

Hypothermie

Que se passe-t-il dans nos cellules ?

Conséquences physiologiques et physiopathologiques

Dr Thierry Fumeaux – Hôpital de Nyon

PLAN

1- Physiologie : régulation de la température corporelle

2- Physiopathologie : conséquences cellulaires de l'hypothermie

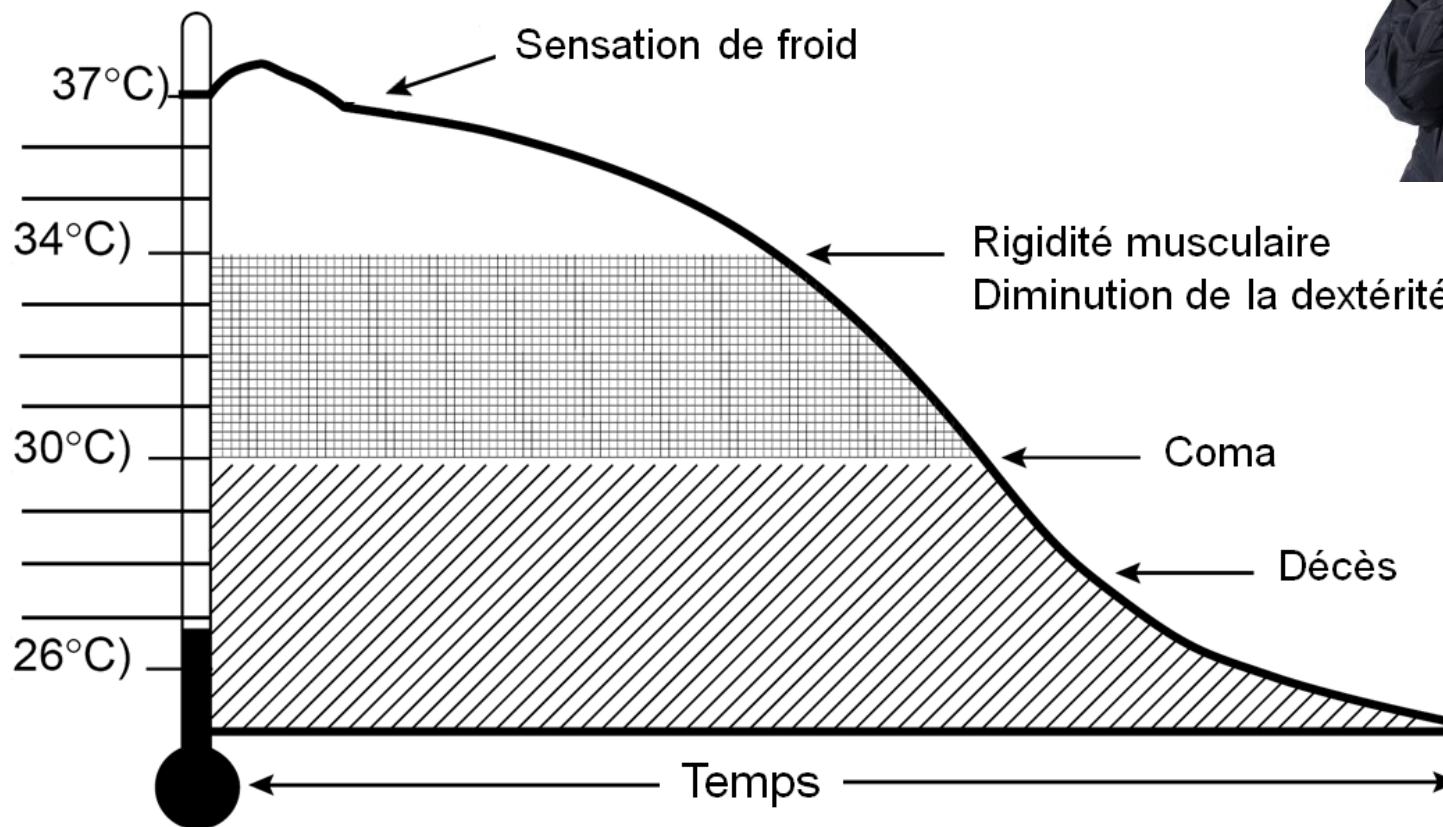
3- Physiopathologie : conséquences fonctionnelles systémiques de l'hypothermie

4- Conclusions

HYPOTHERMIE

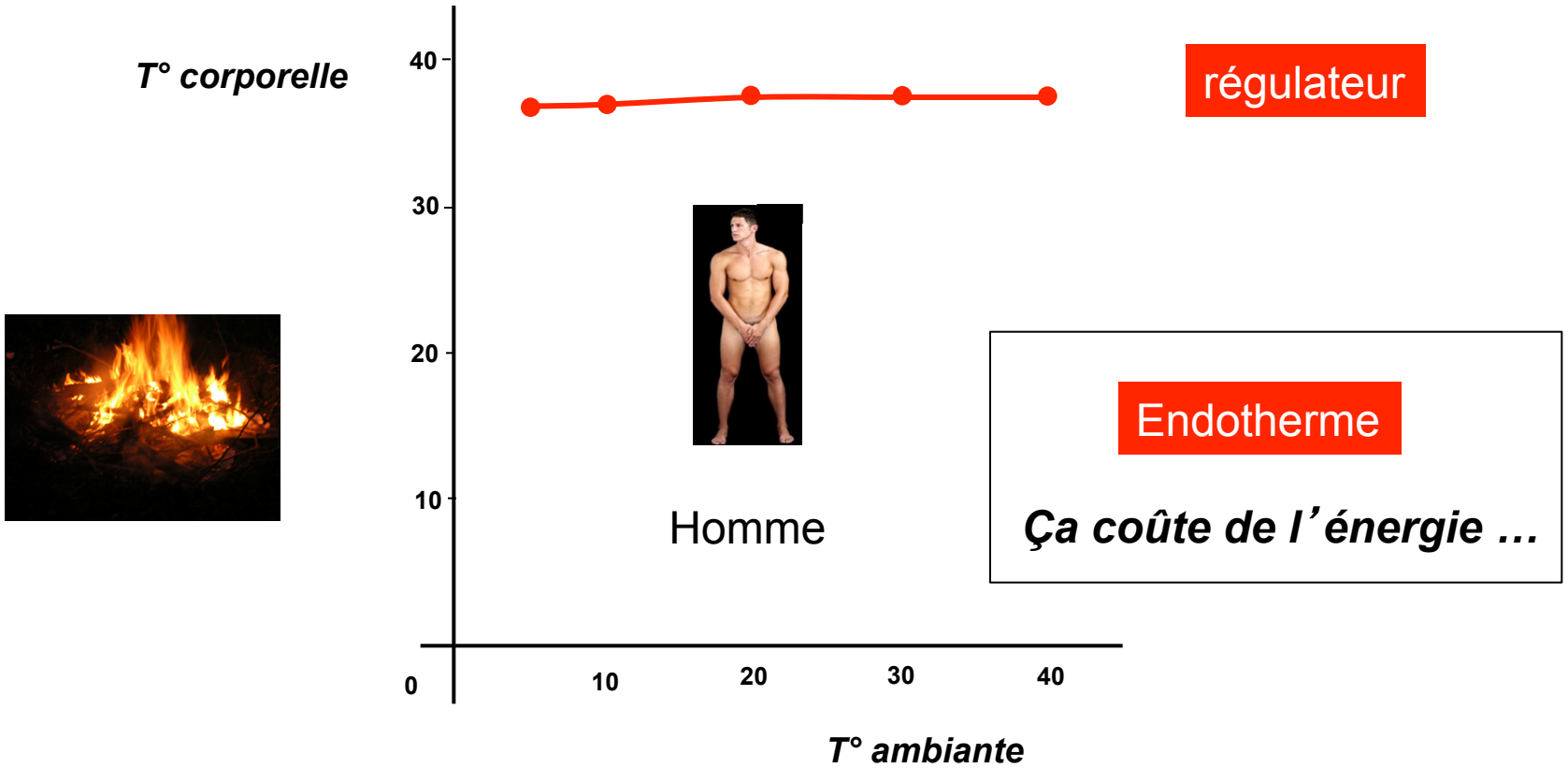


Comment éviter d'en arriver là ?





PHYSIOLOGIE DE LA REGULATION THERMIQUE

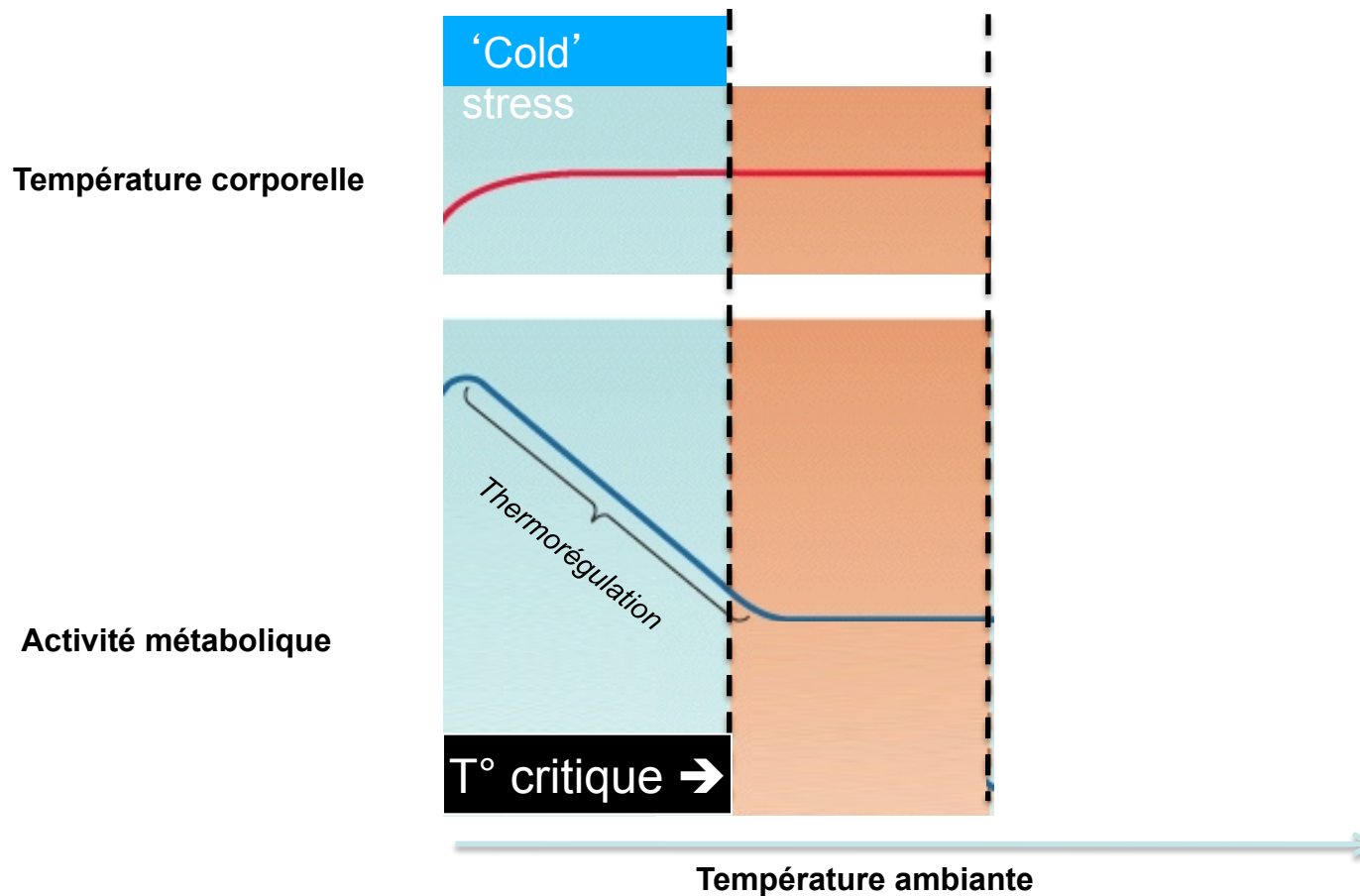


L'homme est un régulateur **endotherme**

LA ZONE THERMALE NEUTRE



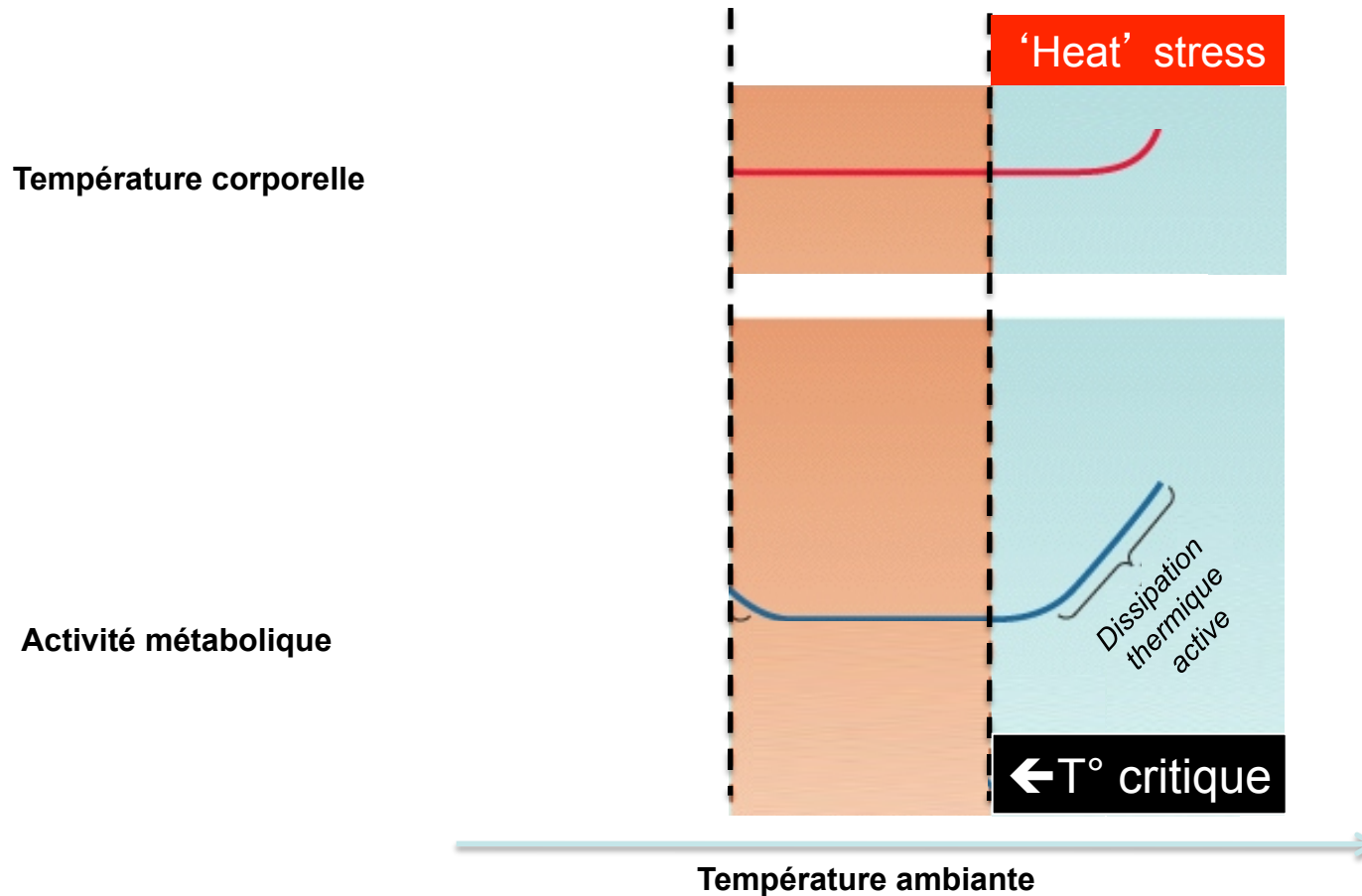
Zone de température ambiante où la thermorégulation n'est pas activée



LA ZONE THERMALE NEUTRE



Zone de température ambiante où la thermorégulation n'est pas activée



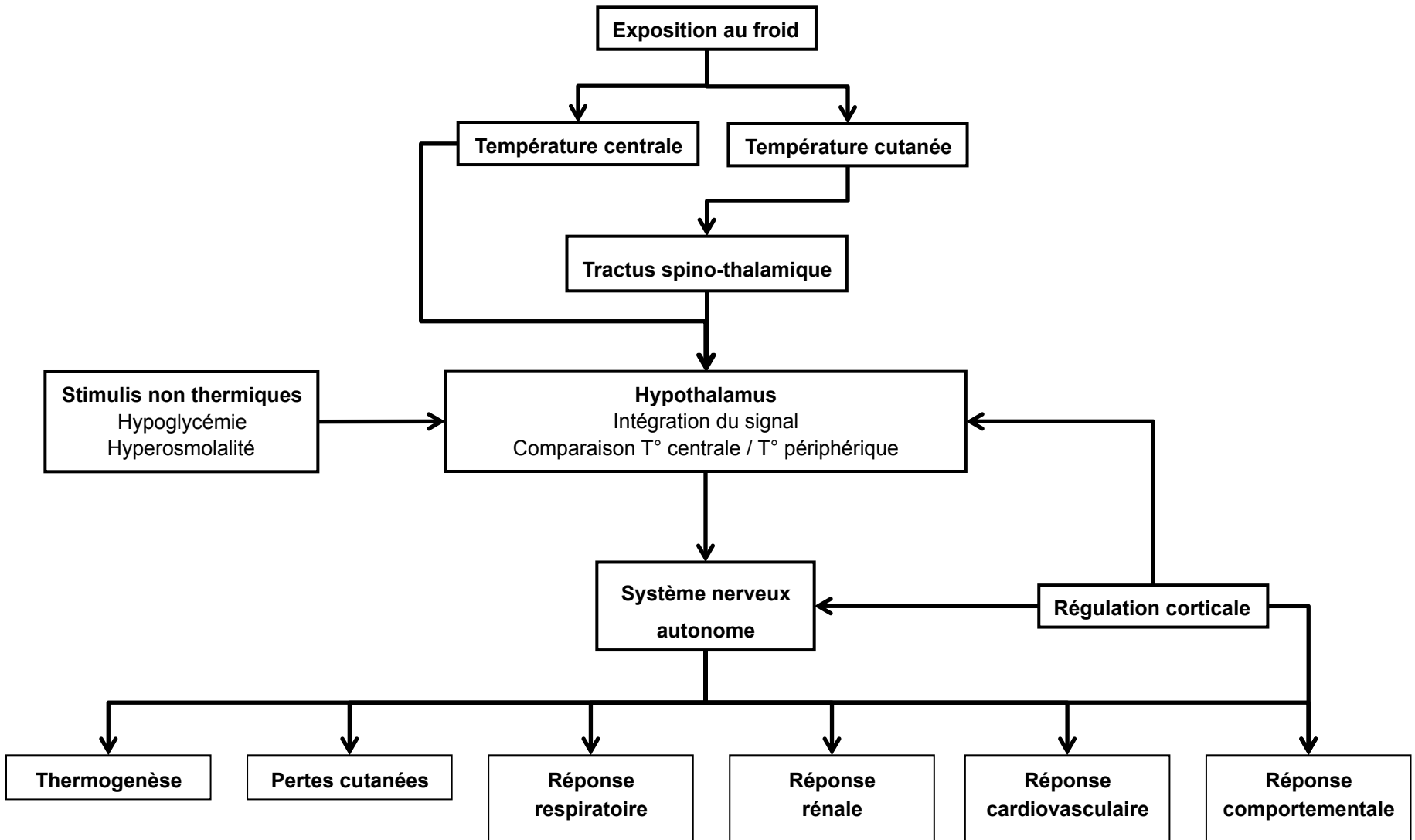
LA ZONE THERMALE NEUTRE



Quelques exemples :

- homme : 25 à 27 °C
- phoque : -7 à 23 °C
- renard arctique : < -40 à 25 °C
- pingouins : - 20 à 20 ° C

PHYSIOLOGIE DE LA REGULATION THERMIQUE





RECEPTEURS THERMIQUES



Fibres nerveuses terminales :

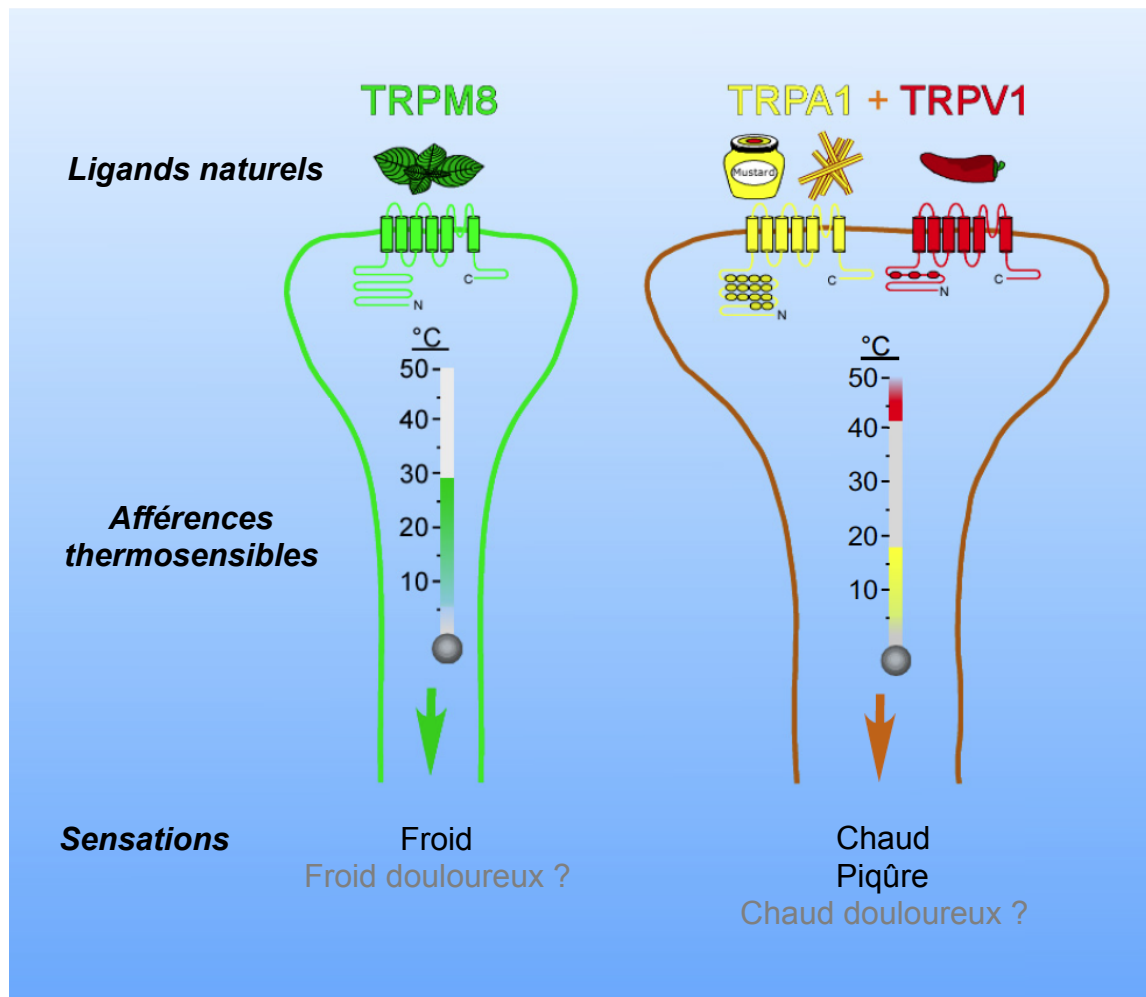
- sensibles au froid / chaud
- récepteurs 'froids' : canaux cationiques thermosensibles de type 'TRP'

TRPM8 : sensibles au froid ($< 26\text{ }^{\circ}\text{C}$) /menthol → froid

TRPA I : sensibles au froid → douleur



RECEPTEURS THERMIQUES

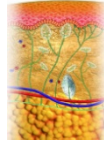


RECEPTEURS THERMIQUES

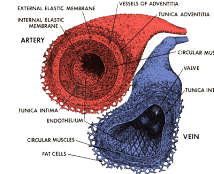


Localisation :

- peau



- vaisseaux sanguins (artères carotides)



- organes profonds



- muscles squelettiques



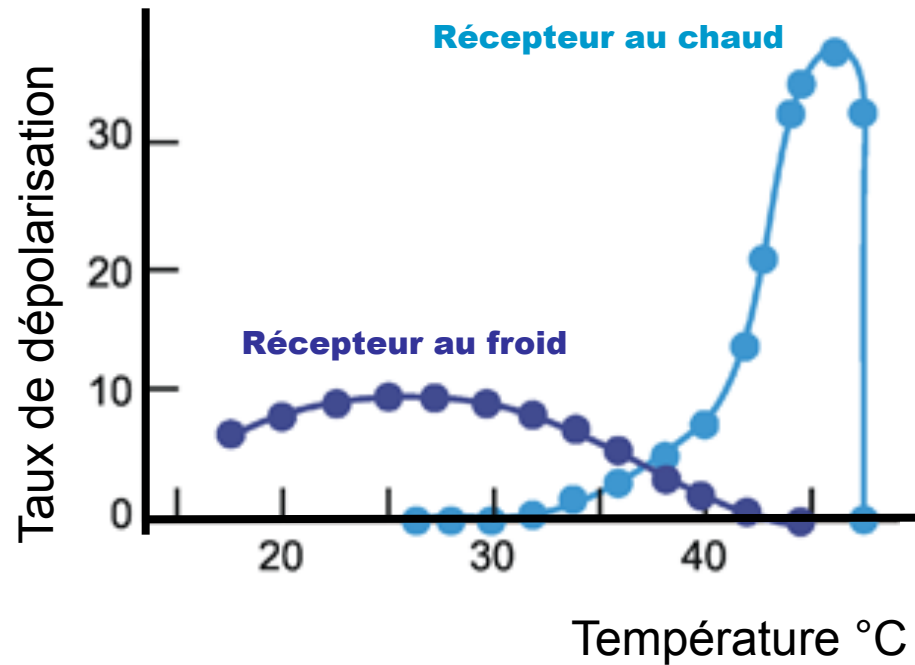
- SNC (mésencéphale, medulla oblongata, hypothalamus)





RECEPTEURS THERMIQUES

Réponse aux variations de températures : 'firing' rate des neurones



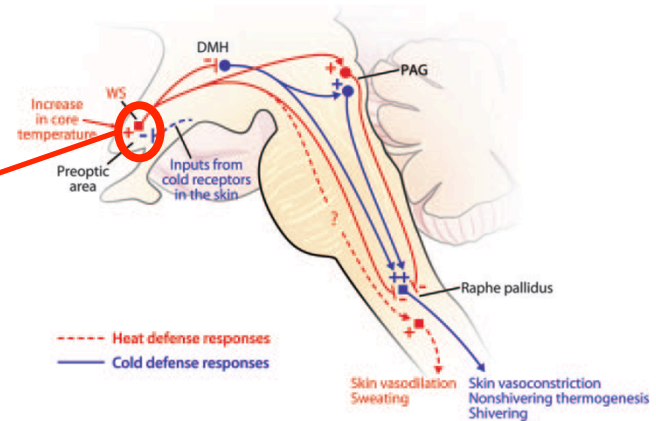
REGULATION CENTRALE DE LA TEMPERATURE



Thermoregulation

Recent concepts and remaining questions

Aire pré-optique



Neurones sensibles à la chaleur : spontanément actifs (courant K)

Neurones sensibles au froid :

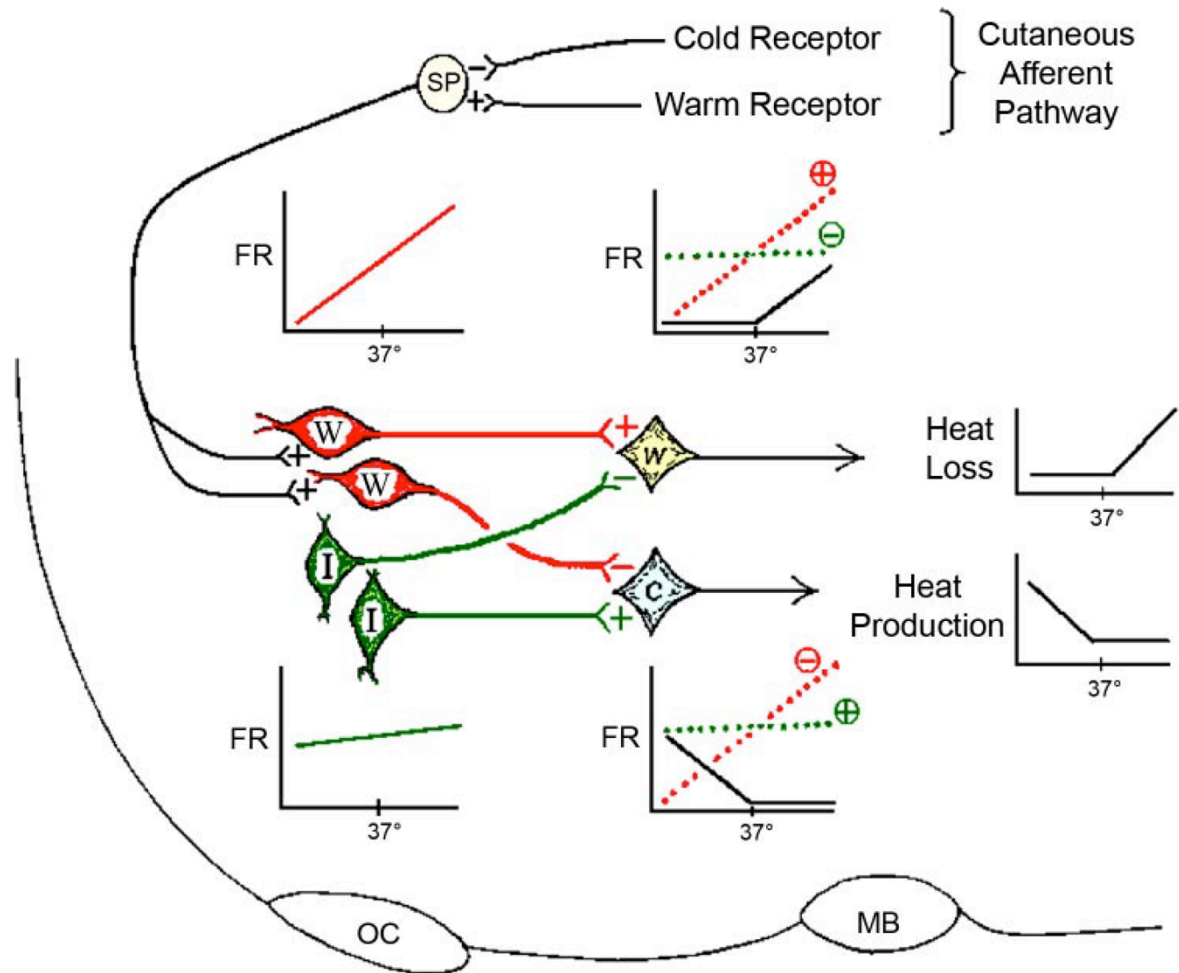
Neurones insensibles à la température : spontanément actifs, inhibiteurs

neurons.² According to the “set-point” model, WS neurons activate heat-loss effector neurons and inhibit heat-gain effector neurons, whereas temperature-insensitive neurons inhibit heat-loss and activate heat-gain effector neurons. These two opposing influences would counterbalance at a core temperature “set point” of 37 °C. At higher temperatures, the increased firing of WS neurons would elicit a net excitation of heat-loss effector neurons, whereas at temperatures below 37 °C, the inhibitory influence of WS neurons on heat-production neurons would progressively decrease, triggering cold-defense responses.² However, the “set-point” mechanism of hypothalamic thermosensitivity continues to be disputed.¹⁴ Core temperature may fluctuate slightly but is maintained within a relatively narrow zone (within 0.2 to 0.5 °C) by adjustments of skin vasomotor responses; only larger fluctuations of core temperature above or below certain threshold zones activate sweating or shivering responses, respectively.⁴

REGULATION CENTRALE DE LA TEMPERATURE



BASIS OF HAMMEL'S NEURONAL MODEL



PHYSIOLOGIE DE LA REGULATION THERMIQUE



THERMOGENESE

Exercice ou shivering

Tonus musculaire
involontaire

Métabolisme basal élevé

Fièvre

Thermogénèse induite
par les aliments

Thermogénèse basale

Glucides

Lipides

Protides

PERTE DE CHALEUR

Transpiration

↑ Flux sanguin cutané

Modification du gradient
de température

Froid ambiant

↓ Habillement

↑ Surface
radiante

↑ mouvement
d'air

Perte de chaleur basale

Convection

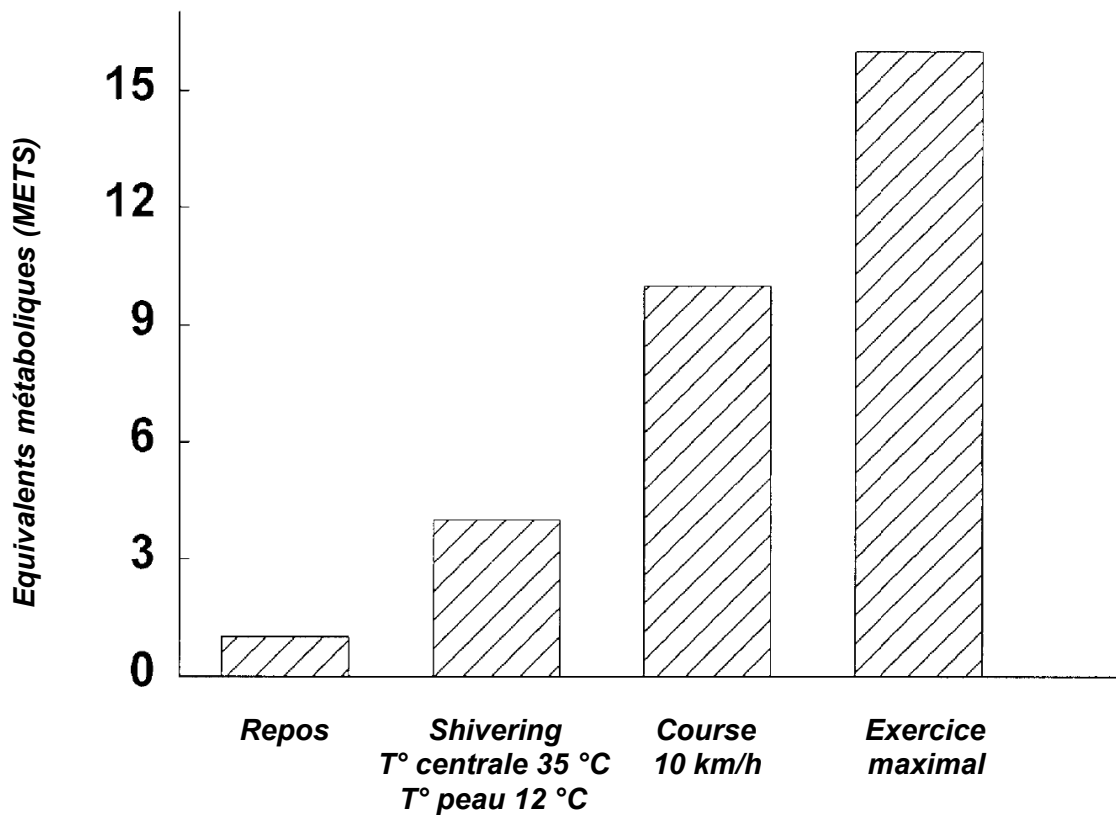
Radiation

Vaporisat.

THERMOGENESE INDUITE PAR LE FROID



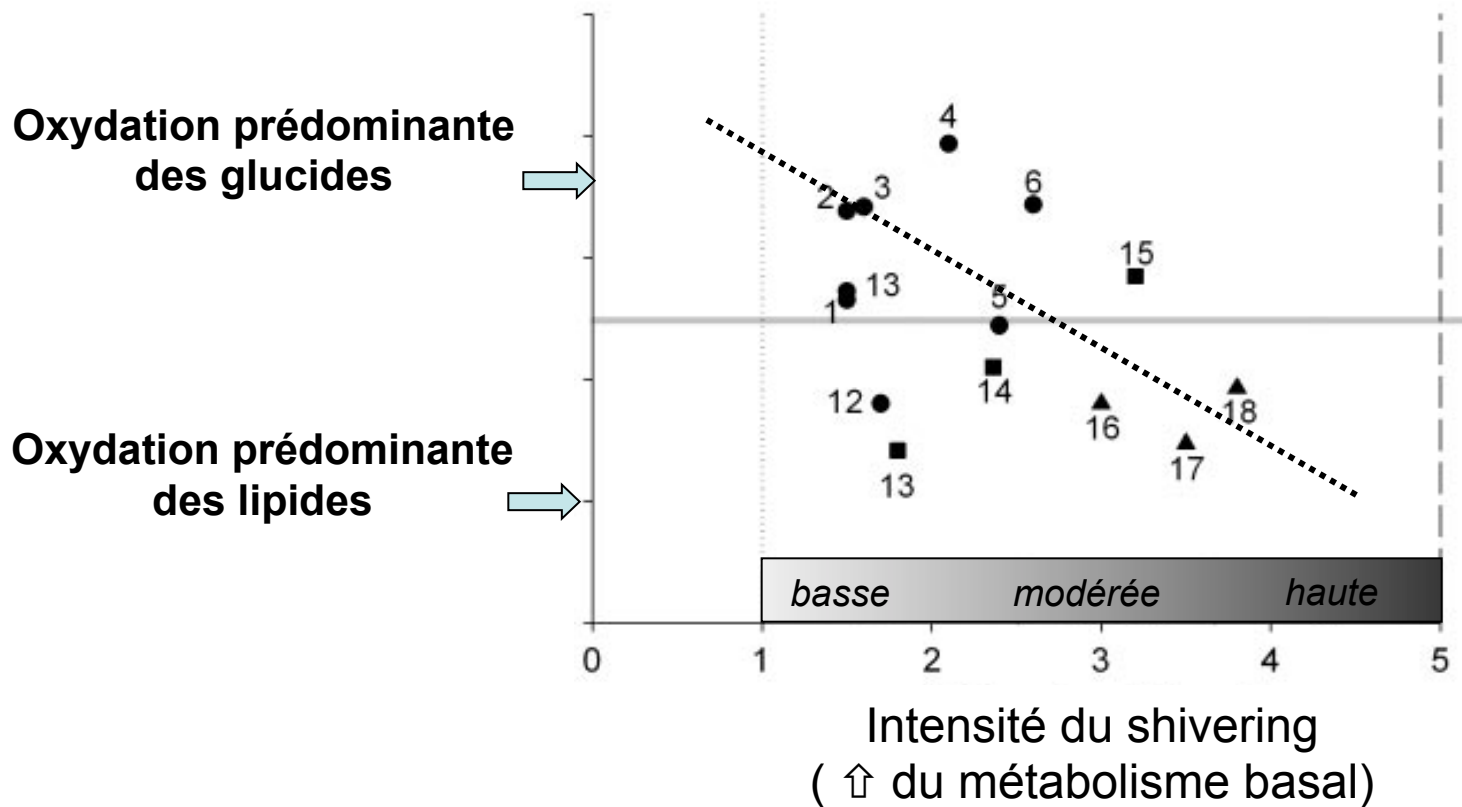
Shivering = production de chaleur



THERMOGENESE INDUITE PAR LE FROID



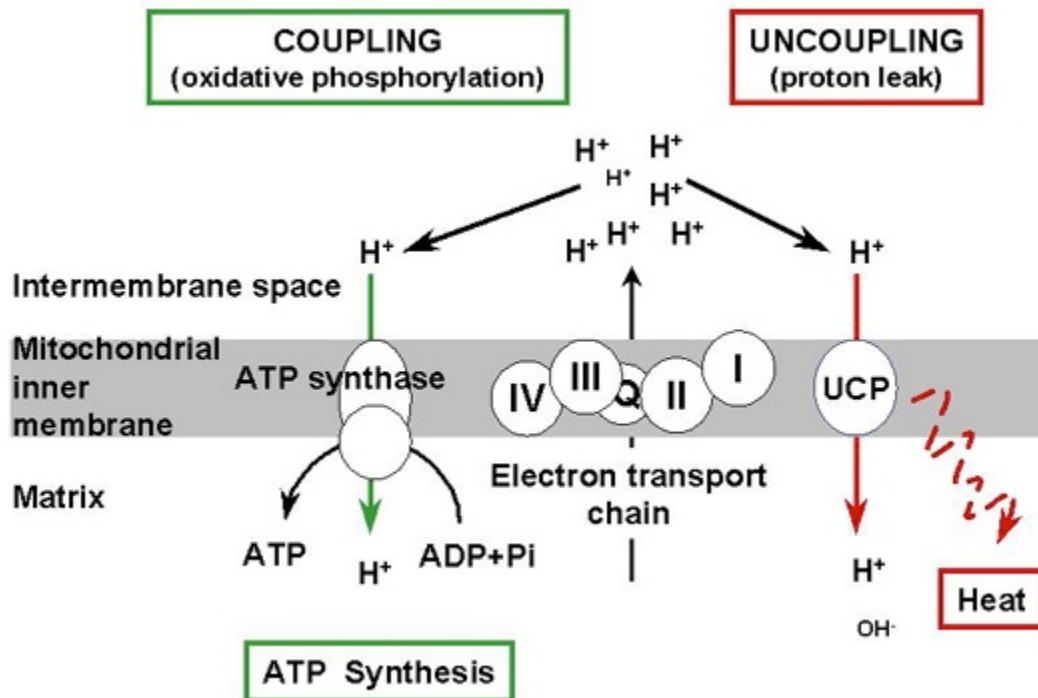
Thermogénèse musculaire induite : métabolisme



THERMOGENESE INDUITE PAR LE FROID



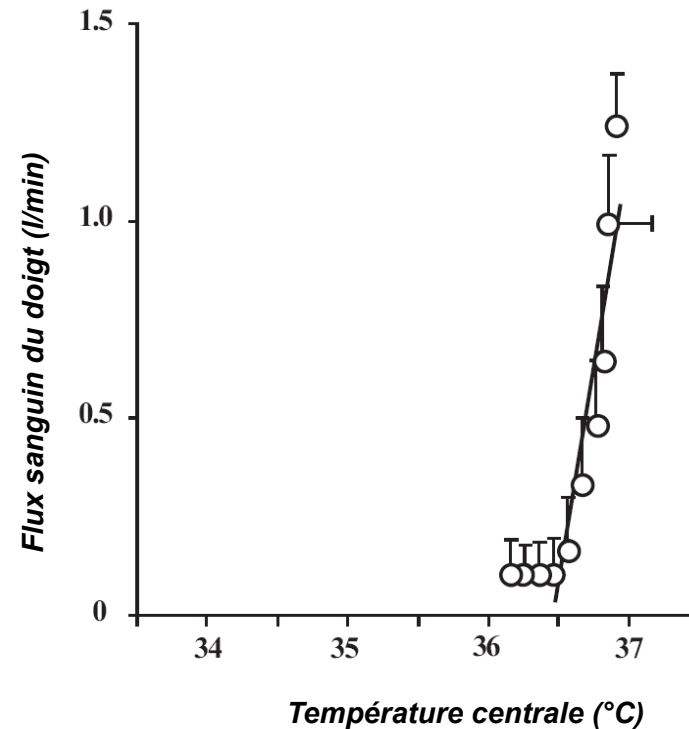
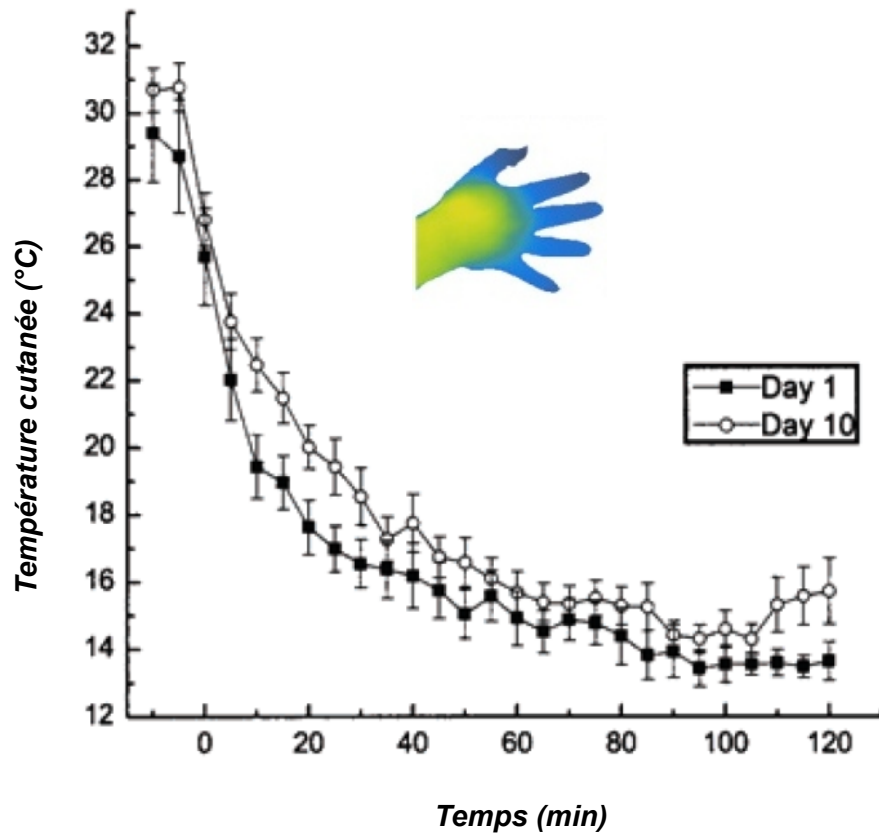
Thermogénèse non musculaire : métabolisme



REGULATION DES PERTES THERMIQUES



Vasoconstriction cutanée induite par l'exposition au froid



CONSEQUENCES CELLULAIRES DU FROID

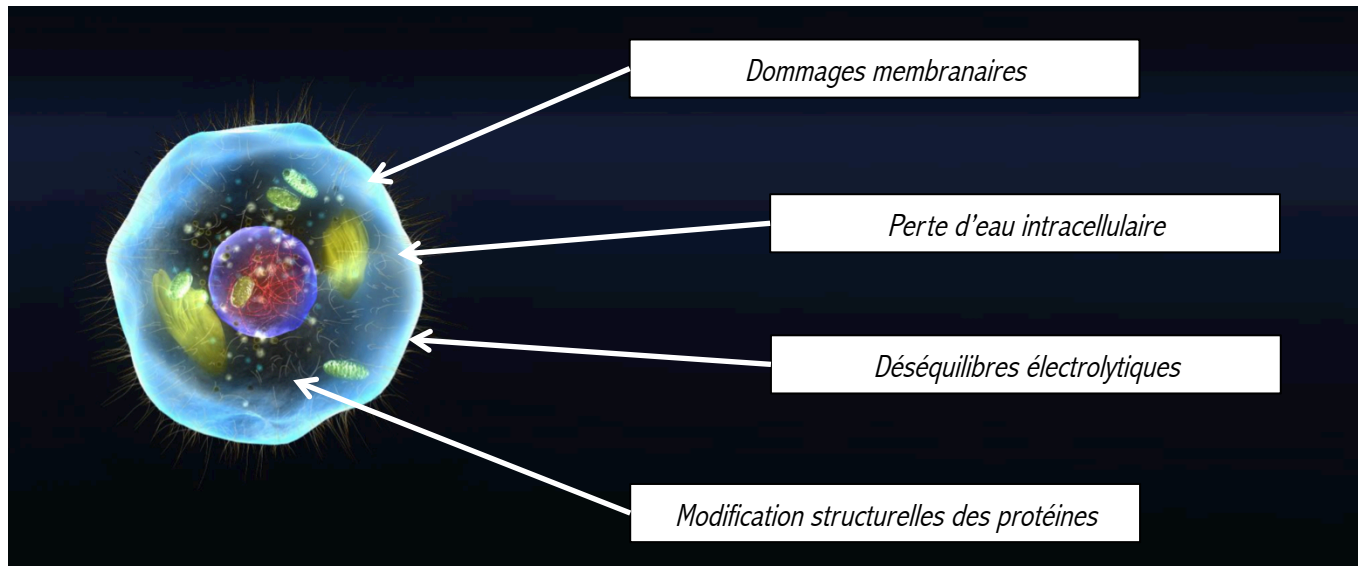


Altération des fonctions de base

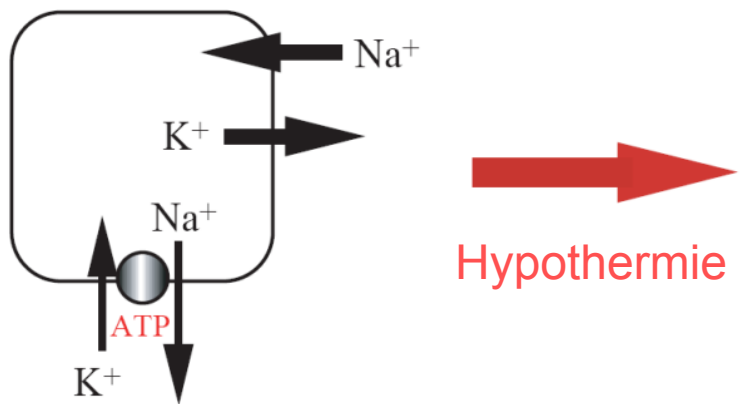
Cristallisation de l'eau extracellulaire +/- de l'eau intracellulaire

Augmentation du volume extracellulaire

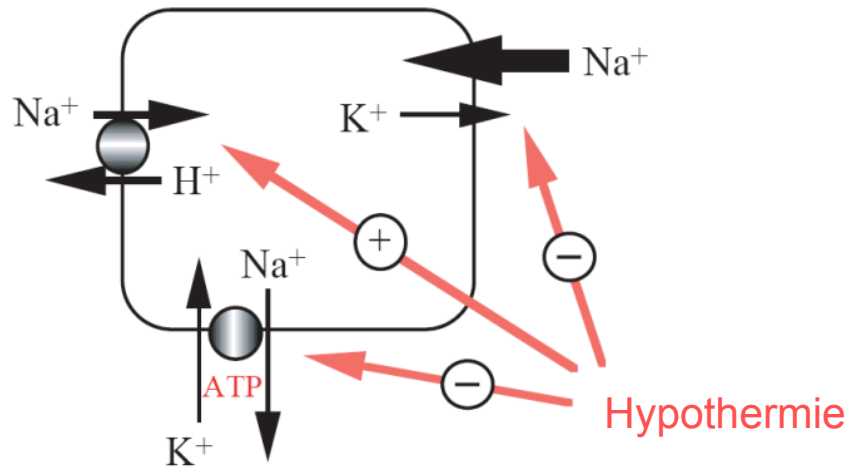
Dysfonction cellulaire → mort cellulaire



TROUBLES ELECTROLYTIQUES CELLULAIRES



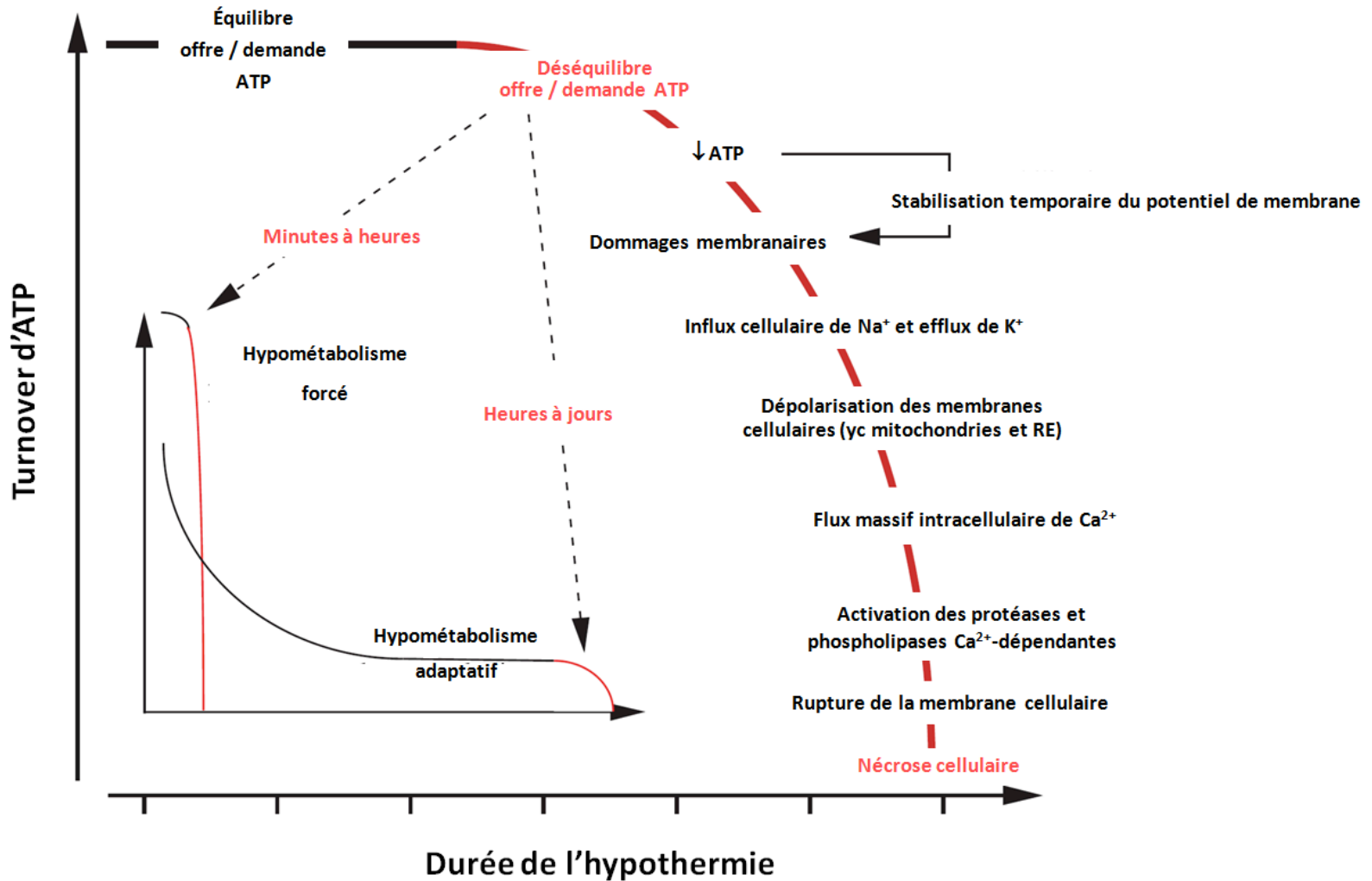
OEDEME INTRACELLULAIRE



Influx net de sodium



METABOLISME ENERGETIQUE CELLULAIRE



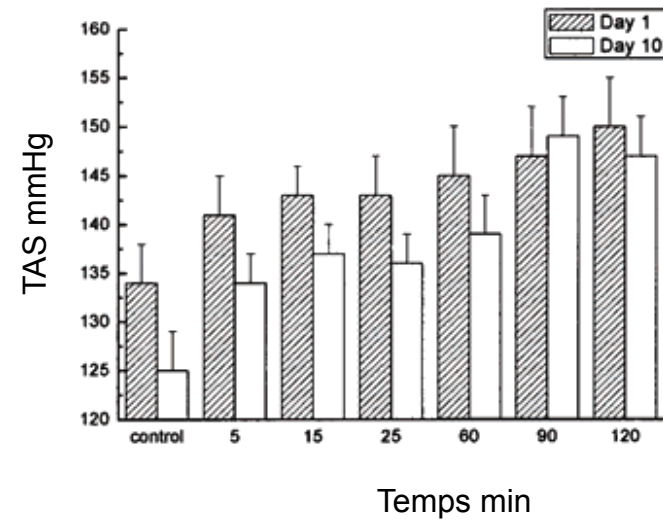
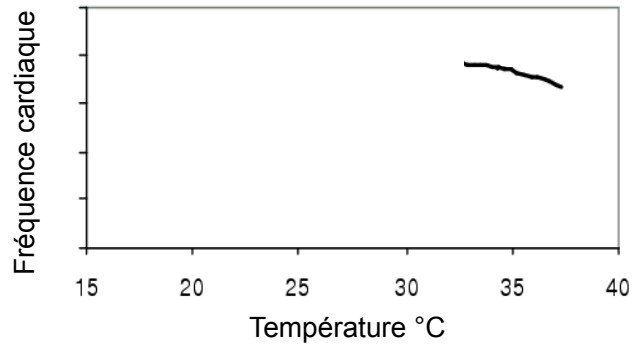
REPONSE CARDIOVASCULAIRE



Hypothermie légère : stimulation sympathique

→ vasoconstriction cutanée → ↑ post-charge cardiaque : ↑ TA

→ tachycardie

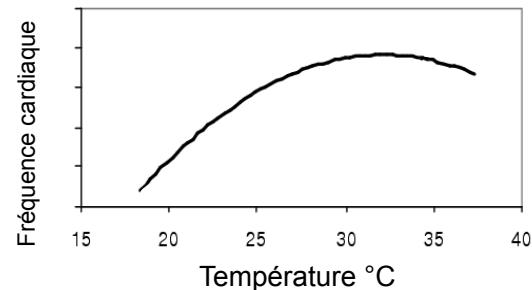


REPONSE CARDIOVASCULAIRE



Hypothermie modérée :

→ dépression myocardique et bradycardie : baisse du débit cardiaque



→ hypotension et insuffisance circulatoire

Hypothermie sévère :

- hypovolémie et ↑↑ hématoците
- troubles du rythme ventriculaire → FV



REPONSE RESPIRATOIRE



Hypothermie légère :

→ tachypnée (mais réponse variable individuellement)

Hypothermie modérée :

- ↓ fréquence respiratoire : 30 °C : ≈ 8 / min

- dispersion du rapport VA/Q → ↑ espace mort physiologique

⇒ hypoventilation alvéolaire

→ hypercapnie et hypoxémie

Hypothermie sévère :

- bradypnée sévère

- parésie diaphragmatique

→ hypoventilation alvéolaire sévère NON COMPENSEE



REPONSE RENALE



Hypothermie légère : diurèse induite par le froid (cold-diuresis)

- ↑ du débit sanguin du rein, secondaire à la vasoconstriction cutanée
- ↓ sécrétion de l'ADH, secondaire à l' hypervolémie
- ↓ capacité de réabsorption tubulaire du rein

Hypothermie sévère :

- ↓ débit rénal → ↑ vasoconstriction artériolaire rénale
⇒ ↓ taux de filtration glomérulaire

REPONSE GASTROINTESTINALE



Diminution du tonus et de l'activité des muscles lisses :

→ ralentissement du transit

- dilatation gastrique

- dilatation colique

Diminution des sécrétions gastro-intestinales

Diminution de la perfusion splanchnique (sélective et lié à la diminution du DC)

Apparition de lésions hémorragiques de la muqueuse gastrique (Wischnevsky)

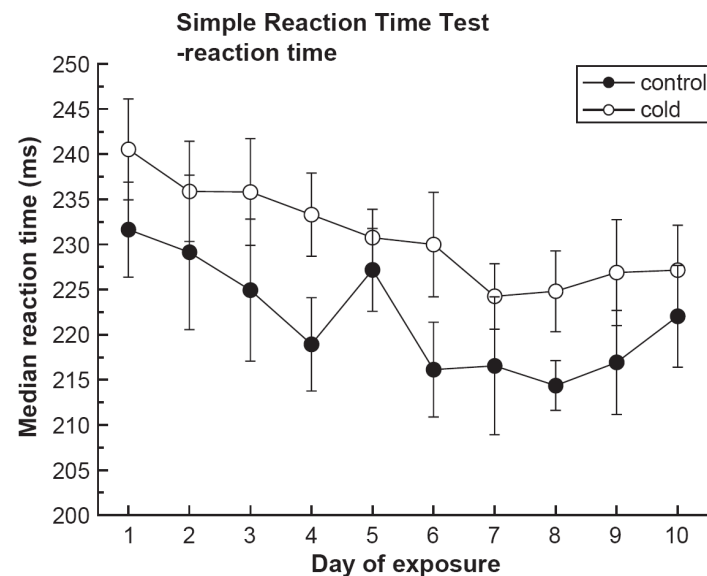
Diminution de la fonction hépatique (inactivation enzymatique induite par T°)

REPONSE NEUROLOGIQUE



Effet du froid sur les performances cognitives :

- ↓ vigilance
- ↓ mémoire
- ↓ capacité de raisonnement
- ↓ intelligence générale
- ↓ temps de réaction



Conséquences :

- erreurs / lenteur



CONCLUSIONS



Lors d'exposition au froid, l'organisme met en place des mécanismes de défense efficaces

La persistance de l'exposition au froid conduit à l'hypothermie

La prise en charge de l'hypothermie nécessite la compréhension :

- des mécanismes d'adaptation physiologiques normaux au froid
- des mécanismes de dysfonctions et lésions cellulaires liée au froid
- des réponses systémiques normales et pathologiques au froid