

Physiologie de la Thermorégulation

Pr. André Denjean

Cours de Physiologie PCEM2

Année 2007-2008

Plan

- ❑ Introduction, Généralités
 - ❑ La température corporelle
 - ❑ Thermorécepteurs et Centres régulateurs
 - ❑ Thermogénèse
 - ❑ Modalités des échanges thermiques
 - ❑ Transport de la chaleur du noyau à la périphérie
 - ❑ Réactions Thermorégulatrices Physiologiques
 - ❑ Facteurs de variation de la température
 - ❑ Fièvre, hypothermie, hyperthermie
-

Introduction, Généralités

- ❑ Animaux poïkilothermes, dont la température centrale dépend de la température externe
 - ❑ Animaux homéothermes, dont la température centrale est étroitement régulée
 - ❑ Animaux hibernants, capables de réguler et/ou d'abandonner toute régulation de température centrale
-

Température corporelle

- ❑ Notion de température centrale, variable selon les organes, T° artérielle, mesurée par la T° rectale, ou tympanique
 - ❑ Noyau, 80% masse corporelle, T° « constante »
 - ❑ Enveloppe, <20%, variable, T° variable
 - ❑ Importance de la circulation cutanée
 - ❑ Notion de neutralité thermique
-

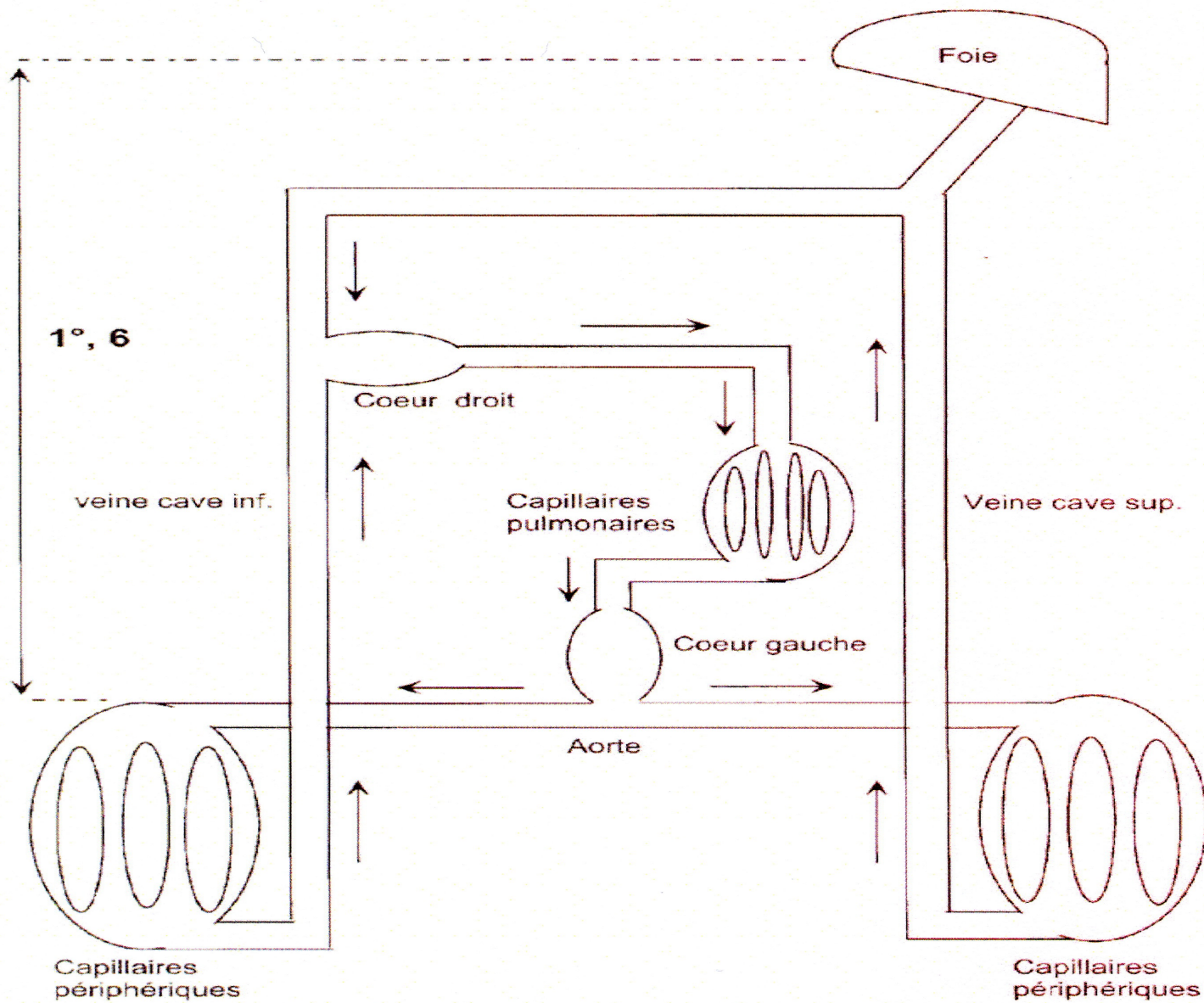
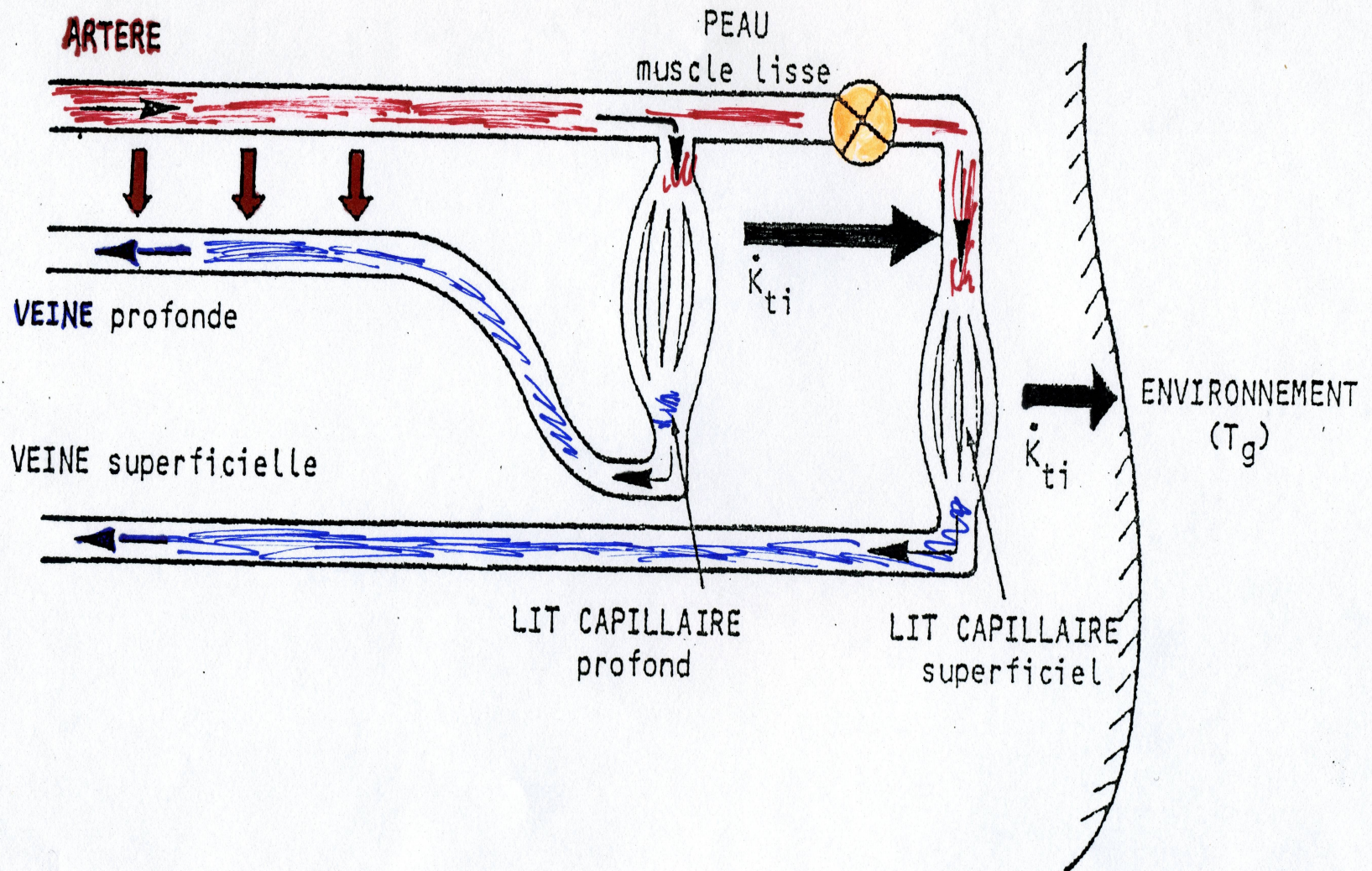


Fig.III-1 : Diagramme de répartition de la température sanguine chez le chien d'après Claude Bernard. Gradient thermique positif vers le haut. Autres commentaires dans le texte.



Circulation cutanée

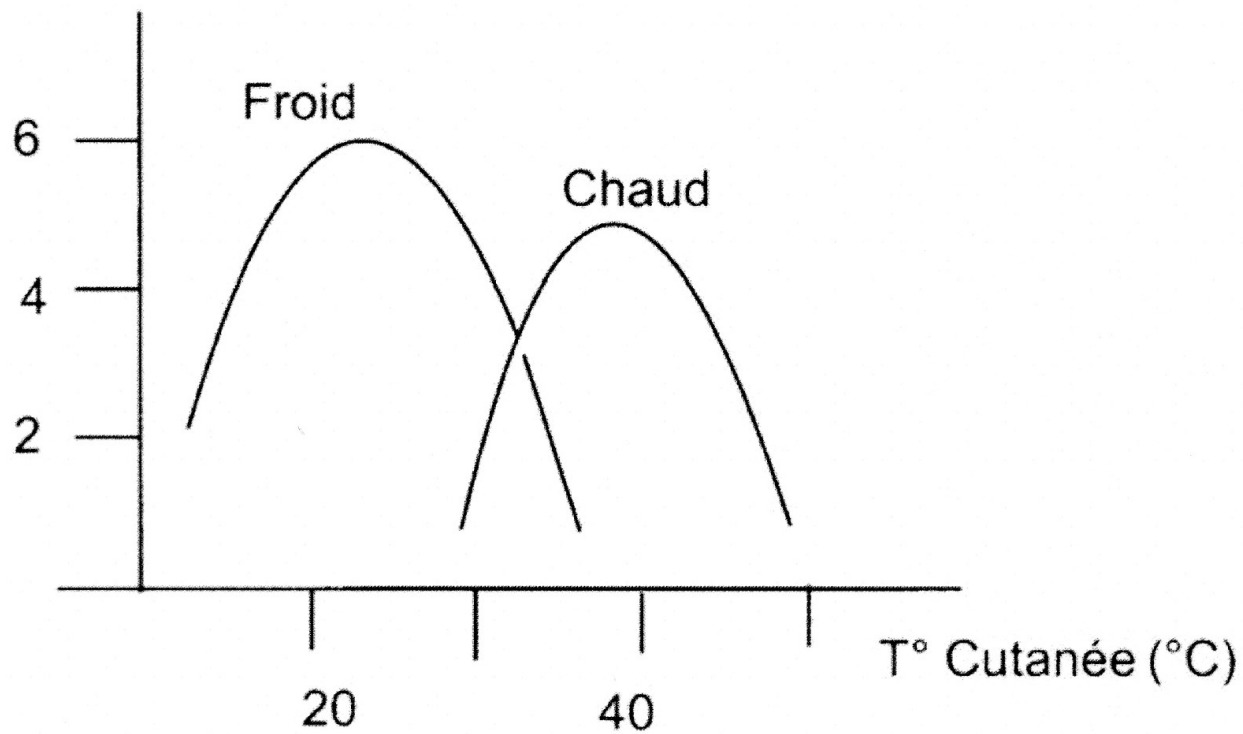
- Le débit sanguin cutané est très variable
 - Transporte la chaleur du noyau à la périphérie (importance du gradient ΔT°)
 - Notion de vasomotricité
 - Vasodilatation
 - Vasoconstriction
 - Régulation de la vasomotricité cutanée
 - Système sympathique
 - Système parasympathique
-

Thermorécepteurs

- Thermorécepteurs cutanés
 - Terminaisons nerveuses libres, sensibles au chaud ou au froid. Réponse en fréquence, réponse aux variations rapides de T°
 - Thermorécepteurs internes, organiques et viscéraux
-

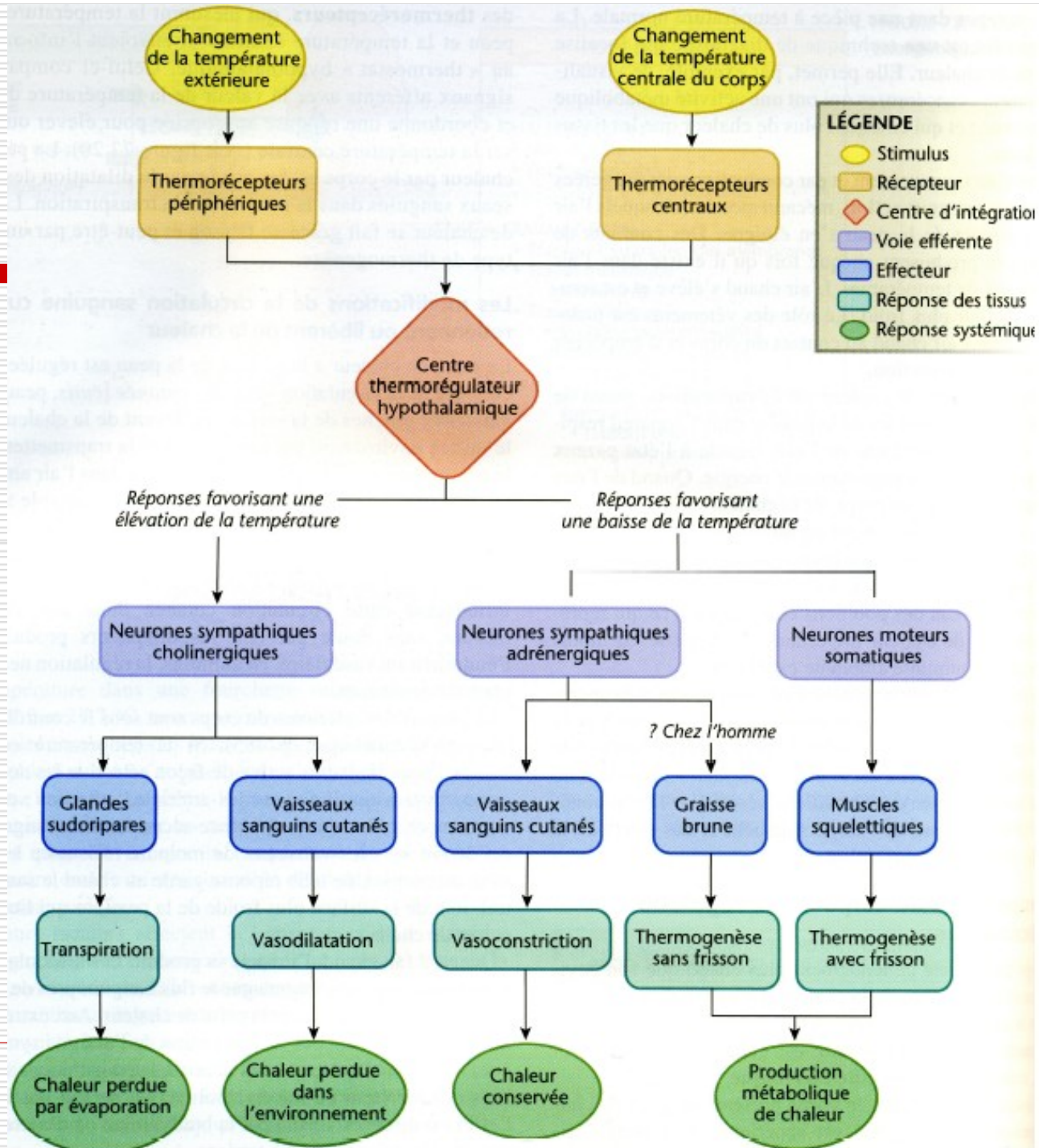
Décharge de récepteurs cutanés au froid et au chaud

Fréquence influx/s



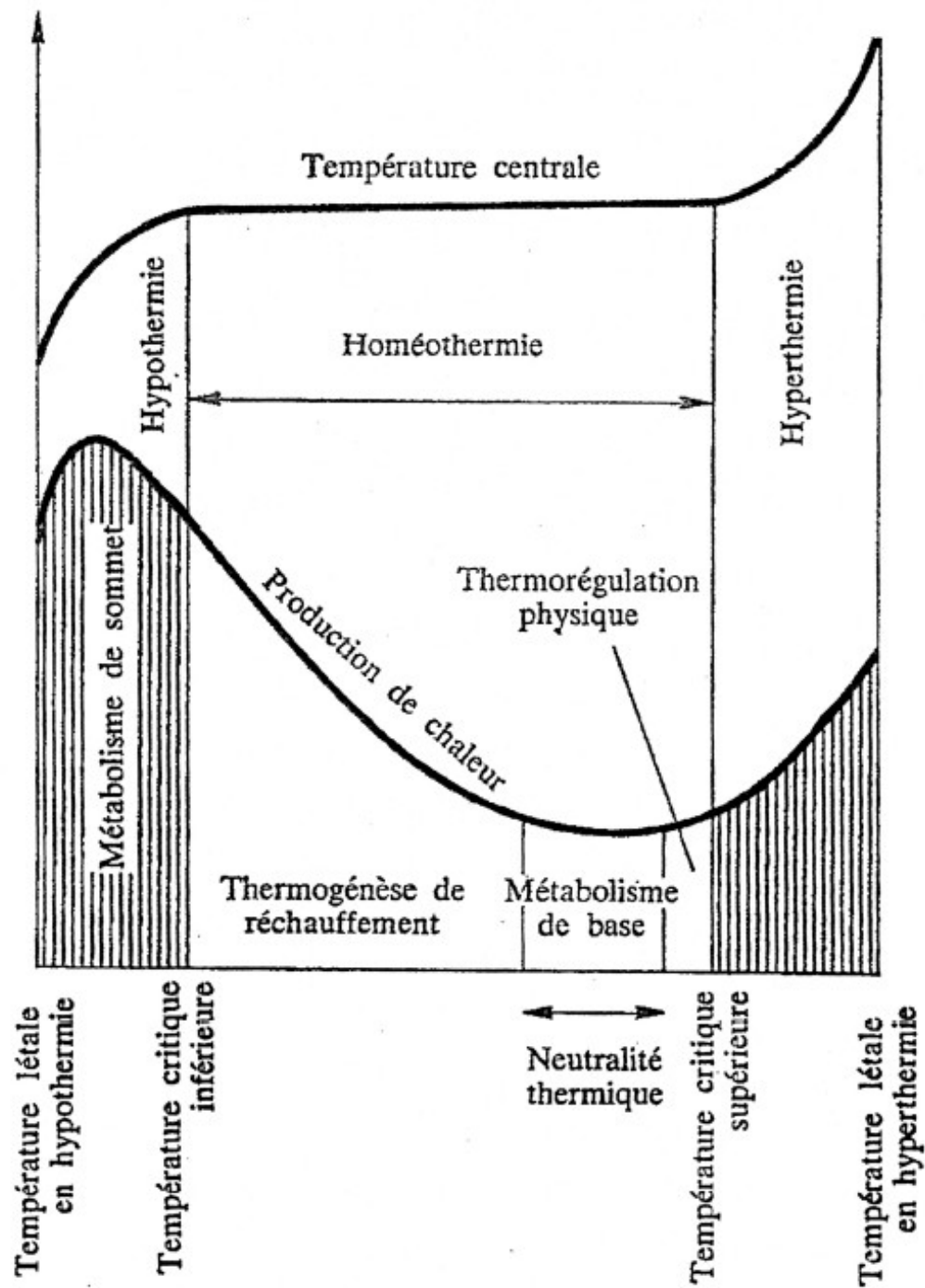
Centres thermorégulateurs

- Hypothalamiques
 - Sensible au chaud, aires pré et supraoptique de l'hypothalamus antérieur. Sa stimulation entraîne polypnée, vasodilatation et sudation
 - Sensible au froid, même situation mais déborde vers l'arrière. Sa stimulation supprime la polypnée, et provoque vasoconstriction et frisson
 - La sensibilité est $< 1^{\circ}\text{C}$
 - Il existe d'autres neurones thermosensibles au niveau du tronc cérébral et de la moelle, plus ou moins actifs selon les espèces
-



Thermogénèse

- ❑ Origine: énergie chimique libérée lors des transformations, en particulier par oxydation. Lipides+++
 - ❑ Lieu de production: tous les tissus, mais muscles+++, tissus adipeux brun+++
 - ❑ Mécanismes de contrôle
 - Hormonal
 - Nerveux
-



Contrôle hormonal 1

□ **Médullo-surrénale**

■ Sécrétion d'adrénaline

- Vasoconstriction
 - Favorise l'oxydation du glucose et la transformation du glycogène hépatique en glucose
 - Déclenche la lipolyse dans les adipocytes
-

Contrôle hormonal 2

□ **Axe hypothalamo-hypophysaire**

- CRF qui induit la sécrétion d'ACTH, pour produire des gluco-corticoïdes
- TRF qui induit la sécrétion d'hormone thyroïdienne, qui va stimuler la thyroïde
- GRH qui induit la sécrétion d'hormone somatotrope

□ **Thyroïde**

Sécrétion de T3, T4 :

- Libération du glycogène hépatique, néoglucogénèse, lipolyse, augmentation des oxydations mitochondriales. Action synergique avec catécholamines
-

Contrôle nerveux 1

- **Système nerveux autonome**
 - **Sympathique (noradrénaline)**
Réactions au froid, Vasoconstriction, pilo-érection, lipolyse et stimulation de l'activité du tissu adipeux brun puis blanc.
 - **Parasympathique (acétylcholine)**
Réactions au chaud, Vasodilatation, sudation (polypnée chez l'animal).
-

Modalités des échanges thermiques 1

□ **Conduction**

Transfert de chaleur par contact. Forte conductivité des métaux (0.97), faible conductivité de l'air (57×10^{-6}), conductivité de l'eau 20x celle de l'air.

□ **Radiation**

Transfert de chaleur par radiation électromagnétique. Chez l'homme spectre infra-rouge moyen, émission et absorption sont maximales pour la peau.

Modalités des échanges thermiques 2

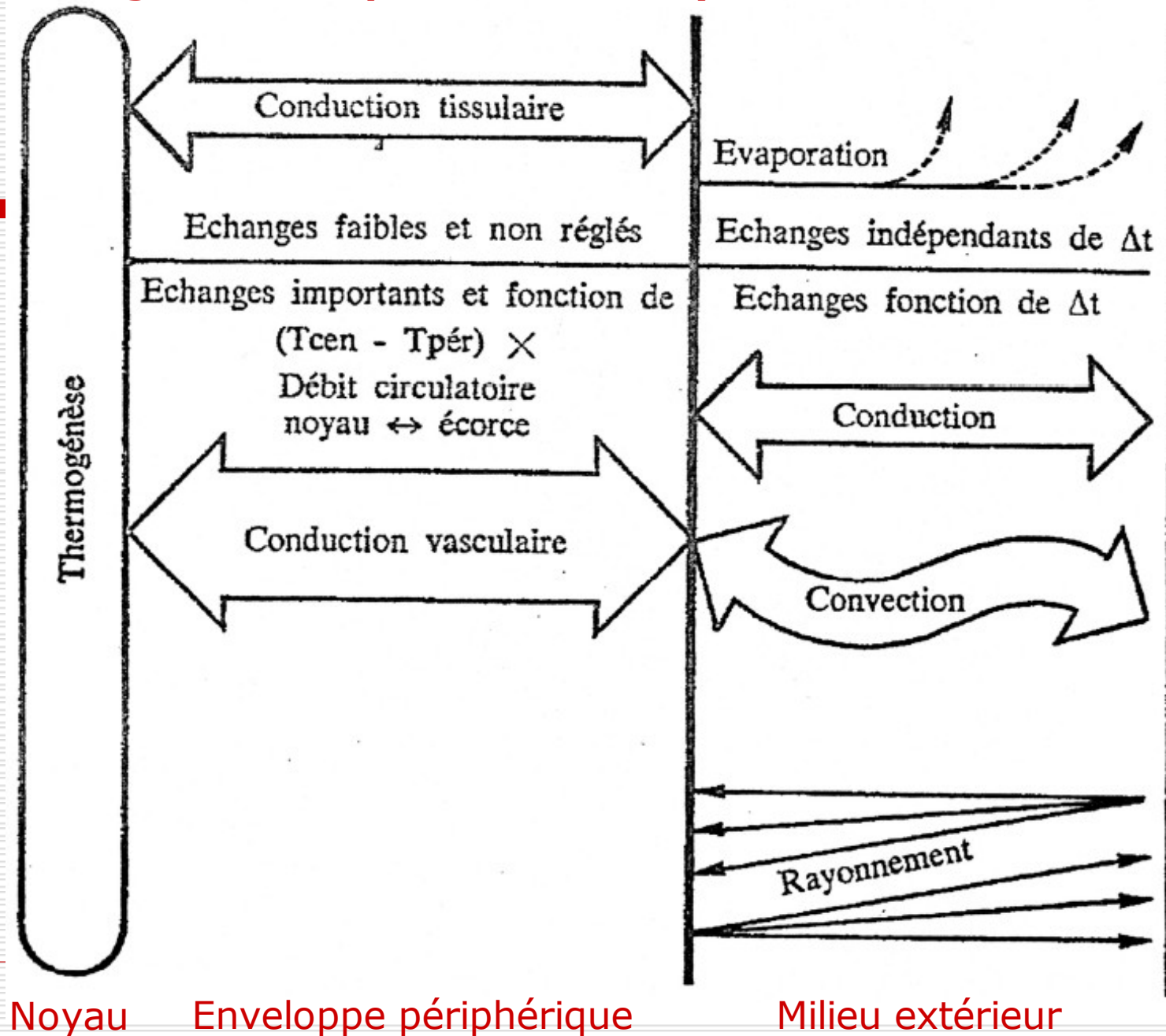
□ **Convection**

Déplacement de chaleur au sein d'un fluide (air), principe du chauffage par Convecteur. Convection forcée, rajoute un débit de fluide (sang).

□ **Evaporation**

Transport de la chaleur par changement d'état (vaporisation de l'eau ou de la sueur), seule la sueur évaporée élimine de la chaleur.

Echanges thermiques entre le noyau et le milieu extérieur



Equations du transport de chaleur du noyau à la peau

□ Conduction physique

$$\dot{K}_{\text{tiss}} \text{ (watts)} = h_{(\text{ktiss})} \times (T_{\text{re}} - T_{\text{cut}})$$

$h_{(\text{ktiss})}$ = conductance thermique tissulaire (5 watts/°C)

□ Convection forcée

$$C_{\text{sang}} \text{ (watts)} = (Q_{\text{cut}} \times c) \times (T_{\text{re}} - T_{\text{cut}})$$

C = chaleur massique du sang (3,8 KJ / L)

□ Conduction + Convection

$$K_{\text{tiss}} + C_{\text{sang}} = (h_{(\text{ktiss})} + Q_{\text{cut}} \times c) \times (T_{\text{re}} - T_{\text{cut}})$$

Equations des échanges de chaleur avec l'environnement

□ Conduction

$$K \text{ (watts)} = h_{(k)} \times (T_{\text{cut}} - T_g)$$

□ Radiation + Convection (Loi de Newton)

$$R+C \text{ (watts)} = h_{(R+C)} \times (T_{\text{cut}} - T_g)$$

□ Evaporation

$$E \text{ (watts)} = h_{(E)} \times (T_{\text{cut}} - T_e)$$

$h_{(E)}$ = conductance évaporatoire T_e = température évaporative

A l'équilibre :

chaleur produite =

chaleur transportée = chaleur dissipée

$$M (- W_{\text{mec}} \pm S) = (h_{(\text{ktiss})} + Q_{\text{cut}} \times c) \times (T_{\text{re}} - T_{\text{cut}})$$

$$= K + (R+C) + E$$

K et (R+C) peuvent être + ou -

E est toujours -

Réactions Thermorégulatrices Physiologiques

- Vasomotricité
 - Sudation
 - Frisson thermique
-

Vasomotricité

- ❑ La vasomotricité cutanée assure le transport de la chaleur du noyau vers la périphérie et maintient le gradient de température indispensable ($T^{\circ}_{\text{rec}} - T^{\circ}_{\text{cut}}$)
 - ❑ Notion de température de neutralité thermique
 - ❑ Vasodilatation
 - ❑ Vasoconstriction
-

Sudation

- Différente de la perspiration insensible (30g d'eau/h)
- Stimulation des glandes sudoripares par le système parasymphathique cholinergique
- Sueur = eau + électrolytes
- Débit sudoral max ~ 1.7L/h
- Important pour les échanges de chaleur, seule la vaporisation de la sueur compte
- Importance de Température et Hygrométrie
- Risque : déshydratation +++

Frisson Thermique

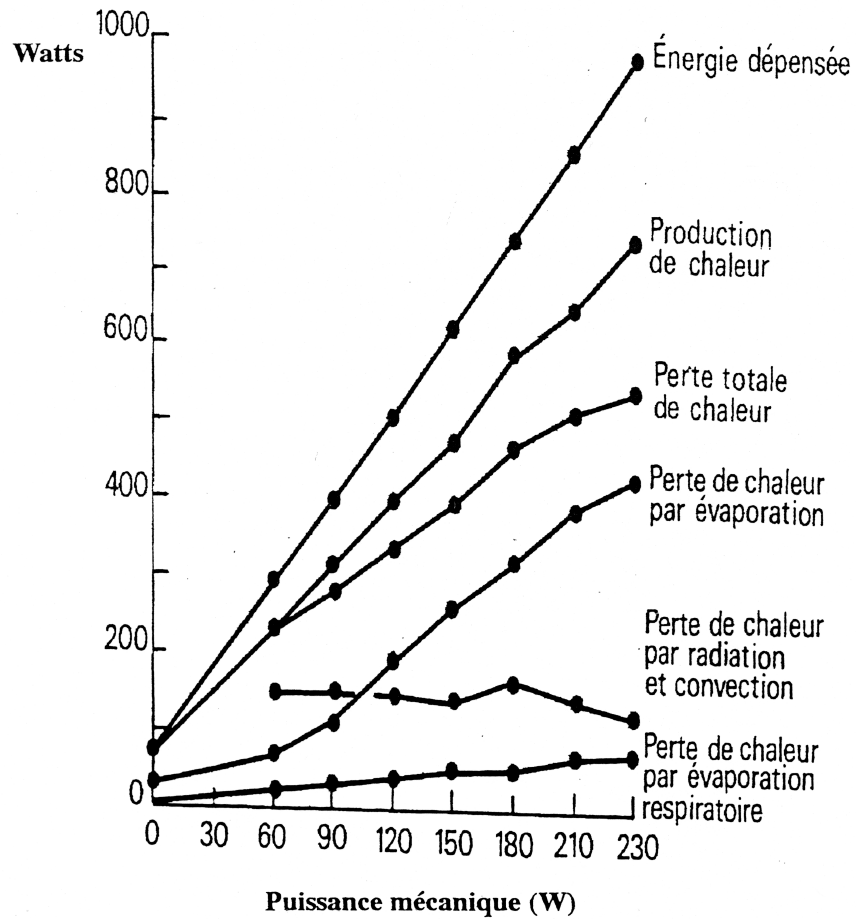
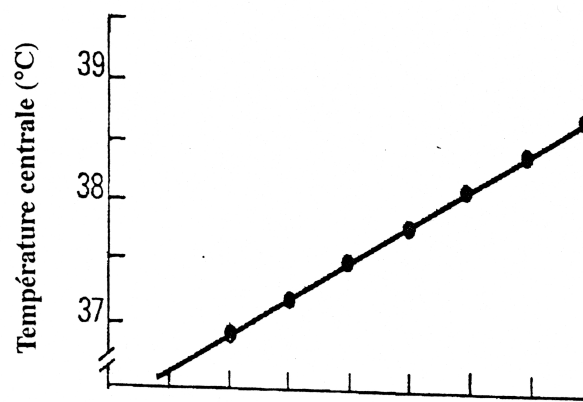
- ❑ Commande motrice extra-pyramidale
 - ❑ Secousses musculaires cloniques (5-10Hz)
 - ❑ Contraction musculaire = dégagement de chaleur
 - ❑ Production de chaleur max = 5xdépense de fond
 - ❑ Epuisement rapide (3-5 h)
-

Réactions thermorégulatrices comportementales

- Position
 - Vêtements
 - Habitat
 - Nourriture
 - Exercice
-

Variations Physiologiques de la Température

- Variation circadienne (1°C)
 - Cycle hormonal ($+0.5^{\circ}$ phase progestative)
 - Exercice musculaire
 - Thermogénèse post-prandiale (ADS)
 - Nouveau-né, nourrisson
-



Conditions extra-physiologiques

- ❑ Fièvre
 - ❑ Hyperthermie
 - ❑ Hypothermie
 - ❑ Thermorégulation en milieu conducteur
 - ❑ Adaptation
-

