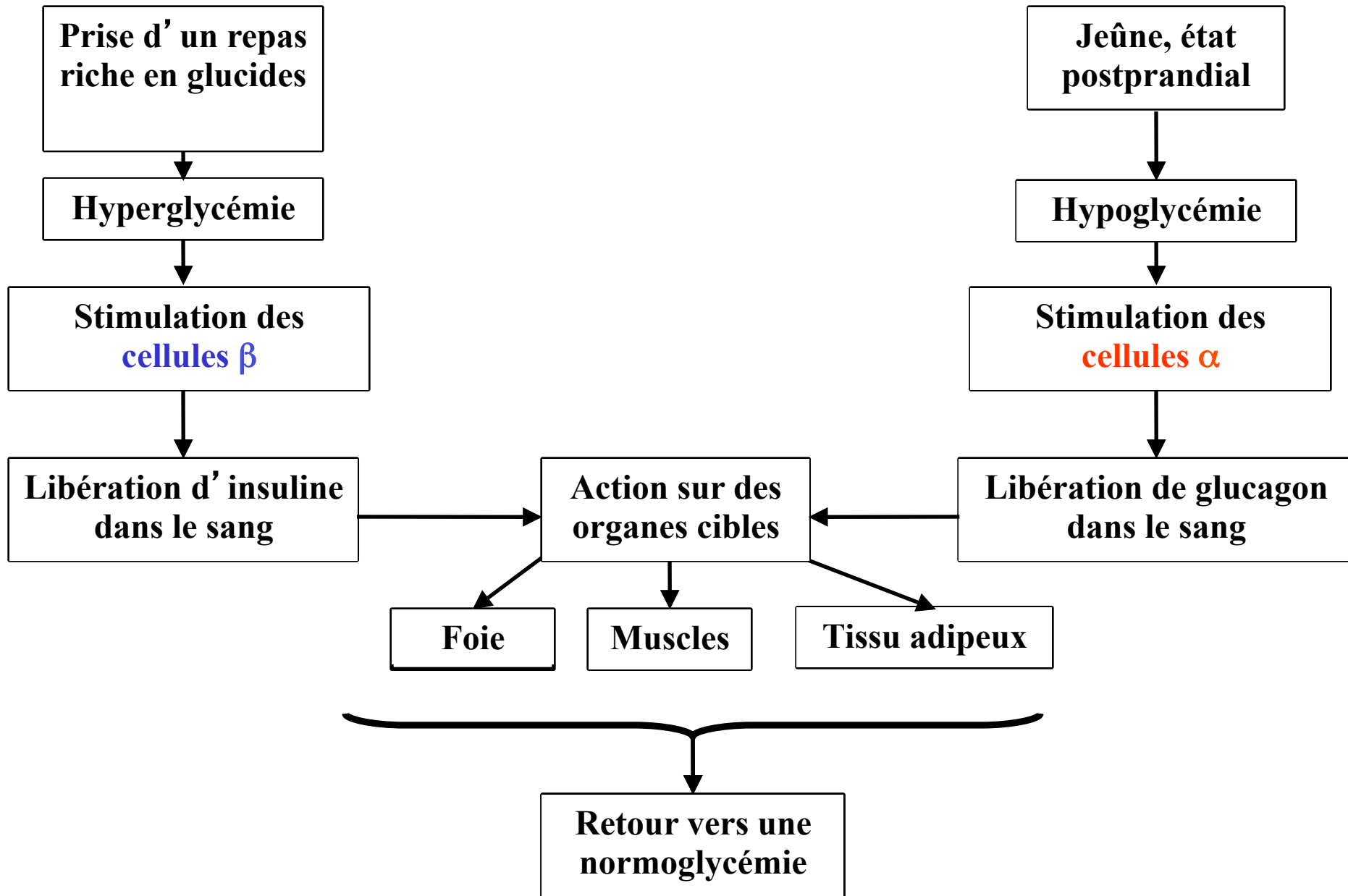


Histologie et fonction du pancréas endocrine

Le pancréas endocrine est constitué de cellules α et β regroupées en îlots de Langerhans représentant seulement 1% du volume de la glande. Le pancréas en contient plus d'un million. Chaque îlot comporte environ 3000 cellules.



Vue d'ensemble de la régulation de la glycémie



Le diabète de type 1

Il se développe tôt en général et concerne 10 % des diabétiques. La maladie est due à l'organisme, qui fabrique des anticorps contre certaines de ses propres cellules pancréatiques. Ces cellules, **les îlots de Langerhans**, synthétisent l'insuline, une hormone dont le rôle consiste (lorsque le taux de glucose monte dans le sang après un repas), à stocker le glucose dans différents organes (foie, muscles...). La destruction de ces îlots conduit donc à une carence en insuline qu'il faut compenser par des apports (quotidiens ou pluriquotidiens) pour réguler le taux de glucose dans le sang. Ce diabète de type 1 est dit **maigre** ou **insulino-dépendant**.

Le diabète de type 2

C'est une maladie d'évolution lente, qui concerne 90 % des diabétiques. On l'a longtemps appelé diabète de la cinquantaine, car il apparaissait tardivement dans l'existence, ou encore **diabète gras**, car il s'associe volontiers à un surpoids. Mais ce diabète se développe désormais à tous les âges de la vie.

- **L'insulino-résistance.** Elle se met en place dans un premier temps : l'insuline continue d'être normalement sécrétée par le pancréas, mais l'organisme est de moins en moins réactif à son effet. Pour maintenir un taux de glucose stable dans le sang, le pancréas fabrique donc des quantités de plus en plus importantes d'insuline. Jusqu'à s'épuiser. C'est le second stade du diabète de type 2 : il faut alors, comme pour celui du type 1, en arriver aux injections d'insuline.