

# *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

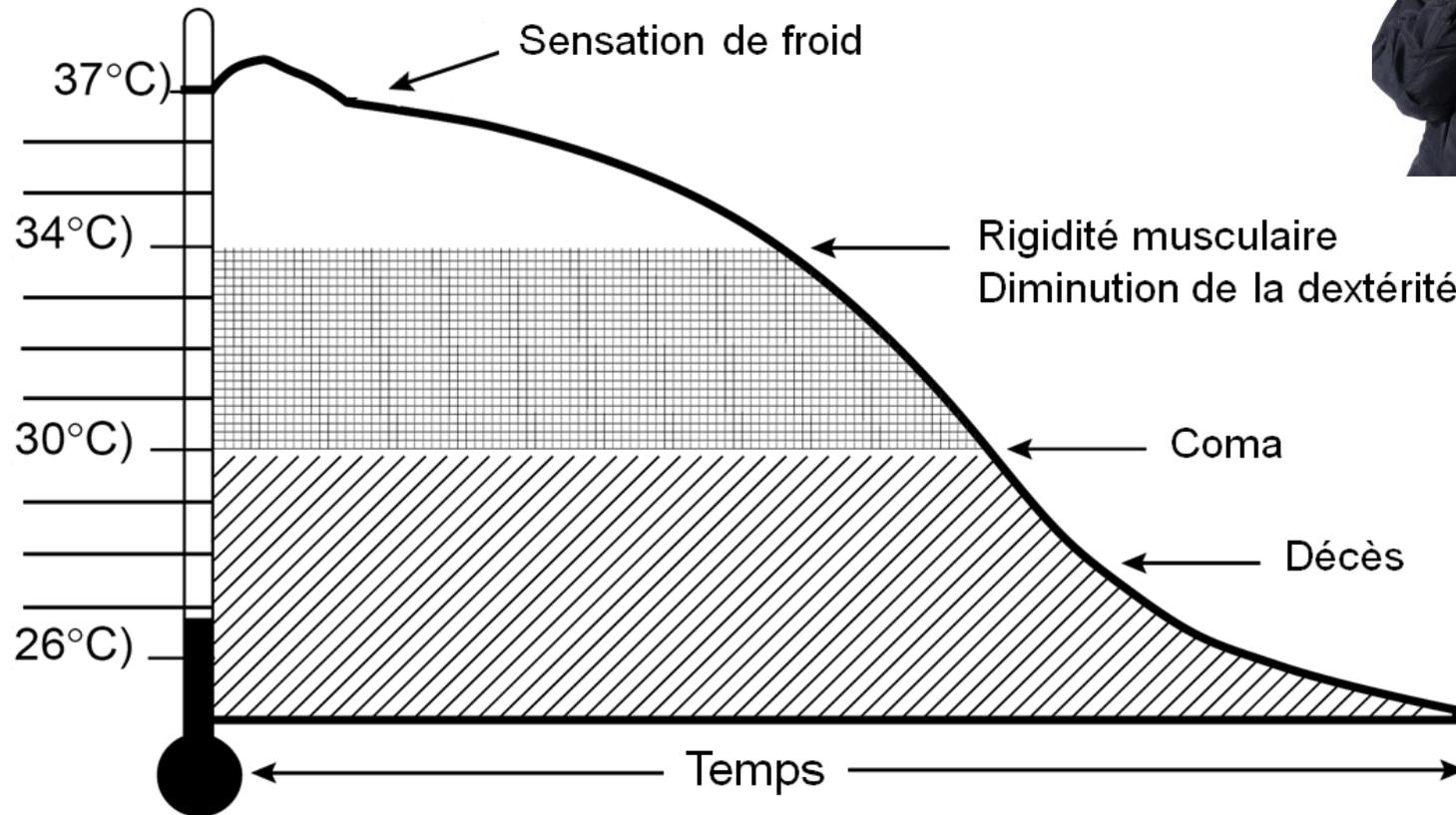
3- Physiopathologie : conséquences fonctionnelles systémiques de l'hypothermie

4- Conclusions



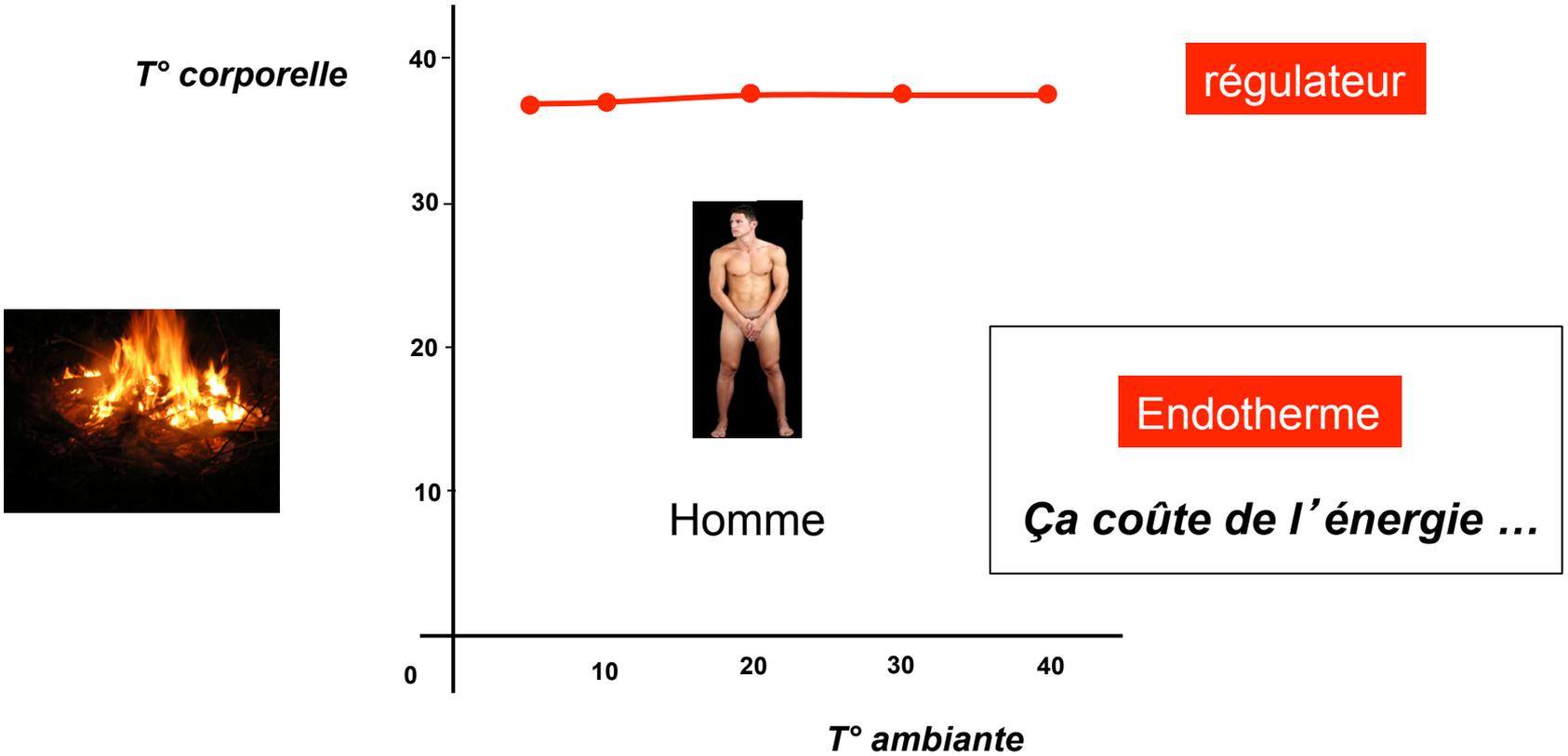
# HYPOTHERMIE

*Comment éviter d'en arriver là ?*





# PHYSIOLOGIE DE LA REGULATION THERMIQUE

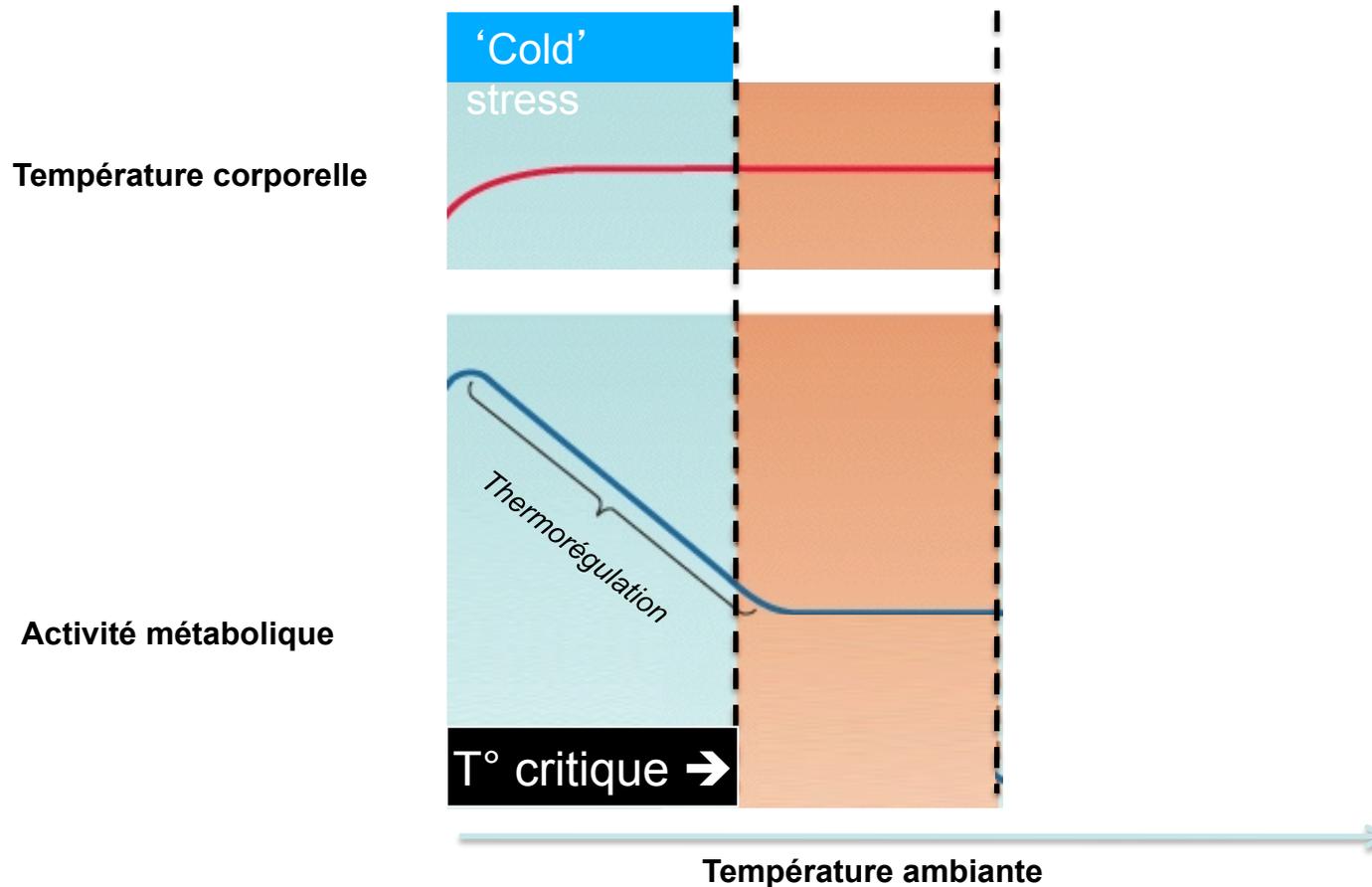


L'homme est un régulateur **endotherme**

# LA ZONE THERMALE NEUTRE



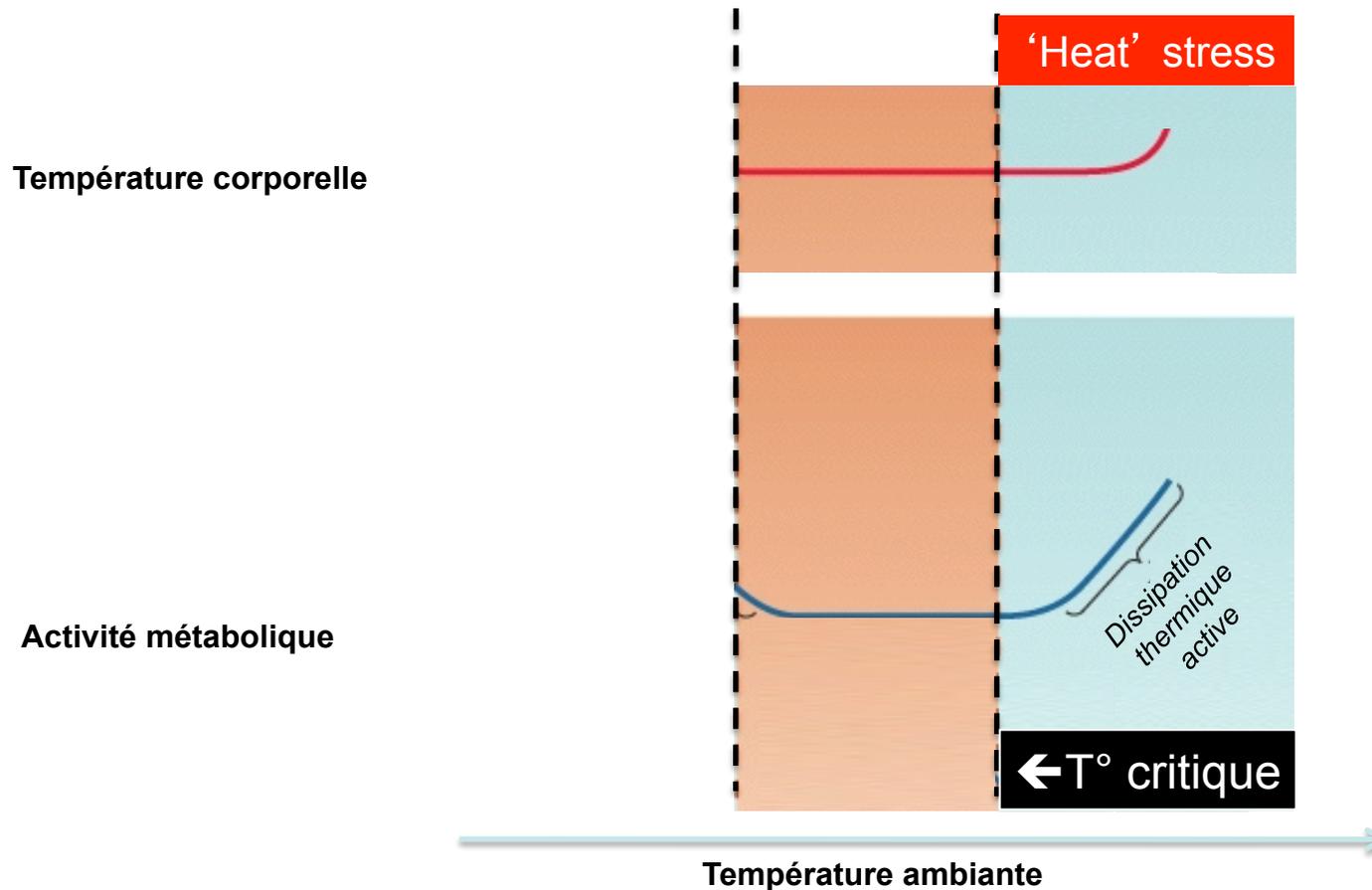
Zone de température ambiante où la thermorégulation n'est pas activée



# LA ZONE THERMALE NEUTRE



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



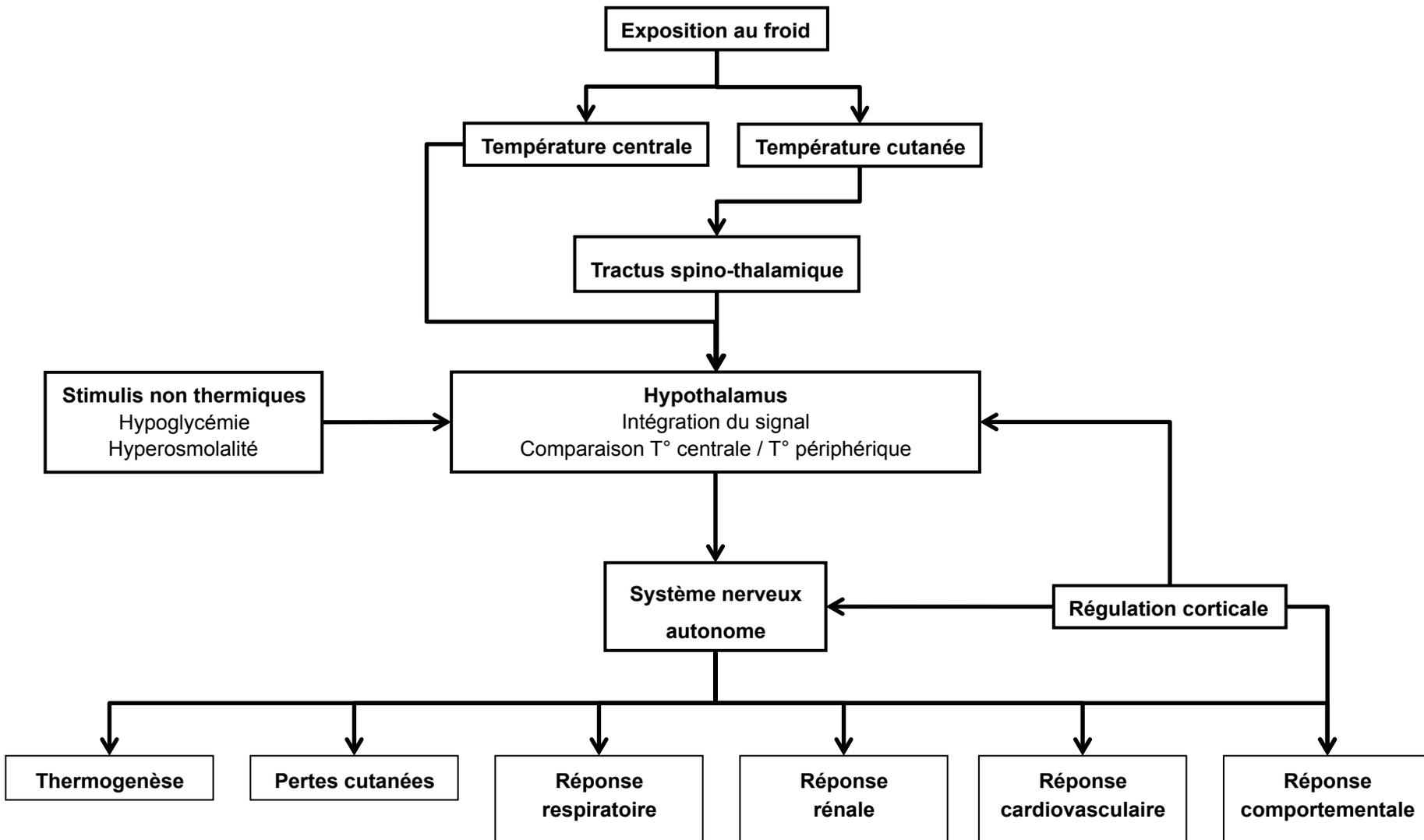
# LA ZONE THERMALE NEUTRE



**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



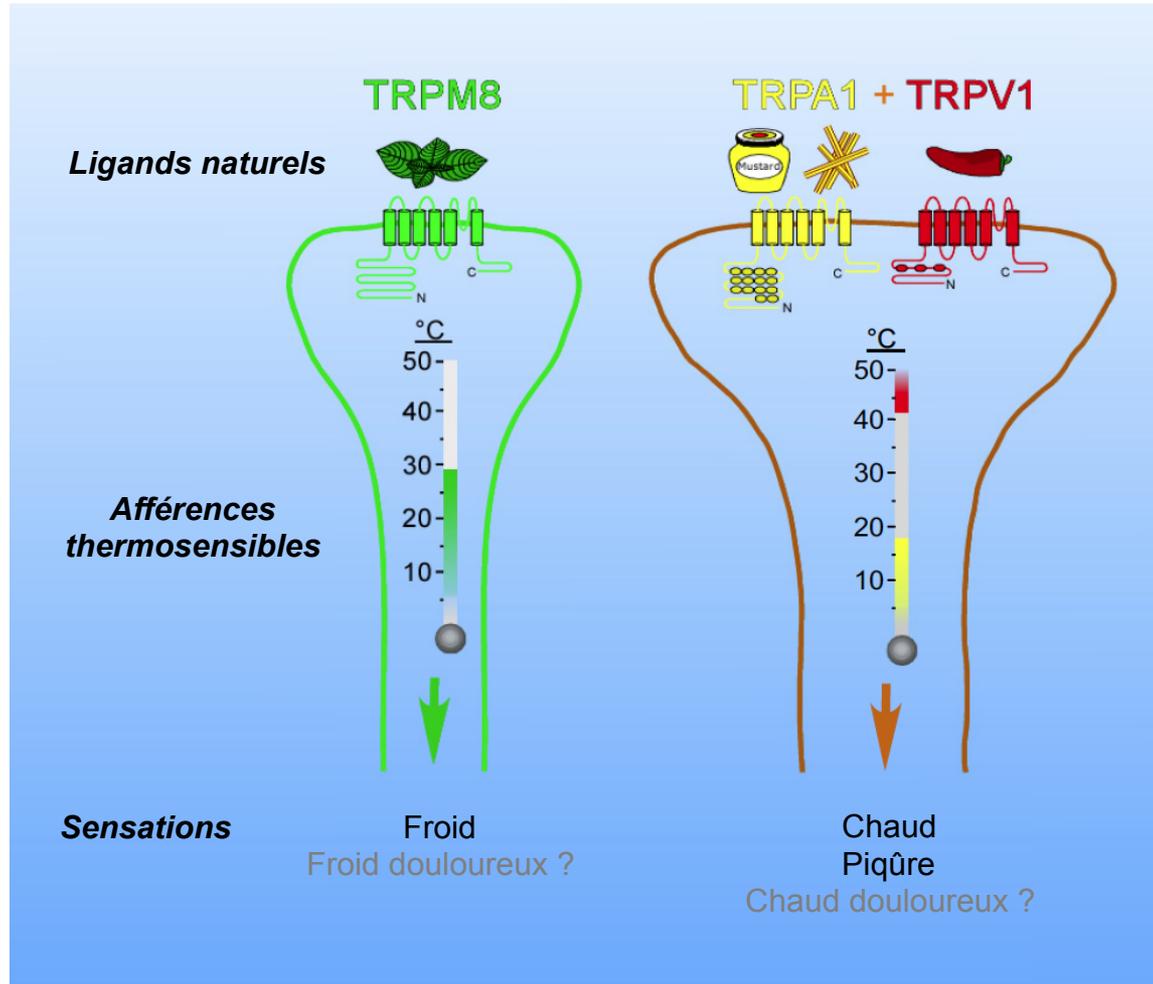
Fibres nerveuses terminales :

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

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

TRPA I : sensibles au froid → douleur

# RECEPTEURS THERMIQUES



# RECEPTEURS THERMIQUES

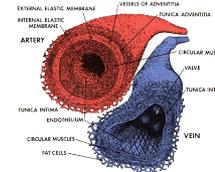


Localisation :

- peau



- vaisseaux sanguins (artères carotides)



- organes profonds



- muscles squelettiques



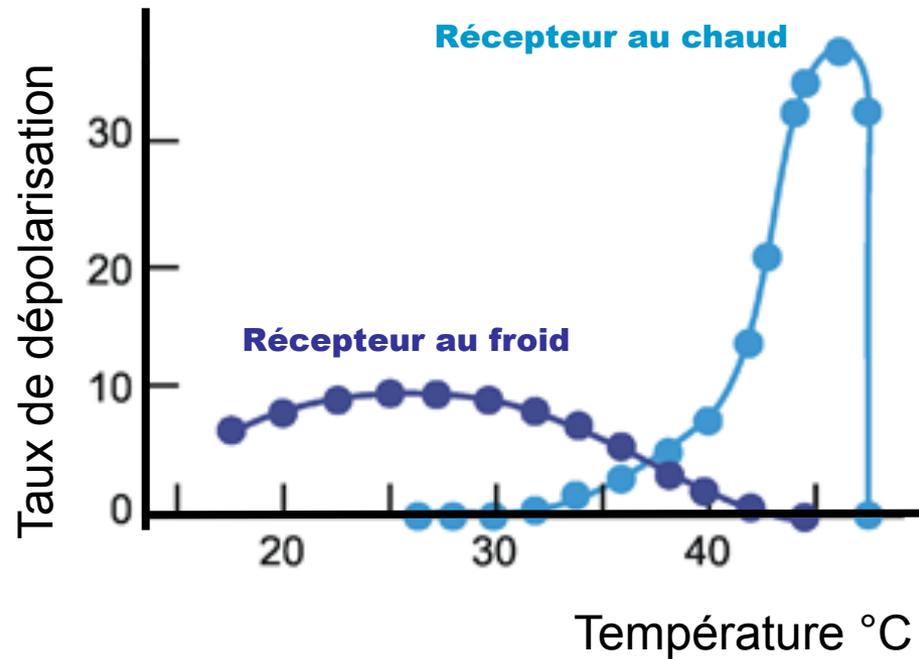
- SNC (mésencéphale, medulla oblongata, hypothalamus)





# RECEPTEURS THERMIQUES

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



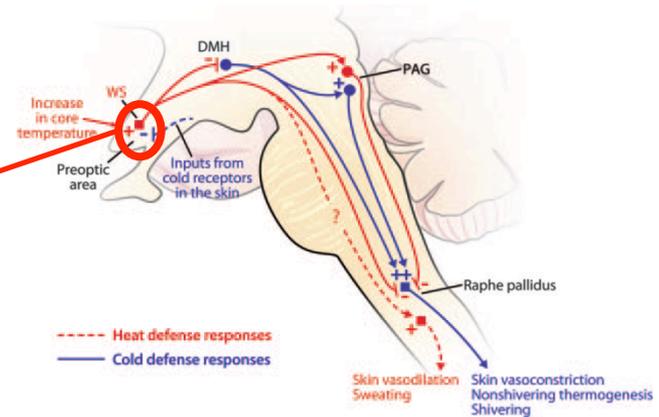
# REGULATION CENTRALE DE LA TEMPERATURE



## Thermoregulation

Recent concepts and remaining questions

Aire pré-optique



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

Neurones sensibles au froid :

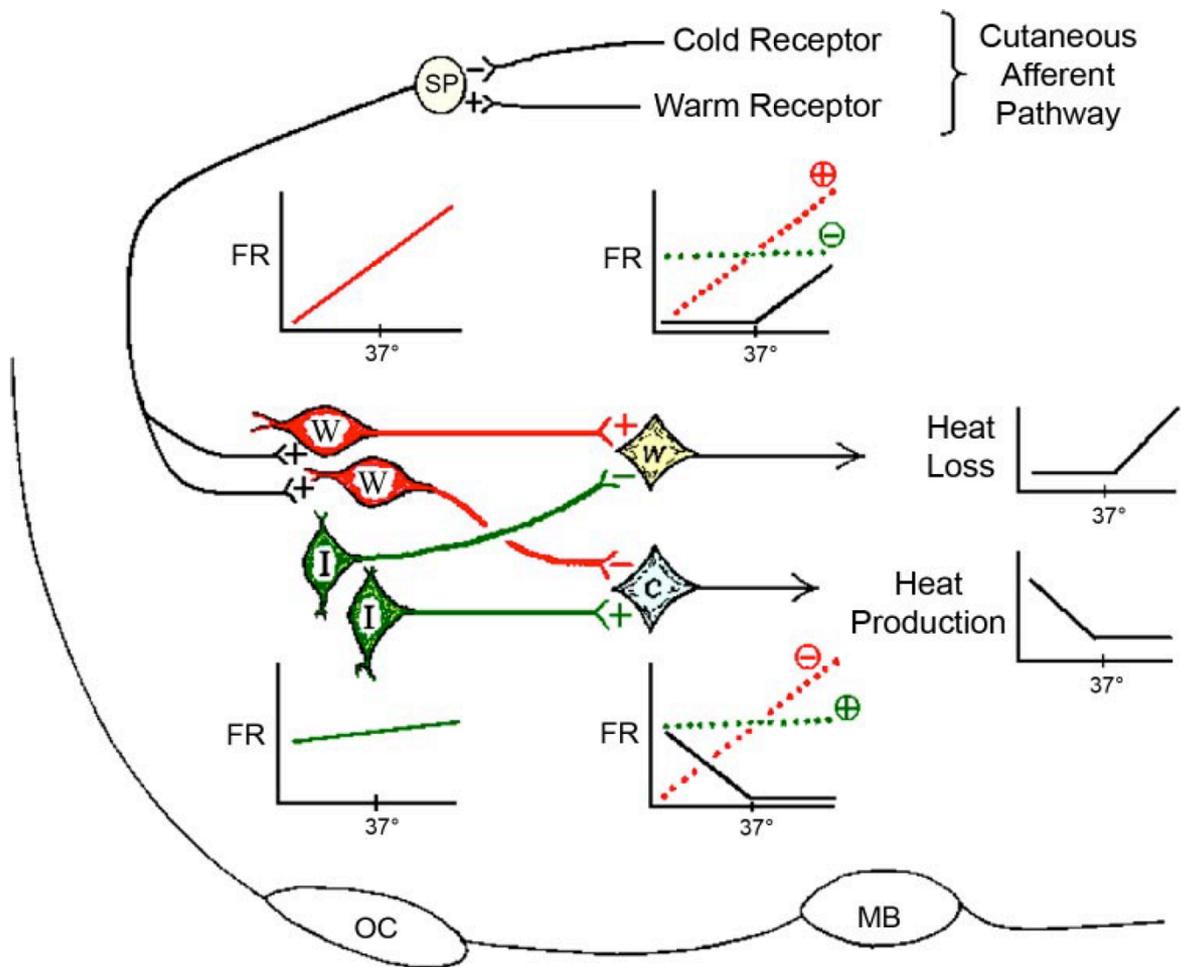
Neurones insensibles à la température : spontanément actifs, inhibiteurs

neurons.<sup>2</sup> 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.<sup>2</sup> However, the “set-point” mechanism of hypothalamic thermosensitivity continues to be disputed.<sup>14</sup> 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.<sup>4</sup>

# 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

Thermogenèse induite  
par les aliments

Thermogenèse 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

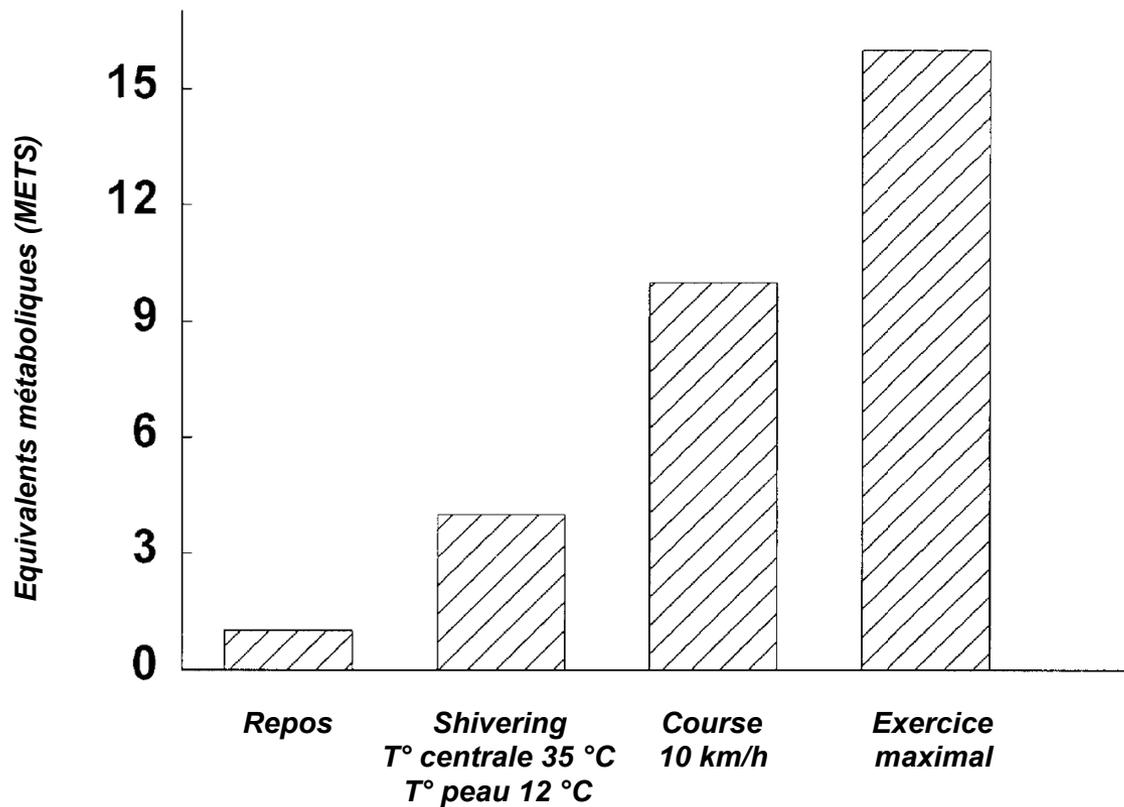
Radiation

Vaporisat.

# THERMOGENESE INDUITE PAR LE FROID



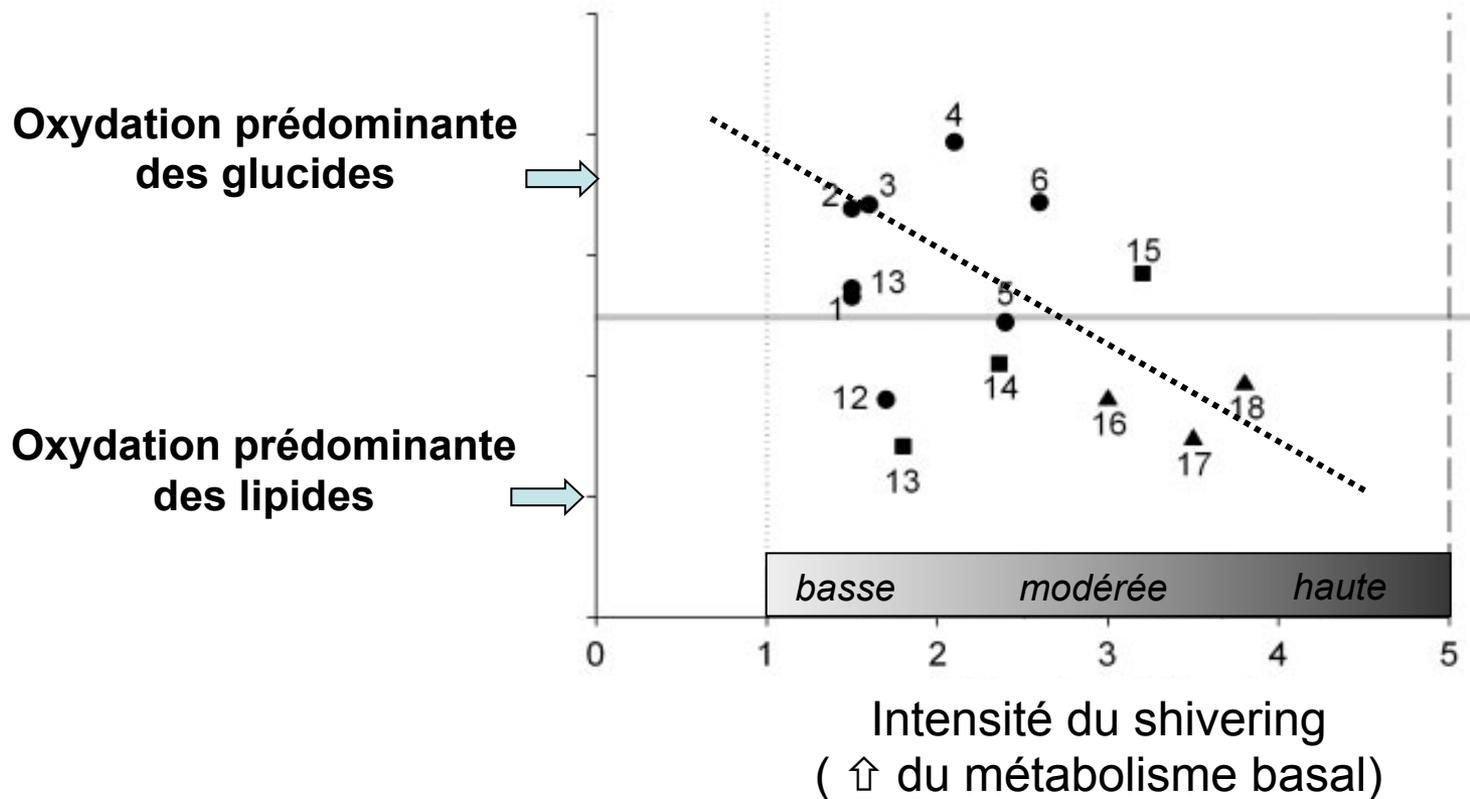
Shivering = production de chaleur



# THERMOGENESE INDUITE PAR LE FROID



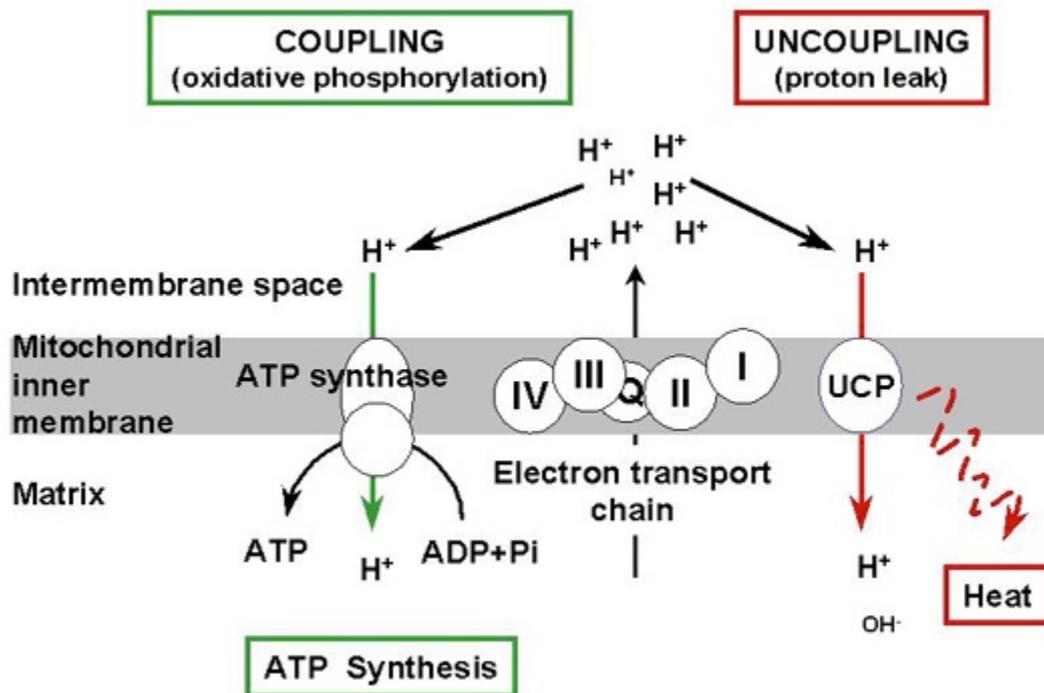
## Thermogénèse musculaire induite : métabolisme



# THERMOGENESE INDUITE PAR LE FROID



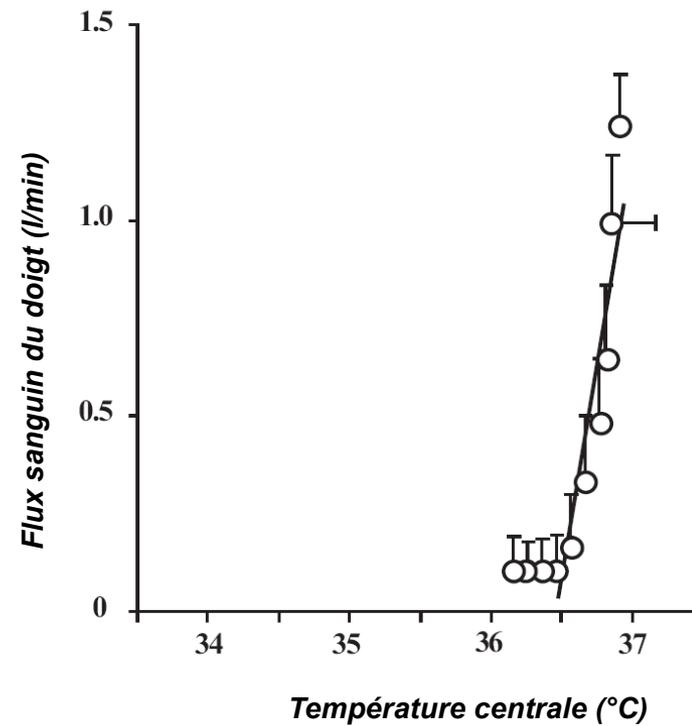
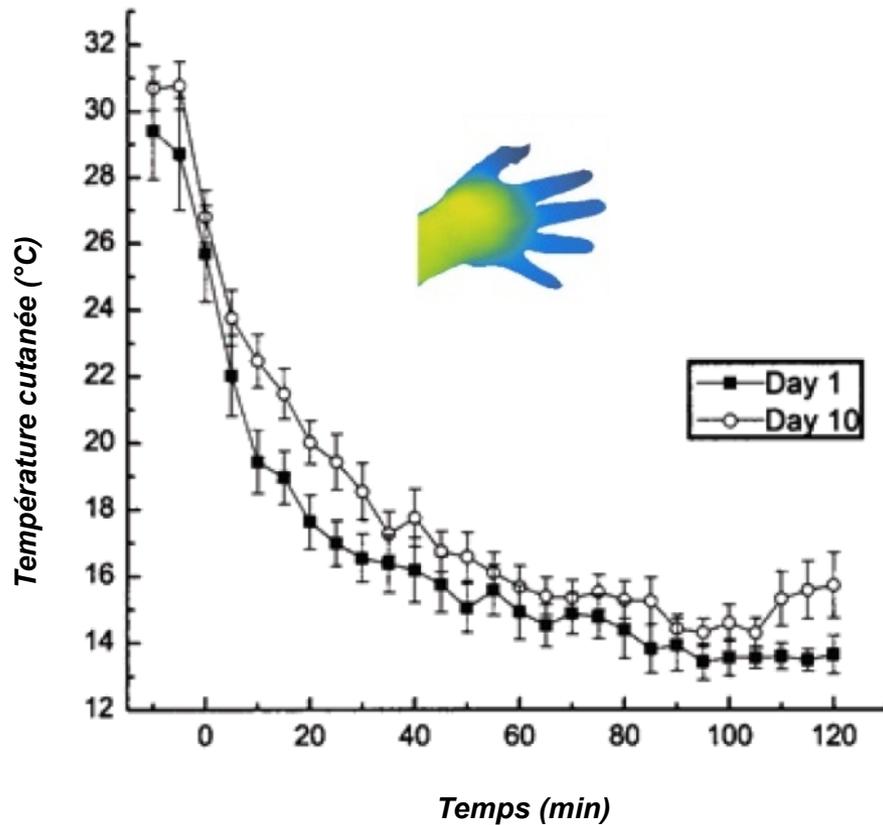
## Thermogénèse non musculaire : métabolisme



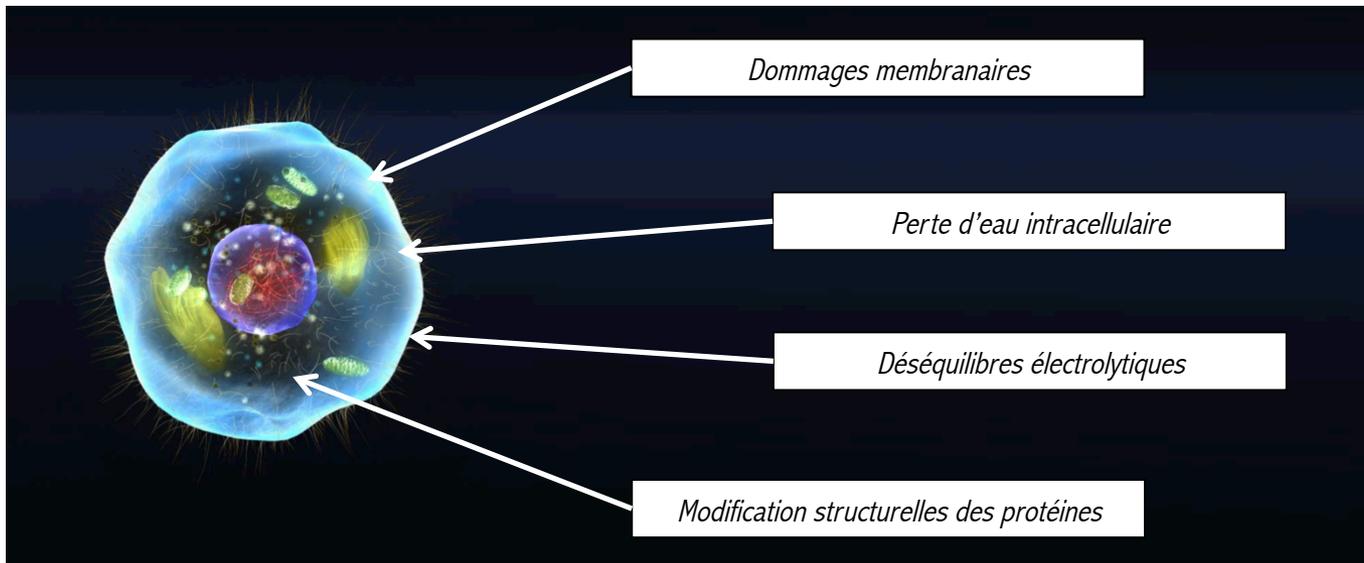
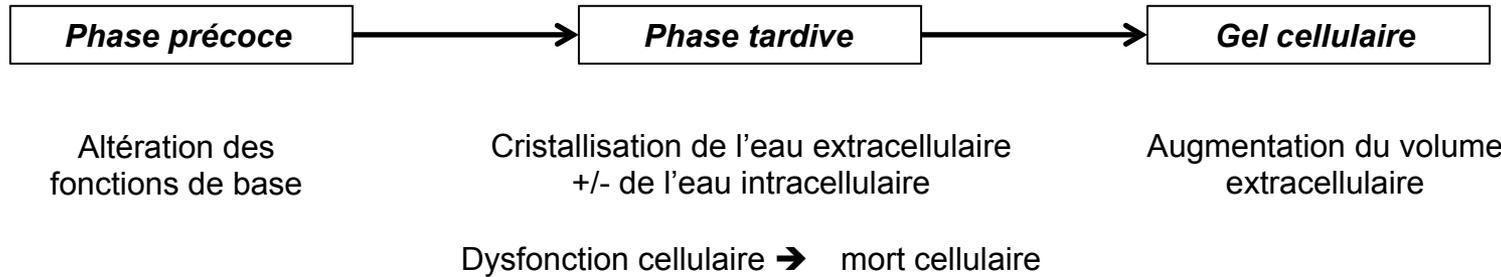
# REGULATION DES PERTES THERMIQUES



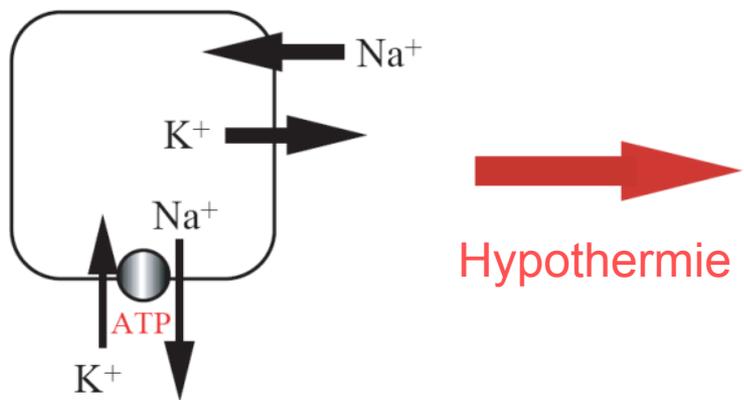
## Vasoconstriction cutanée induite par l'exposition au froid



# CONSEQUENCES CELLULAIRES DU FROID

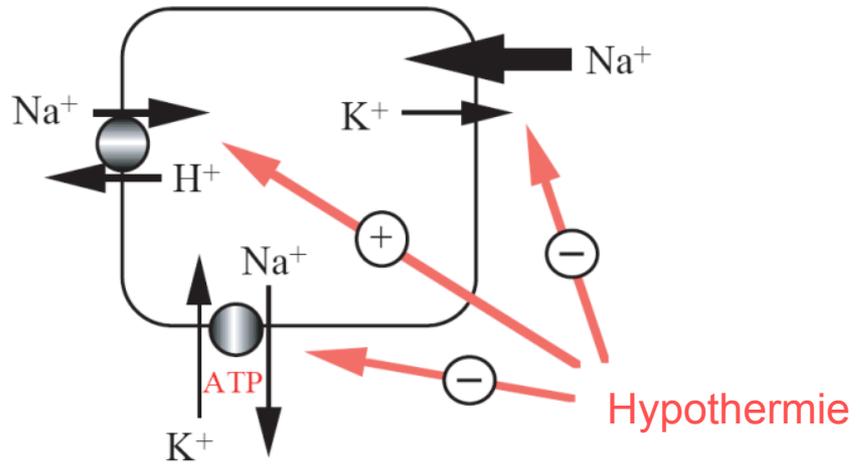


# TROUBLES ELECTROLYTIQUES CELLULAIRES



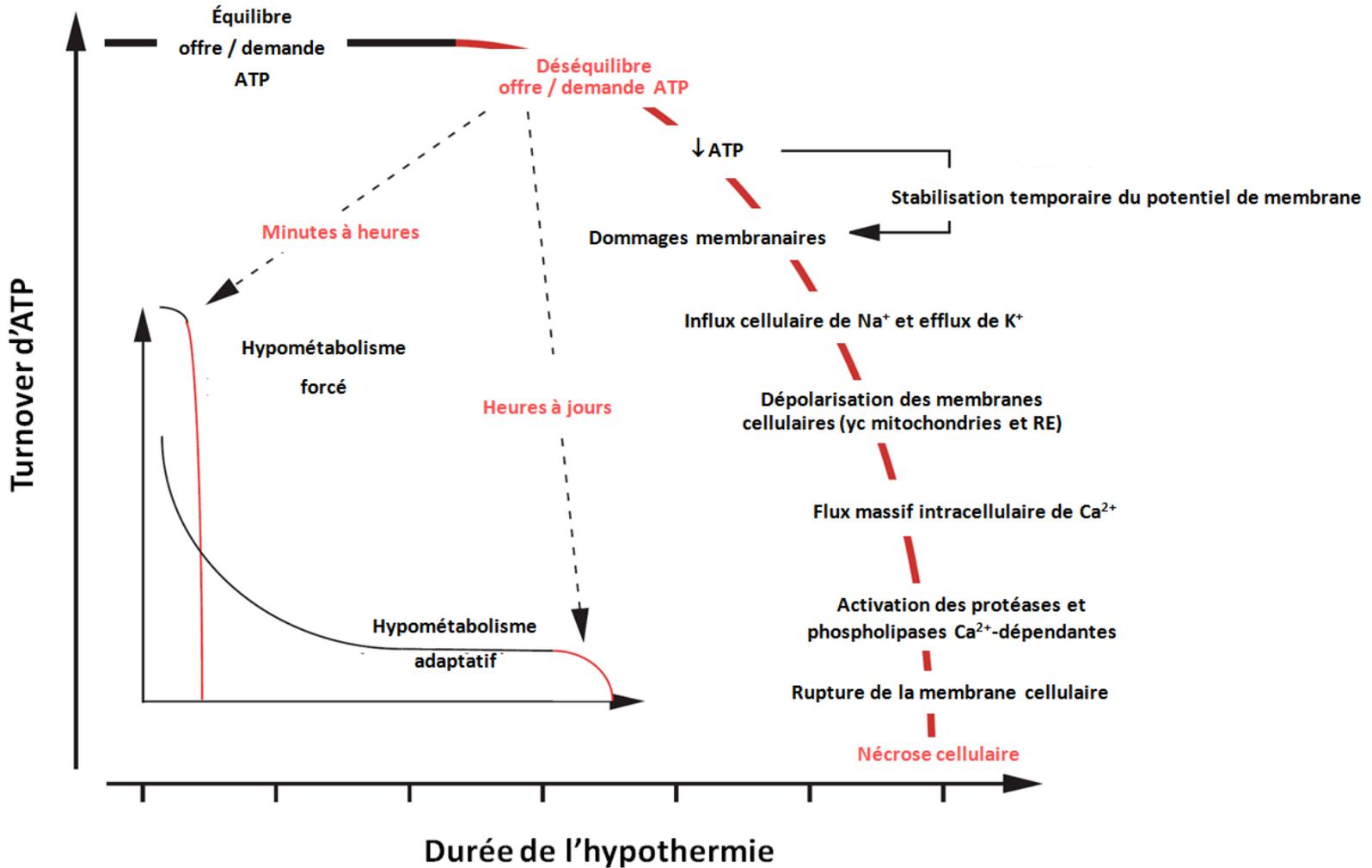
Hypothermie

## OEDEME INTRACELLULAIRE



Influx net de sodium

# METABOLISME ENERGETIQUE CELLULAIRE



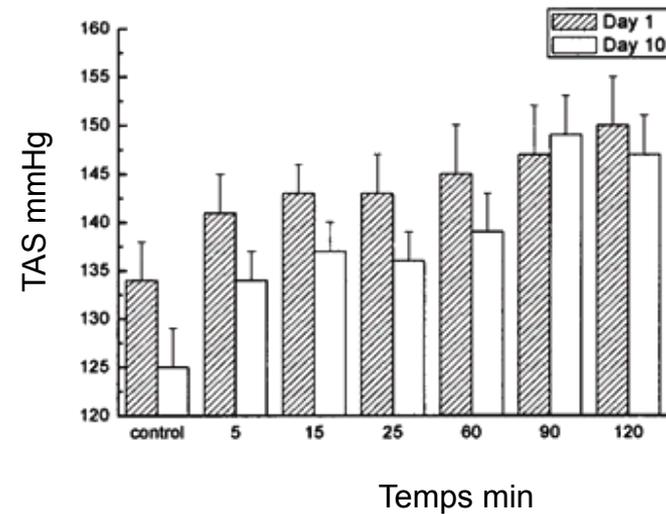
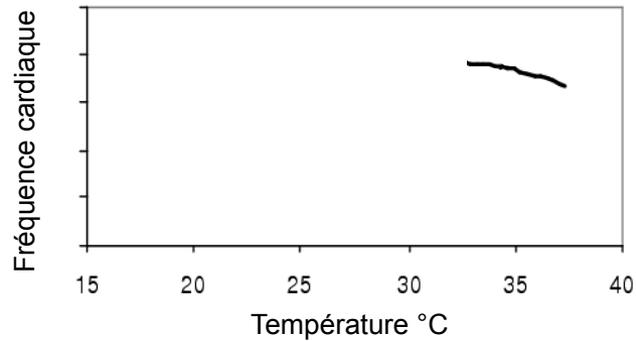
# REPONSE CARDIOVASCULAIRE



**Hypothermie légère** : stimulation sympathique

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

→ tachycardie

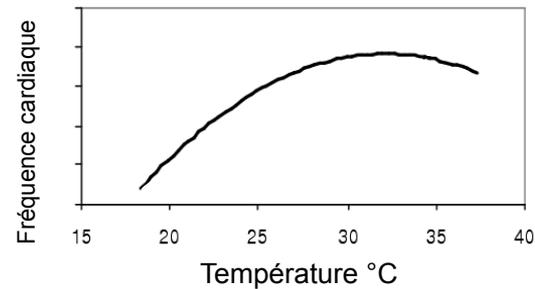


# REPONSE CARDIOVASCULAIRE



## ***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 :  $\approx 8$  / 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)

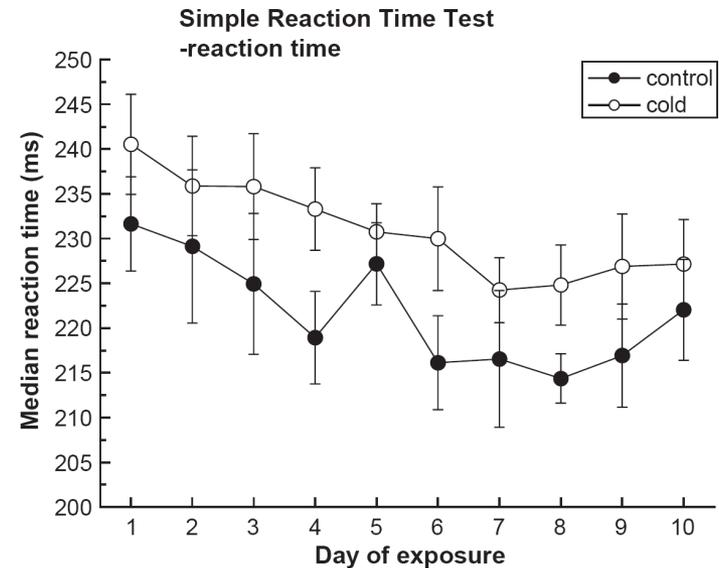
Diminution de la fonction hépatique (inactivation enzymatique induite par T°)

# 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