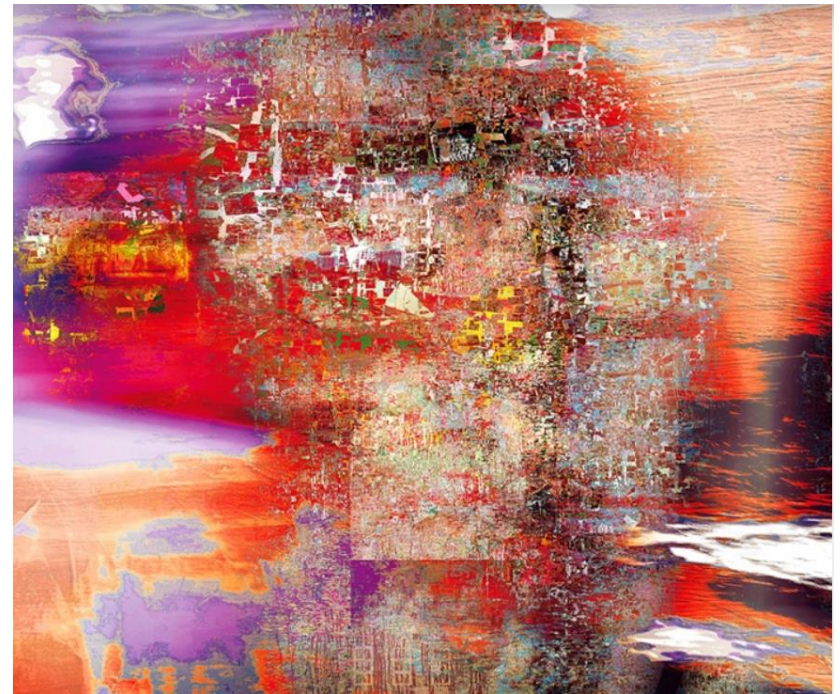




**Cabinet de neurologie**

Aix en Provence

*Sapere Aude*



# Le coup de chaleur d'exercice

**Dr Emmanuel SAGUI<sup>1,2</sup>**

ancien Pr agrégé de l'Ecole du Val de Grâce, Paris

Jeudi de l'urgence, Marseille, le 16 novembre 2017

# Quelle expression ?

## Hyperthermie maligne d'effort

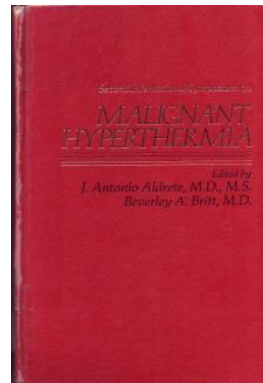
- ▶ Wingard
- ▶ Pujol
- ▶ Aubert

P. Radiguet de la Bastiaie\*, C. Poujol\*\*

L'hyperthermie maligne d'effort  
ou «coup de chaleur»

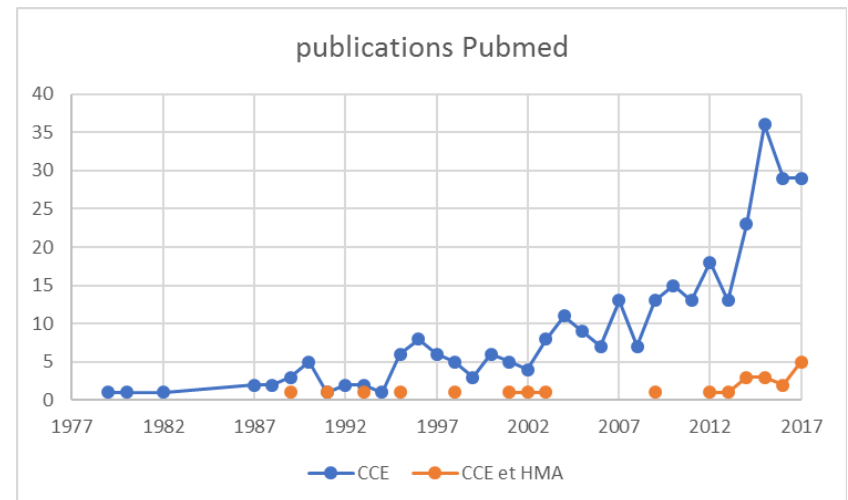
Nouv. Presse méd., 1978, 7, pp. 2381-2385

- ▶ Analogie hyperthermie maligne per anesthésique
- ▶ Ne constitue pas un MeSH



## Coup de chaleur d'exercice

- ▶ Pubmed  
« exertional heat stroke »





# Définition

# Définition

Encéphalopathie

Exercice

Hyperthermie

Décès



Gabriela Andersen-Schiess, Los Angeles, 1984  
2h48, dernier tour 5'44, 37°



A ROMAN EXPERIENCE WITH  
HEAT STROKE IN 24 B.C.

# Définition

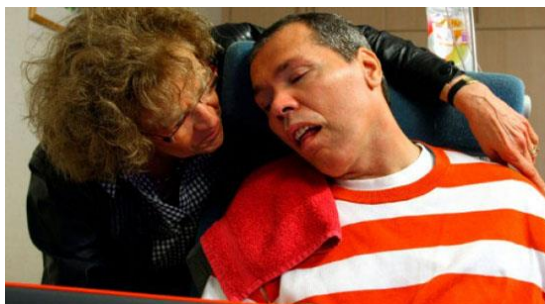
Encéphalopathie

Exercice

Hyperthermie

Décès

- Pas de CCE sans signe neurologique
- Tout signe neurologique n'est pas obligatoirement en rapport avec un CCE



# Définition

---

Encéphalopathie

Exercice

Hyperthermie

Décès

- Pas de CCE sans effort
- Effort prolongé (>20')
  - Pas CCE sur effort « court » (Cooper, Luc Léger, épreuve d'effort)
- Attention si facteur extrinsèque contraignant
  - Vêtement de protection ++



# Définition

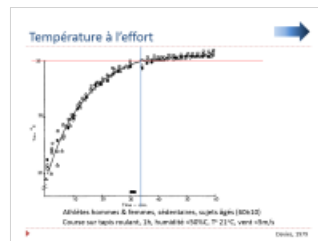
Encéphalopathie

Exercice

Hyperthermie

Décès

- Seuil classique  $\geq 40^{\circ}\text{C}$
- **Tendance actuelle :  $\geq 40,5^{\circ}\text{C}^1$**
- Seuil variable fonction individu
  - Physio normale
  - Maron et al.<sup>2</sup>



# Définition

---

Encéphalopathie

Exercice

Hyperthermie

Décès

- Différé ++
- Défaillance multiviscérale
  - Le plus grave : **Foie** greffe hépatique ?
  - Le plus fréquent : **Rein** réversible
  - le plus invalidant : **Cerveau**
  - Anecdotique : **Cœur** réversible





# Définition

Encéphalopathie

Exercice

Hyperthermie

Décès

**UNCOMPENSABLE  
HEAT  
STRESS**



<https://www.youtube.com/watch?v=PpHM4DfPZQU>



# Physiopathologie

# Physiopathologie

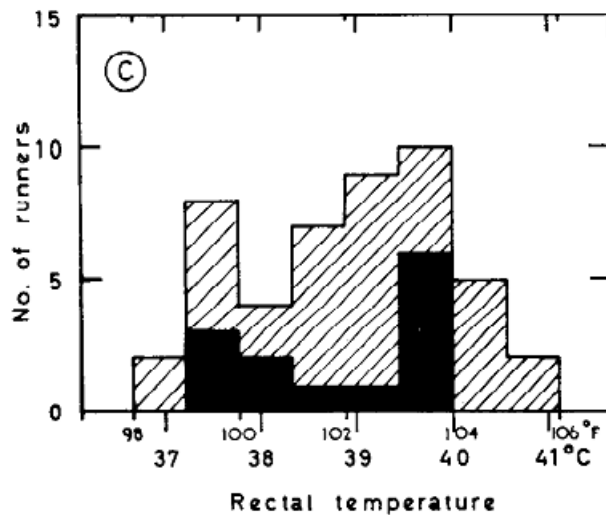
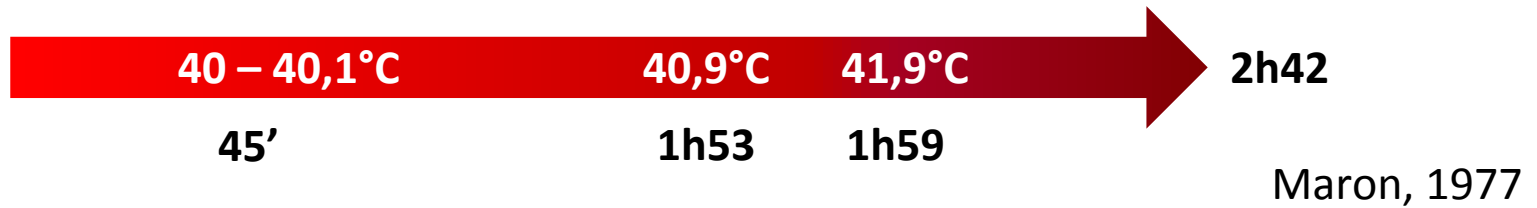
---

- ▶ Comment ?
  - ▶ En condition normale
  - ▶ En situation dépassée
- ▶ Pourquoi ?
  - ▶ Facteurs extrinsèques
  - ▶ Facteurs intrinsèques
    - ▶ Prédisposants => liés à l'individu
    - ▶ Précipitants => circonstantiels



# Comment ? Situation normale

- ▶ Exercice => hyperthermie



- ▨ runners who finished the race;
- runners who did not

Pugh et al., 1967

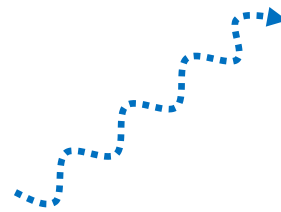
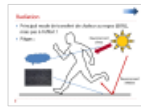
# Comment ? Situation normale

---

## ► Elimination chaleur



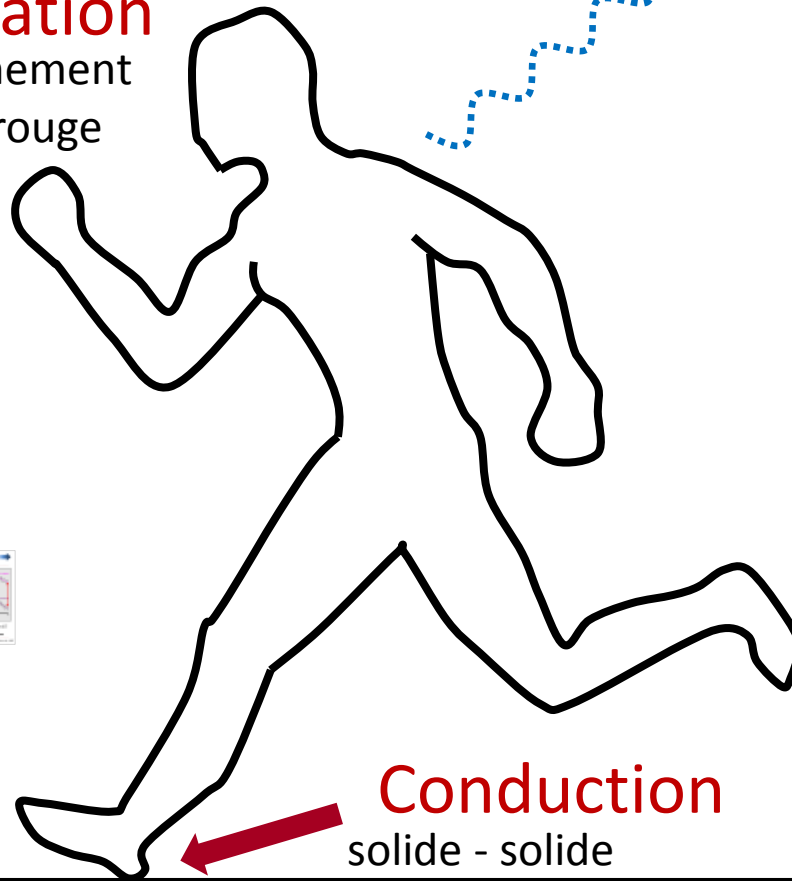
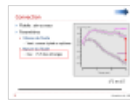
**Radiation**  
Rayonnement  
infra rouge



**Evaporation**



**Convection**  
solide - fluide



**Conduction**  
solide - solide



# Comment ? En situation dépassée

▶ Chaleur produite > capacités d'élimination

▶ Conséquences

▶ Cerveau

▶ activation microgliale

□ Cytokines pro inflammatoires

□ Nerf vague

▶ Rein

▶ Insuffisance rénale aiguë sur rhabdomyolyse

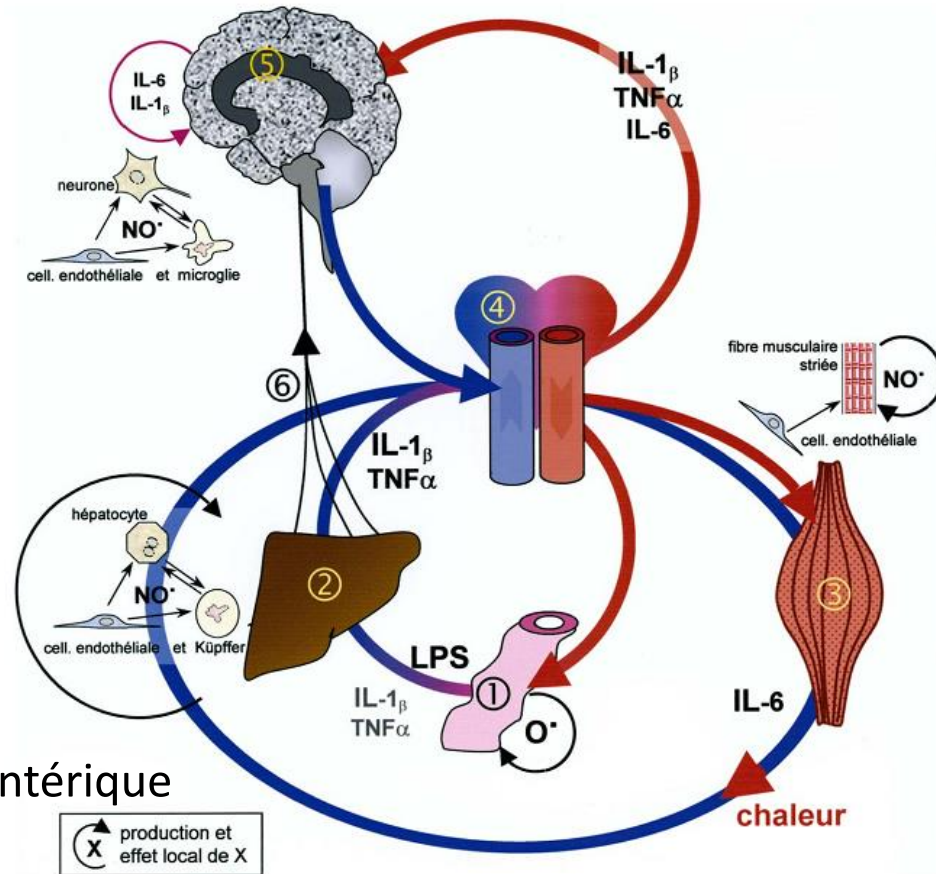
▶ Tube digestif

▶ Hypoxie paroi => infarctus mésentérique

▶ Passage LPS, => inflammation

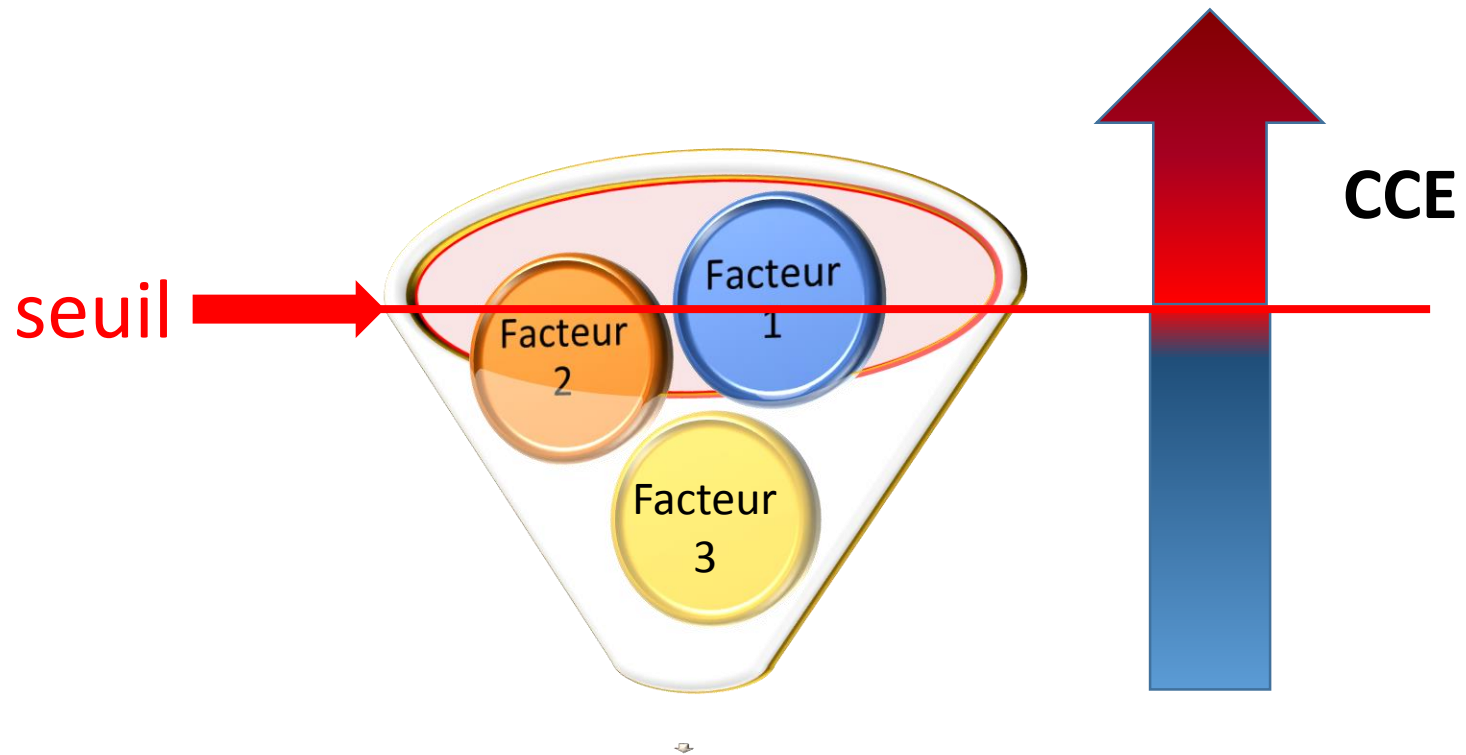
▶ Foie

▶ Idem cerveau (Küpfler)



# Pourquoi ?

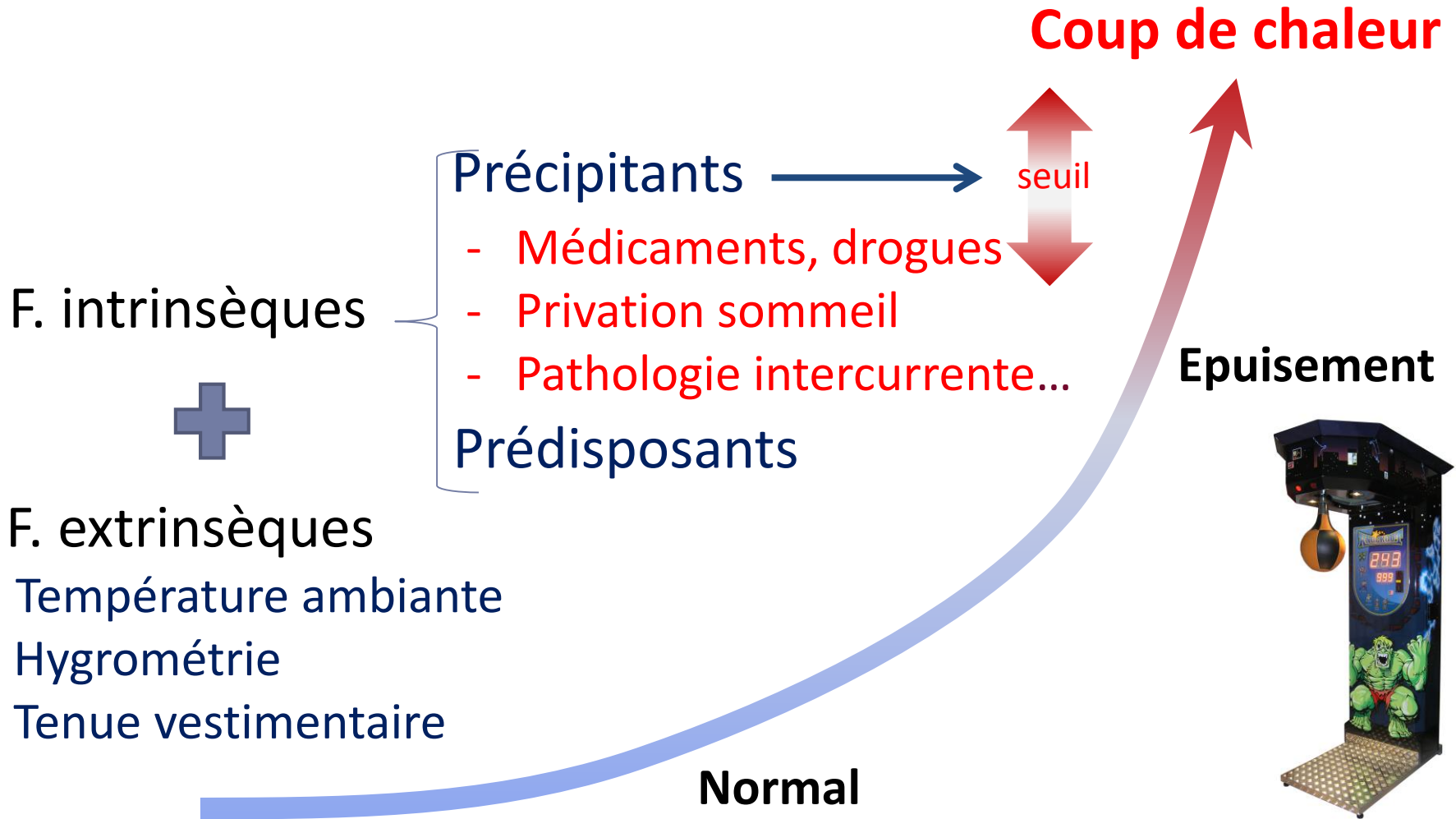
---



- ▶ Modèle additif
  - ▶ Sommation de plusieurs facteurs avec effet seuil
- 



# Pourquoi ?







Clinique

# Prodromes

---

- ▶ Au moins 50% des cas
  - ▶ Nausées, vomissements 25%
  - ▶ Fatigue intense 24%
  - ▶ Soif intense 20%
  - ▶ **Marche titubante 19%**
  - ▶ Rétrécissement vision 9%
  - ▶ Céphalées 8%
  - ▶ **Irritabilité 5%**
  - ▶ Sensation tête vide 4%

Doit faire arrêter l'épreuve ++

---



# Phase d'état

---

- ▶ Le sujet s'effondre ....
- ▶ **Encéphalopathie**
  - ▶ Confusion 46%
  - ▶ Perte de connaissance 54%
  - ▶ Crise comitiale 4%
- ▶ **Hyperthermie**
  - ▶  $T^{\circ} \geq 40^{\circ}\text{C}$ , mais problème délai et méthode ++
- ▶ **Hypotension artérielle** (90-110/40-60 mmHg)
  - ▶ Non nécessaire au diagnostic





Diagnostic

# Diagnostic positif

---

## ▶ Clinique uniquement

- ▶ **Encéphalopathie** dans contexte **hyperthermique**, au cours ou décours d'un effort intense et prolongé
  - ▶ Quelle encéphalopathie ?
  - ▶ Quel seuil d'hyperthermie ?

## ▶ Biologie

- ▶ Utile pour suivi mais pas pour le Dg positif
- ▶ CPK

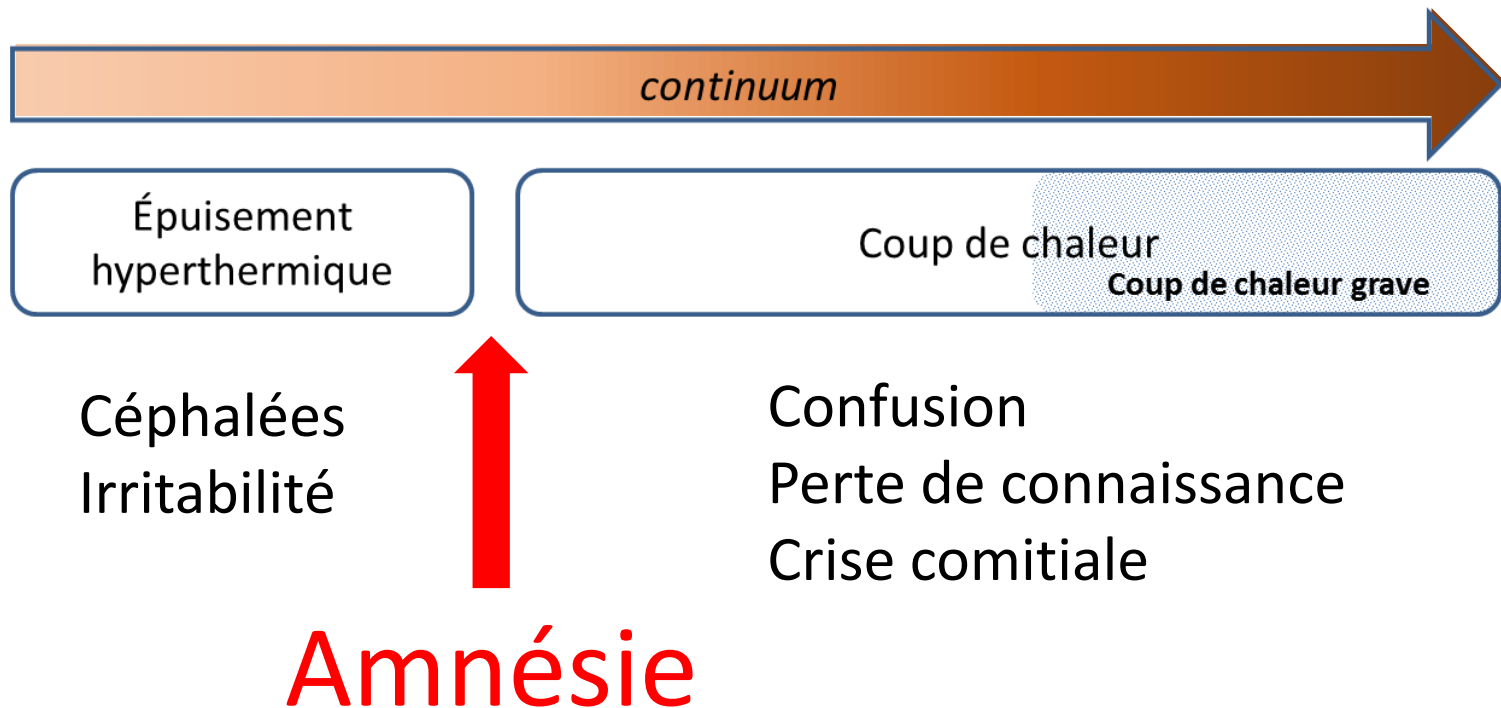
CK	Time After EHS	
	0–12 hours ( <i>n</i> = 149)	12–36 hours ( <i>n</i> = 90)
Median	558	1,502
(IQI)	(304–1,020)	(700–7,135)
Min–Max	70–36,000	124–100,000



# Diagnostic positif

---

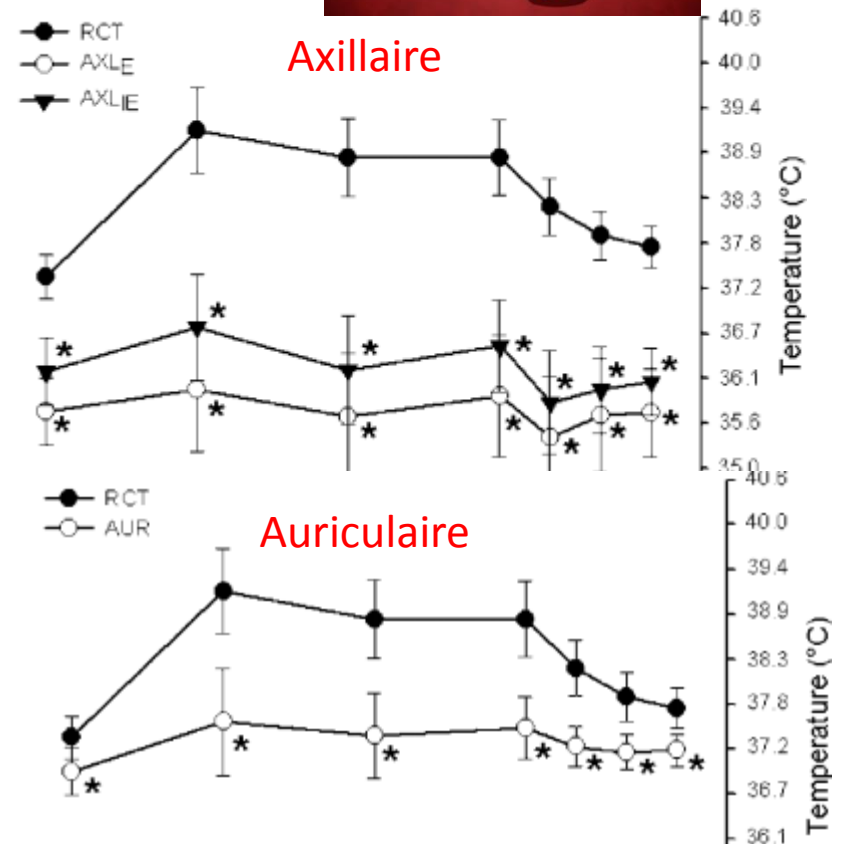
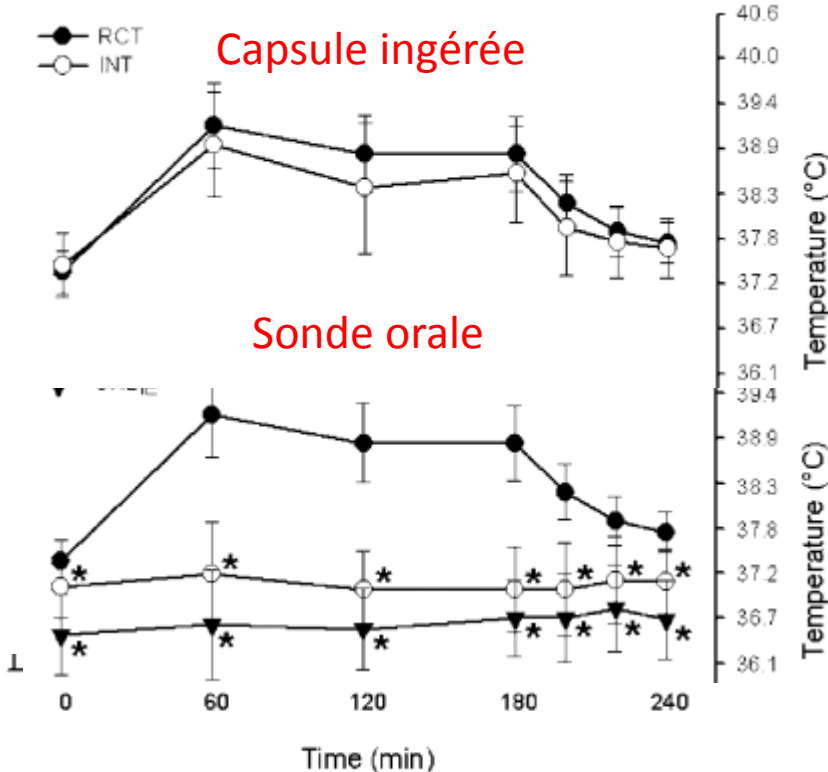
## ▶ Encéphalopathie



# Diagnostic positif

## ► Hyperthermie

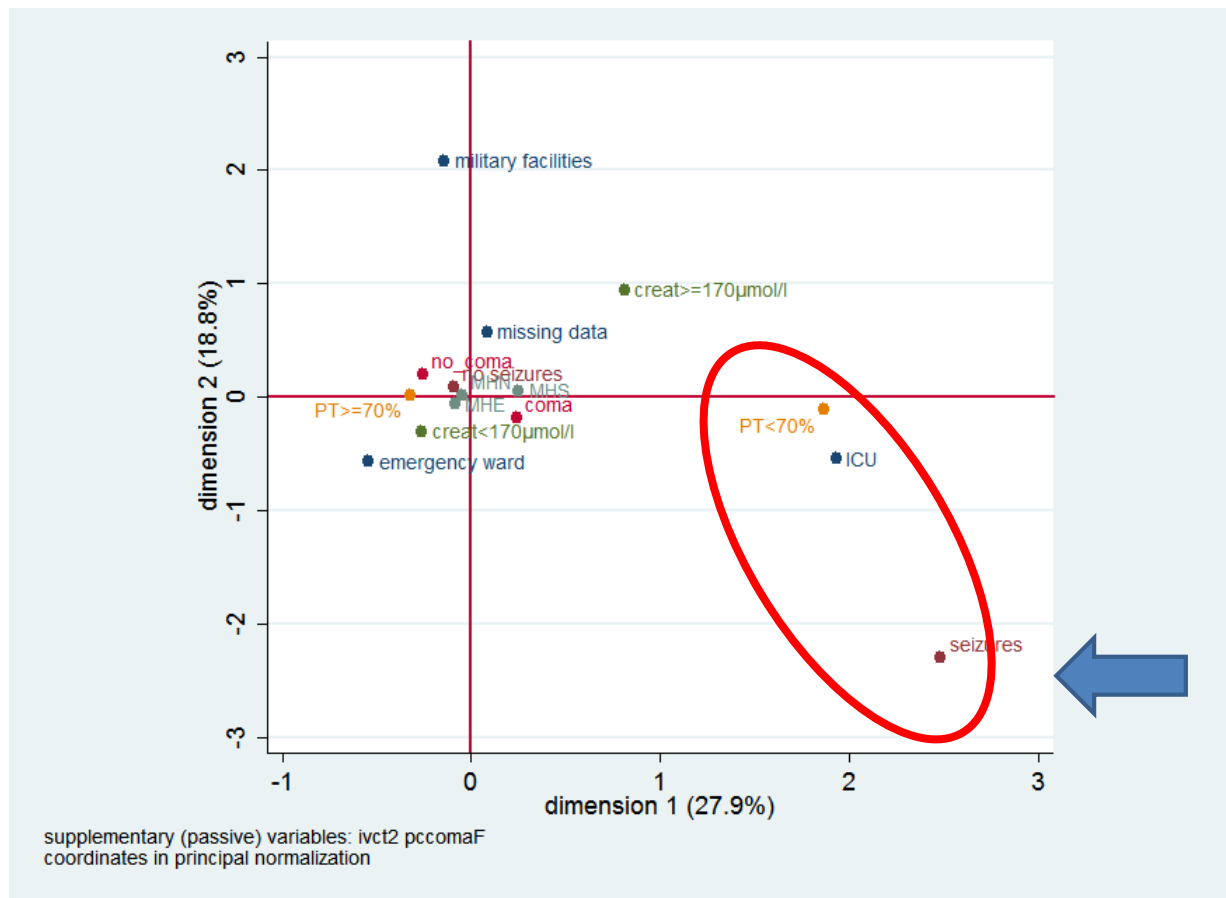
Prise de température rectale only...



# Diagnostic de gravité

- ▶ Fonction **temps** passé en **hyperthermie**
- ▶ Golden hour
  - ▶ **30'** (<1h)
- ▶ Crise comitiale

Mais une crise comitiale d'effort peut aussi révéler... une maladie épileptique





# Diagnostic différentiel

---

- ▶ Tout malaise à l'effort n'est pas un CCE
  - ▶ Pathologie cardiaque
    - ▶ Dg facile
- ▶ Tout signe neurologique d'effort n'est pas un CCE
  - ▶ Docteur B and Mister E
  - ▶ Les ultras
- ▶ Une hyperthermie isolée n'est pas suffisante pour affirmer un CCE
  - ▶ Un train peut en cacher un autre



# Docteur B and mister E

---

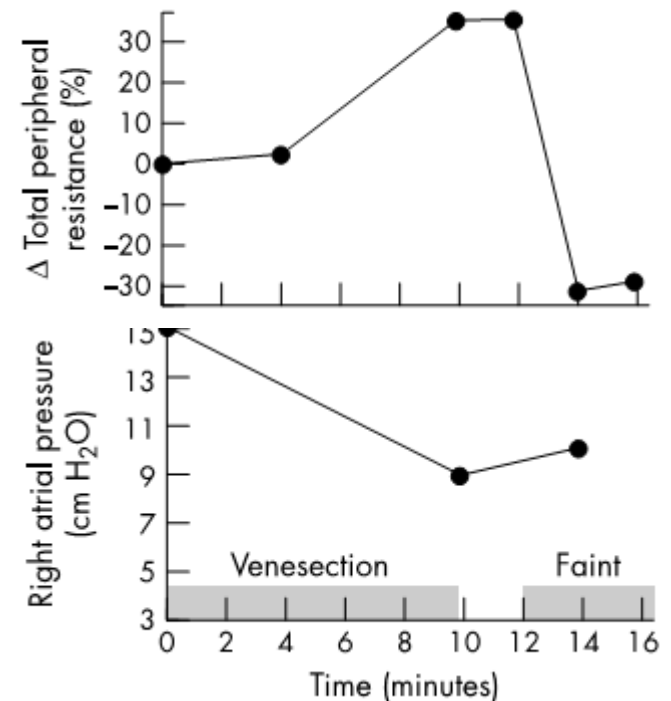
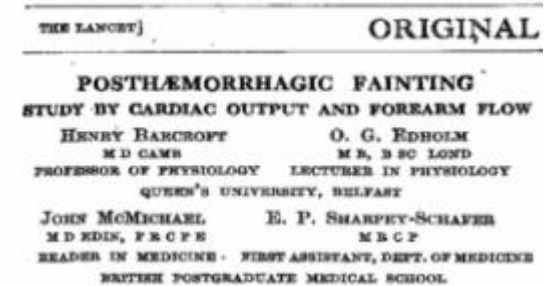
## ▶ Vignette clinique

- ▶ Homme 20 ans: à l'arrivée d'une course de 8 km en milieu humide et chaud; flou visuel, confusion puis chute.
- ▶ T° 41°C
- ▶ Régression complète après refroidissement
  
- ▶ Pas d'amnésie
- ▶ PA 85/47
  
- ▶ CCE ?



# Docteur Barcroft and mister Edholm

- ▶ Chute Pression dans oreillette Dt
  - ▶ 1<sup>er</sup> temps: vasoconstriction périphérique
    - ▶ réaction sympathique
  - ▶ 2<sup>o</sup> tps: reaction vagale > sympathique
    - ▶ Effondrement des résistances périphériques => chute PA
    - ▶ Réflexe Barcroft Edholm
- ▶ Traitement
  - ▶ Monter P oreillette Dt
  - ▶ Lever les jambes au dessus tronc



# Les ultras

---

## ▶ Vignette clinique

- ▶ Homme de 25 ans, confusion à 3h d'un ultra trail, sans perte de connaissance, T° à 40°C, pas de récupération après refroidissement
- ▶ Mais qu'a-t-il bu ?



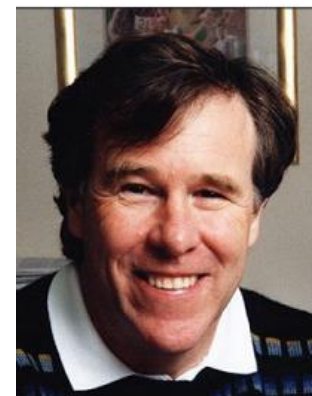
## Hyponatrémie d'effort

---

- ▶ Se voit sur effort prolongé (ultra, marathons..)
- ▶ Hyperhydratation mal conduite
  - ▶ Boire sans signe de soif, eau pure
- ▶ Œdème cérébral

## Water Intoxication—Considerations for Patients, Athletes and Physicians

- ▶ Traitement
  - ▶ Si voie orale possible: 4 bouillon cube dans 120 cc



# Un train peut en cacher un autre

---

## ▶ Vignette clinique

### ▶ Homme 20 ans, J<sub>4</sub> arrivée Mali,

- ▶ 4h30 malaise
- ▶ 13h DTS à 13h => T° corporelle 40°C (T° ambiante 45°C)
- ▶ 15h coma GCS 9, T° corp 42,9°C, PA 65/30, SaO<sub>2</sub> 95% sous O<sub>2</sub> 9l/min

### ▶ Coup de chaleur

- ▶ D'exercice ?
- ▶ Classique ?

### ▶ Evolution

- ▶ Intubation & évacuation en urgence en métropole
  - TDM cérébrale: œdème
  - TDM thoracique: aspect en verre dépoli avec condensation bilatérale
- ▶ Évolution ultérieure favorable sans séquelle



# Infection fébrile & effort

---

- ▶ Infection fébrile
  - ▶ Paludisme ++ hors métropole
  - ▶ Arbovirose
  - ▶ Pneumopathie, méningite
- ▶ Dans ce cas clinique: pneumonie aiguë hypoxémiante
  - ▶ Pas de notion d'effort
  - ▶ Atteinte pulmonaire précoce
  - ▶ Pas d'exposition thermique particulière

## **Heatstroke or Malaria ?**

A heatstroke country is, generally, also a malarial country. It is therefore not surprising to find heatstroke and malaria co-existing in people who have lived in a malarial district long enough to become infected. But I



Traitement



# Traitement d'urgence

---

## Refroidir, refroidir, refroidir

- ▶ De l'eau et des glaçons
- ▶ Et le plus tôt est le mieux !
- ▶ Vitesse de refroidissement<sup>1</sup>
  - ▶ Immédiat =>  $\geq 0,10^{\circ}\text{C} / \text{min}$
  - ▶ Différé (>20') =>  $\geq 0,15^{\circ}\text{C} / \text{min}$
- ▶ Cible refroidissement<sup>2</sup>
  - ▶  $\leq 38,6^{\circ}\text{C}$  à  $39^{\circ}\text{C}$
  - ▶ Voire  $< 40^{\circ}\text{C}$ <sup>3</sup>

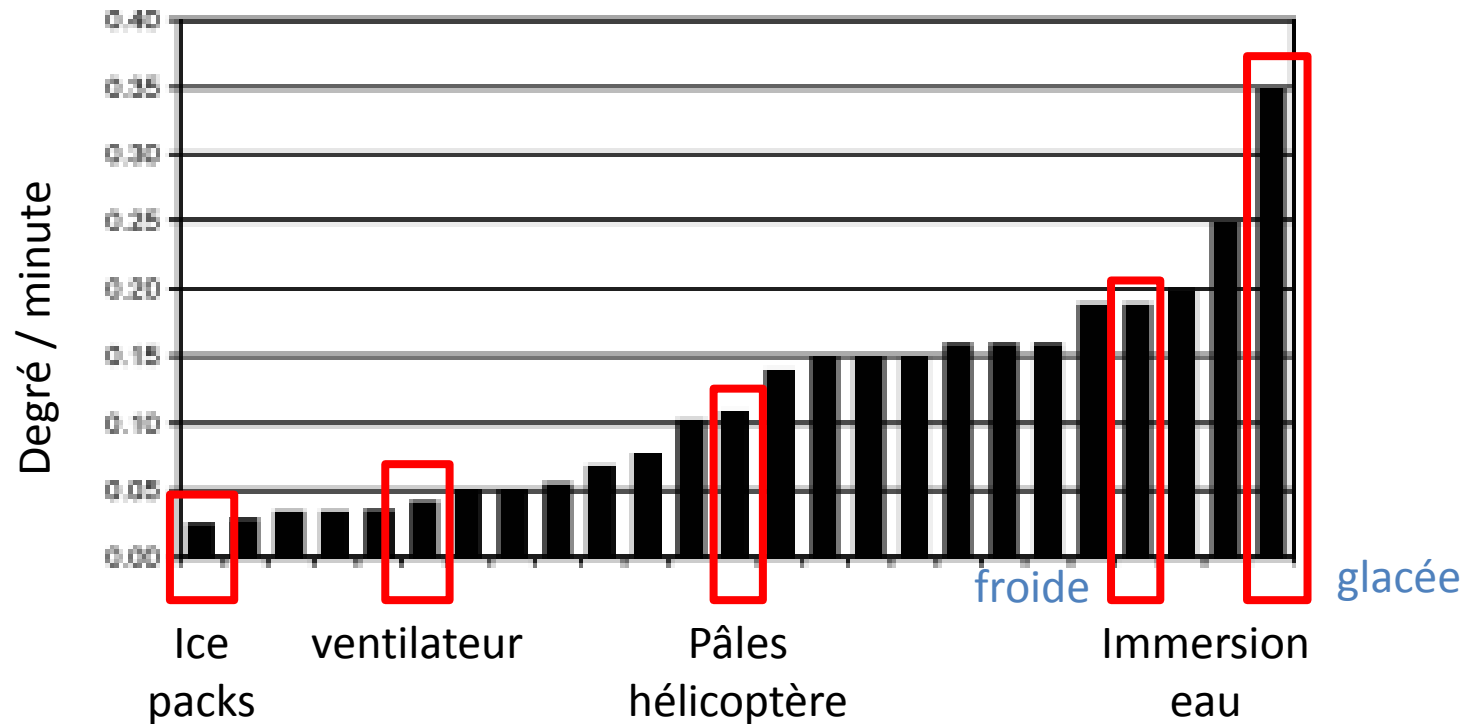


---

▶ <sup>1</sup>DeMartini et al, 2015 <sup>2</sup>Casa et al, 2015, <sup>3</sup>Navarro et al, 2017

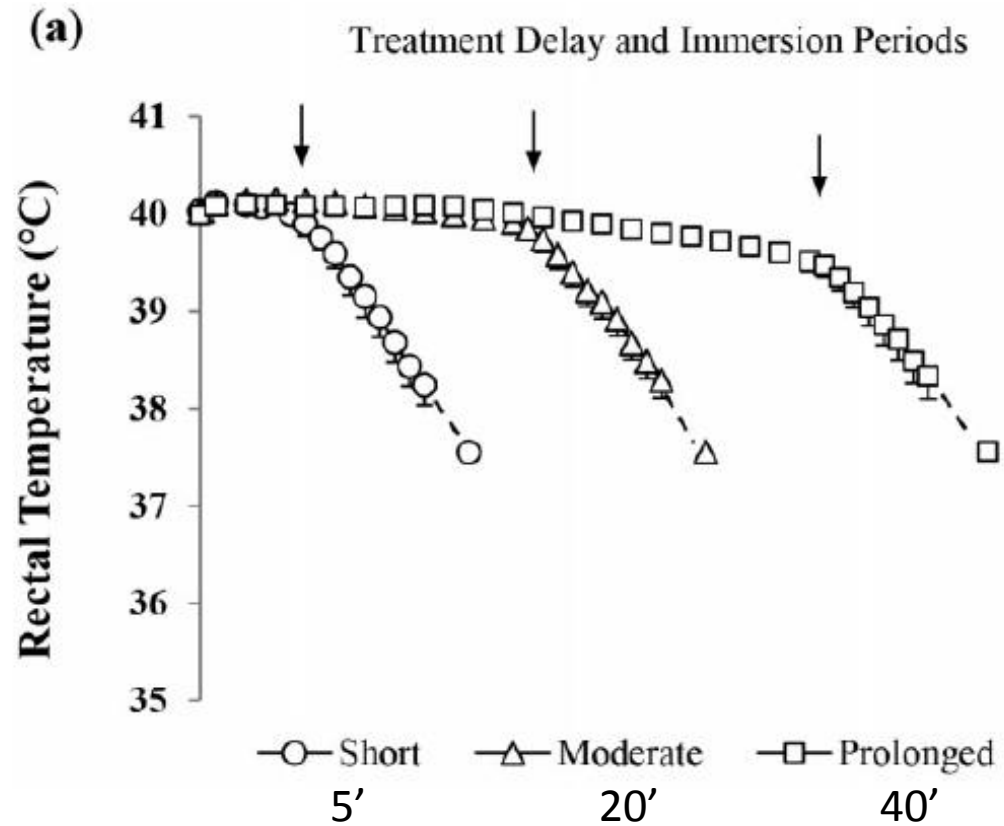
# Comment refroidir ?

- ▶ quelques méthodes



# Comment refroidir ?

## ► Quel délai ?



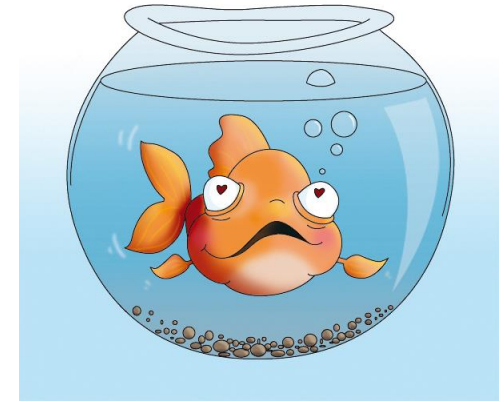
# Comment refroidir ?

---

## Au labo



## Hors labo



# Comment refroidir ?

---

## ► Sans les glaçons ?



**Serviettes humides**

- 0,05 à 0,11°C/min



**Ice pack**

- 0,03°C/min



**Soluté froid**

- 0,05 à 0,08°C/min

- 0,10°C/min

- 0,10°C/min



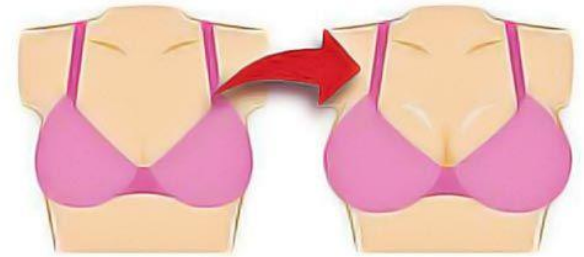
# Comment refroidir ?

---

## ▶ Pas efficace

### ▶ Glaçons sur poitrine

▶ - 0,008°C/min



### ▶ Lavage gastrique eau glacée

▶ - 0,018°C/min



Aptitude – retour au jeu / travail

# Reprise activité

---

## ▶ Le sujet a-t-il récupéré ?

### ▶ Repos sportif complet

#### ▶ en théorie

- 1 semaine
- Reprise progressive
- Si effort maximal impossible => test tolérance à la chaleur

#### ▶ En pratique

- 3 semaines
- Reprise progressive
- Effort maximal APRES 2 mois

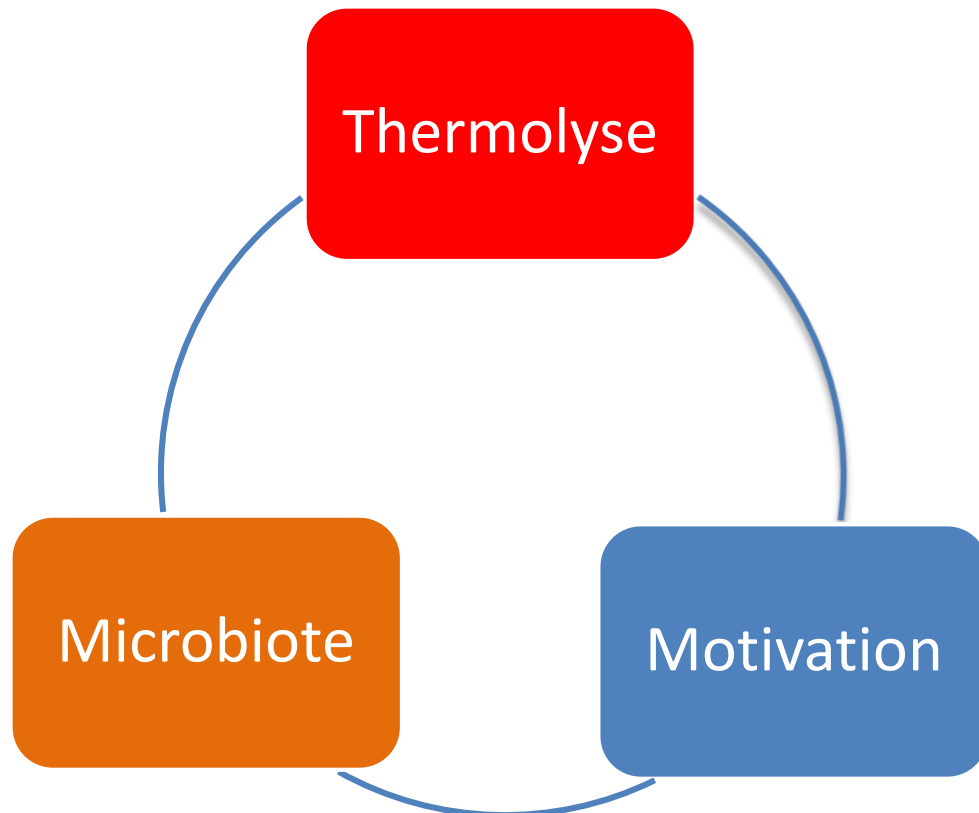
**Normalisation bilan hépatique, rénal, CPK**

**American College of Sports Medicine Roundtable on  
Exertional Heat Stroke — Return to Duty/Return  
to Play: Conference Proceedings**



# Reprise activité

- ▶ Le sujet va-t-il récidiver ?



# Motivation

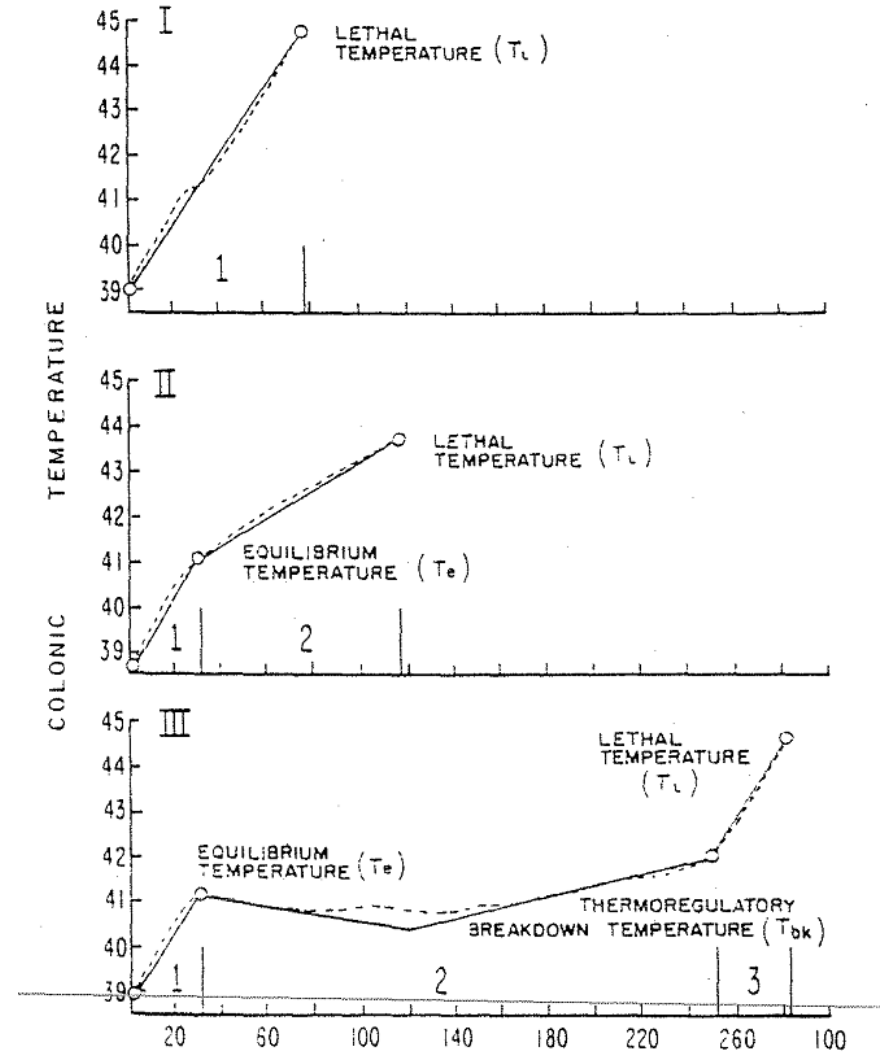
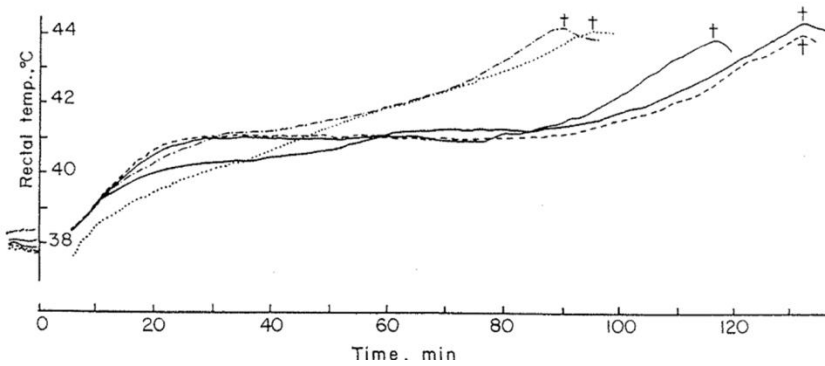
---

- ▶ En cours d'exploration
  - ▶ Quels outils ?
  - ▶ Quelle temporalité ?



# Thermolyse

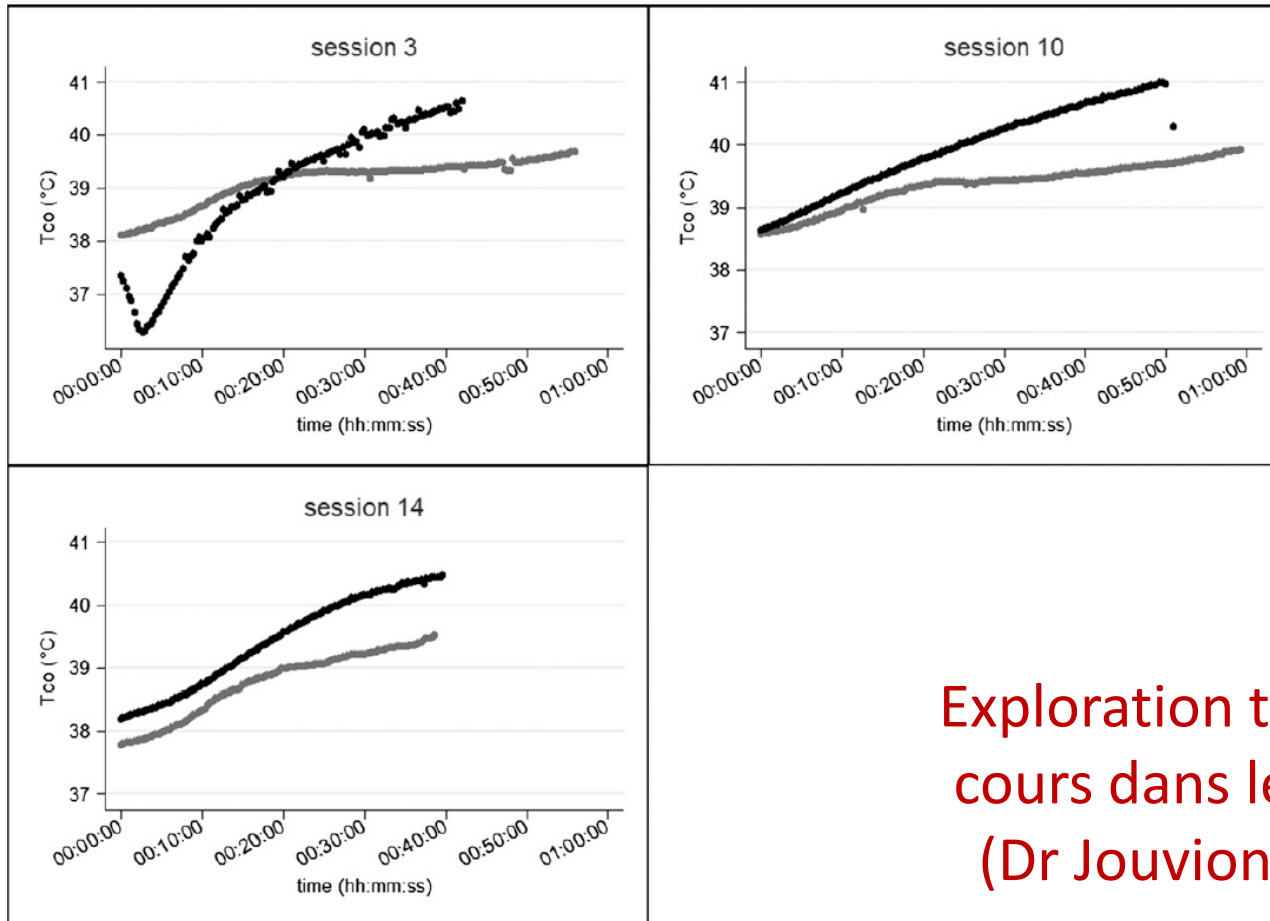
## ▶ Animal



# Thermolyse

## Thermoregulatory Response to Exercise After Exertional Heat Stroke

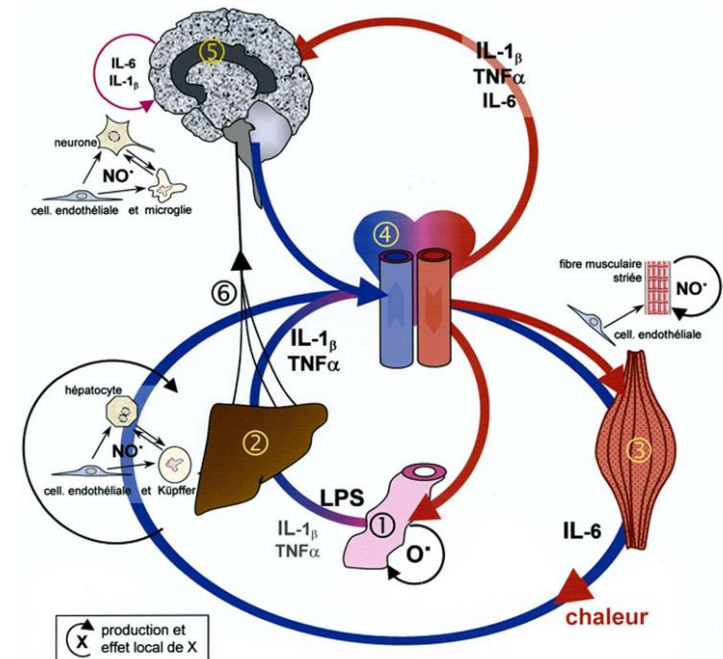
### ► Homme



Exploration toujours en cours dans les Armées (Dr Jouvion, Pr Aigle)

## Microbiote

- ▶ Levures champignons & bactéries
  - ▶ ≈ 1 à 3 10<sup>13</sup> bactéries (100 1000 milliards)
  - ▶ ≈ 3 M de gènes (versus 23 000 gènes humain)
- ▶ Hypothèse
  - ▶ Association LPS / endotoxines ?
- ▶ Etude ARN 16 S bactéries



# Microbiote

---

## ▶ Étude complexe

▶ Au commencement était l'**Empire**, qui avait contre attaqué

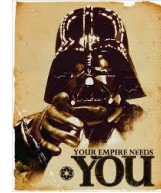
▶ Procaryote & eucaryote

▶ Puis vint le **Règne (= rang)**

▶ Procaryote = bactéries & archées

▶ Eucaryote = plantes, algues, champignons & animaux

▶ Et ensuite, la (les ?) **Division (= phylum)**



# Enjeux

---

- ▶ Identifier facteurs de récidence
  - ▶ Individu



# Merci pour votre attention



**Cabinet de neurologie**

Aix en Provence *Sapere Aude*



Alain Vaissiere, la conscience de l'esprit

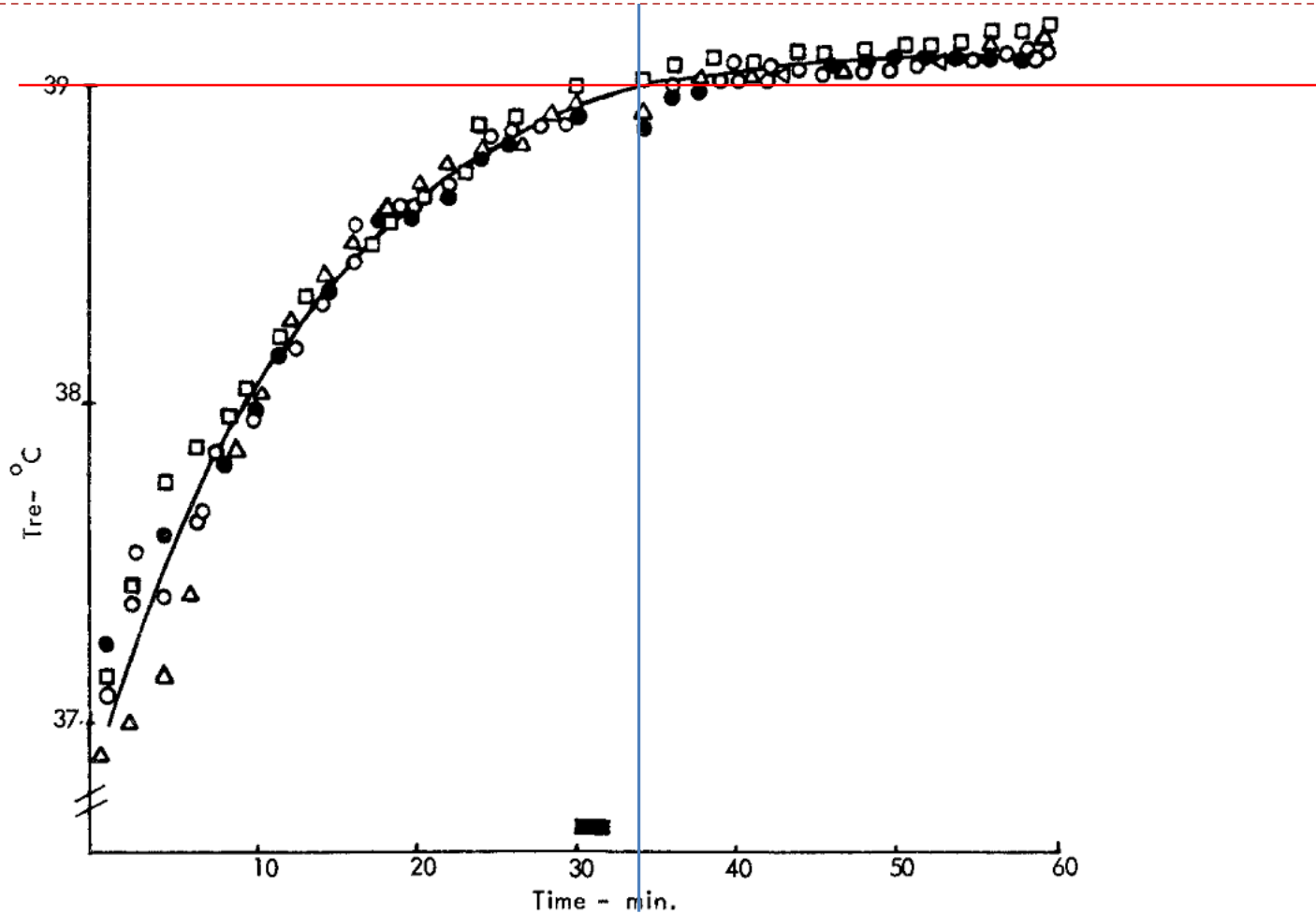
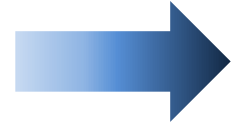
Patrick Ventujol





# Compléments

# Température à l'effort



Athlètes hommes & femmes, sédentaires, sujets âgés ( $60 \pm 10$ )  
Course sur tapis roulant, 1h, humidité  $< 50\%C$ ,  $T^{\circ} 21^{\circ}C$ , vent  $< 5m/s$

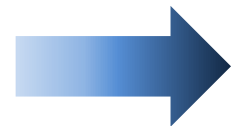


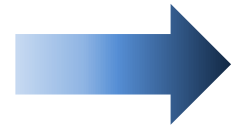
# Thermoregulatory responses during competitive marathon running

M. B. Maron, J. A. Wagner, S. M. Horvath

Journal of Applied Physiology Published 1 June 1977 Vol. 42 no. 6, 909-914 DOI:

- ▶ Marathon: T° rectale enregistrée sur 2 coureurs
  - ▶ #1: 2h42, perd 3 kg      T° moyenne 40 - 40,1°C
  - ▶ #2 : 2h44, perd 2,4 kg      T° moyenne 38,9 -39,2°C
- ▶ 2 profils différents pour 2 temps similaires
  - ▶ #1: pic 40,9 à 41,9°C entre 1h53 et 1h59
    - ▶ Pas de changement vitesse
    - ▶ Aucun signe de CCE





# Conduction

---

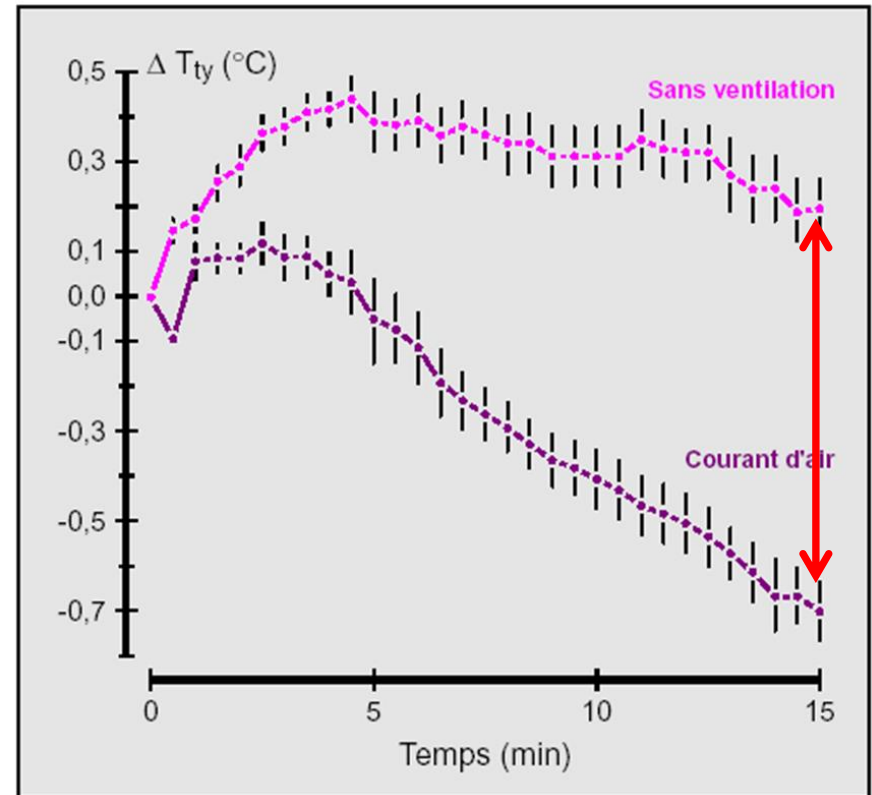
- ▶ Négligeable en pratique
  - ▶ 3% au repos
  - ▶ Sauf si "inversion" du gradient (corps chaud, environnement froid)
    - ▶ avalanche

Conduction



# Convection

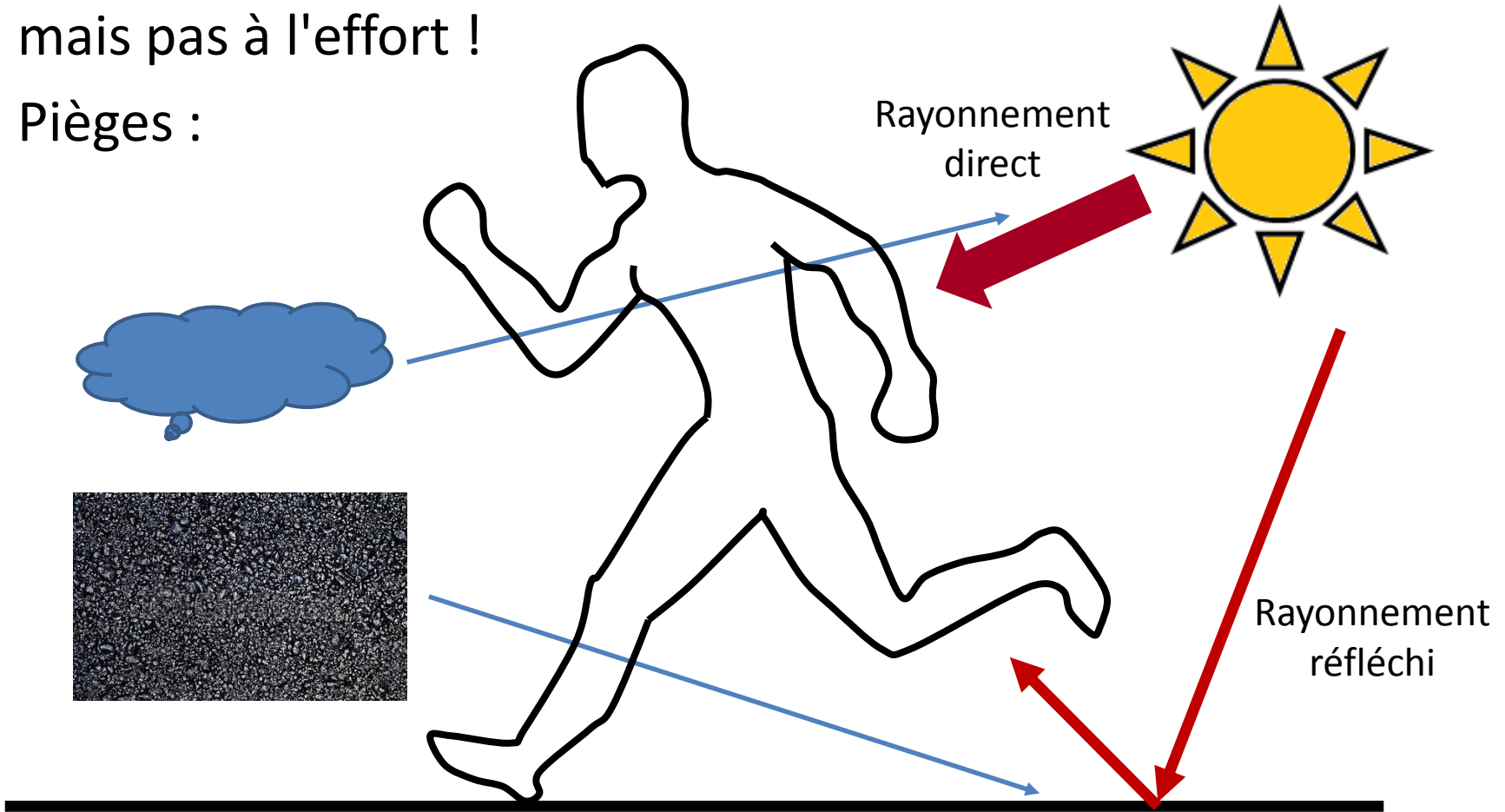
- ▶ Fluide : air ou eau
- ▶ Paramètres
  - ▶ Vitesse du fluide
    - ▶ Vent : course à pied vs cyclisme
  - ▶ Nature du fluide
    - ▶ Eau :  $\nearrow$  25 des échanges

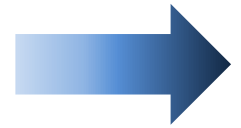


1°C en 15'

# Radiation

- ▶ Principal mode de transfert de chaleur au repos (60%), mais pas à l'effort !
- ▶ Pièges :





# Evaporation

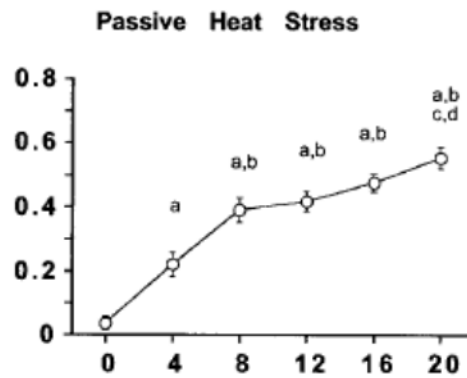
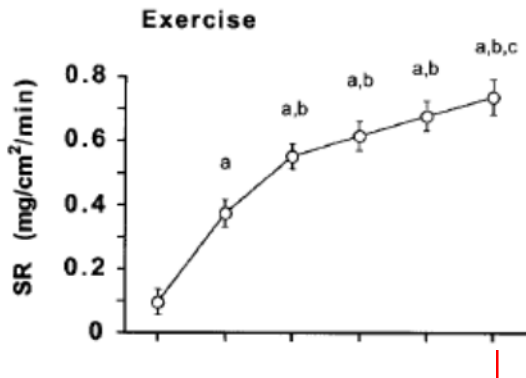
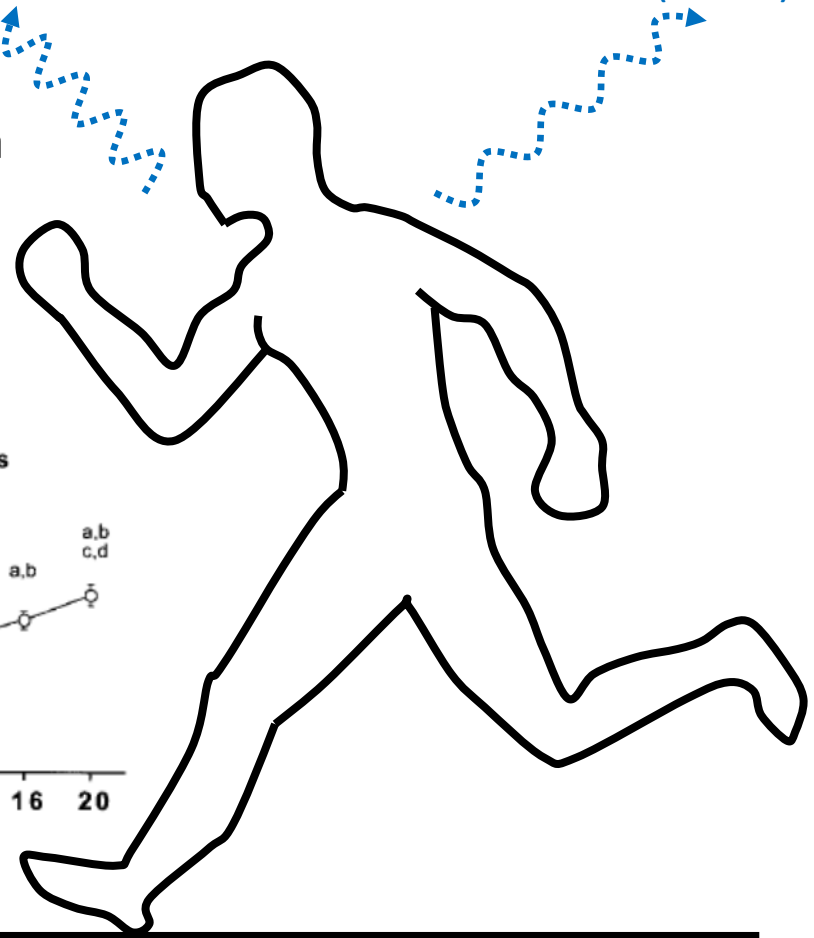
## ▶ Principal mode d'élimination

### ▶ Une condition

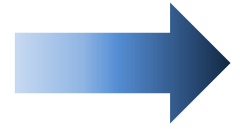
- ▶ L'air ambiant doit « accepter » la vapeur d'eau
- ▶ => humidité relative < 100%  
(dépend température ambiante)

Ventilatoire

Cutanée (sueur)



# Refroidissement sur le terrain



Crédit: Dr B Lavenir





Lien CCE HMA

# Historique

---

- ▶ Coup de chaleur d'exercice (CCE)
  - ▶ Exploration HIA Laveran depuis années 90
    - ▶ Anesthésiste (MGI 2S Aubert) => neurologue (MCS Brosset)
  - ▶ Formalisation 2004
    - ▶ Test de contracture in vitro (IVCT) => recherche susceptibilité hyperthermie maligne per anesthésique (HMA)
    - ▶ Spectroscopie au 31P => marqueur substitution IVCT



# Historique

---

## ▶ Coup de chaleur d'exercice (CCE)

### ▶ 2013

- ▶ Workshop HIA VDG
- ▶ Fin IVCT & spectroscopie
- ▶ Changement normes d'aptitude

### Round Table on Malignant Hyperthermia in Physically Active Populations: Meeting Proceedings

*Yuri Hosokawa<sup>1</sup>, Douglas J. Casa<sup>1</sup>, Henry Rosenberg<sup>2</sup>, John F. Capacchione<sup>3</sup>, Emmanuel Sagui<sup>4</sup>, Sheila Riazi<sup>5</sup>, Luke N. Belval<sup>1</sup>, Patricia A. Deuster<sup>3</sup>, John F. Jardine<sup>1</sup>, Stavros A. Kavouras<sup>6</sup>, Elaine C. Lee<sup>1</sup>, Kevin C. Miller<sup>7</sup>, Sheila M. Muldoon<sup>3</sup>, Francis G. O'Connor<sup>3</sup>, Scott R. Sailor<sup>8</sup>, Nyamkhishig Sambuughin<sup>3</sup>, Rebecca L. Stearns<sup>1</sup>, William M. Adams<sup>1</sup>, Robert A. Huggins<sup>1</sup>, Lesley W. Vandermark<sup>1</sup>*

J Athl Train 2017

Malignant Hyperthermia, Exertional Heat Illness, and RYR1 Variants: The Muscle May Not Be the Brain

Emmanuel Sagui, M.D., Anesthesiology, 2016

## Is There a Link between Exertional Heat Stroke and Susceptibility to Malignant Hyperthermia?

Emmanuel Sagui<sup>1,2,3\*</sup>, Coline Montigon<sup>1,2</sup>, Amandine Abriat<sup>4</sup>, Arnaud Jouvion<sup>1</sup>, Sandrine Duron-Martinaud<sup>5</sup>, Frédéric Canini<sup>2,6</sup>, Fabien Zagnoli<sup>2,7</sup>, David Bendahan<sup>8</sup>, Dominique Figarella-Branger<sup>9</sup>, Michel Brégigeon<sup>1</sup>, Christian Brosset<sup>1</sup>

PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0135496 August 10, 2015

