

LA BIOLOGIE DES SPORTS D'ENDURANCE

Stéphane Bermon, MD, PhD

Directeur Département Science et Santé, World Athletics, 98000 Monaco
Laboratoire Motricité Humaine Expertise Sport Santé (LAMHESS, UPR 6312)

E-mail : stephane.bermon@worldathletics.org

WORLD ACADEMY

FOR ENDURANCE MEDICINE



PLAN

- ✓ Le Contexte
- ✓ Les Principales Pathologies Aigues
- ✓ Hyponatrémie d'Exercice (EAH)
- ✓ Insuffisance Rénale Aigue/Rhabdomyolyse
- ✓ Hyperthermie Maligne d'Effort (EHS)
- ✓ Causes Cardiaques
- ✓ Conclusions Pratiques



**WORLD
ACADEMY**

FOR ENDURANCE MEDICINE

LE CONTEXTE



**WORLD
ATHLETICS**

LA PRATIQUE : MONDE & FRANCE

■ AU NIVEAU MONDIAL

LES SPORTS LES PLUS TÉLÉCHARGÉS SUR STRAVA EN 2023

- | | | |
|--------------------|---------------------------|-----------------|
| 1. COURSE À PIED 🏃 | 2. VÉLO (Y COMPRIS VAE) 🚲 | 3. MARCHÉ 🚶 |
| 4. TRAIL 🏃 | 5. GRAVEL ET VTT 🚲 | 6. RANDONNÉE 🚶 |
| 7. VÉLO VIRTUEL 🚲 | | |
| 8. ENTRAÎNEMENT 🏃 | 9. NATATION 🏊 | 10. SKI ALPIN ⛷ |

■ EN FRANCE

- | | | |
|--------------------|---------------------------|--------------------|
| 1. COURSE À PIED 🏃 | 2. VÉLO (Y COMPRIS VAE) 🚲 | 3. TRAIL 🏃 |
| 4. MARCHÉ 🚶 | 5. GRAVEL ET VTT 🚲 | 6. RANDONNÉE 🚶 |
| 7. SKI ALPIN ⛷ | | |
| 8. ENTRAÎNEMENT 🏃 | 9. NATATION 🏊 | 10. VÉLO VIRTUEL 🚲 |



CHINE

China's latest wellness trend? Marathons. But good luck getting a spot.

It's now almost impossible to get into the big running races, so smaller cities are coming up with inventive ways to attract athletes — and their cash.

By [Christian Shepherd](#) and [Vic Chiang](#)
May 10, 2024 at 5:00 a.m. EDT



Beijing's marathon in October saw 130,000 runners vying for 30,000 slots. But the marathon in Wuxi, a trial race for the Paris 2024 Olympic Games, was even more in demand: A record 265,000 people applied for just 33,000 places. In the southwestern city of Chongqing, 100,000 people applied in a single day to enter the race, with only 4 percent of total applicants making it through the lottery and to the starting line.

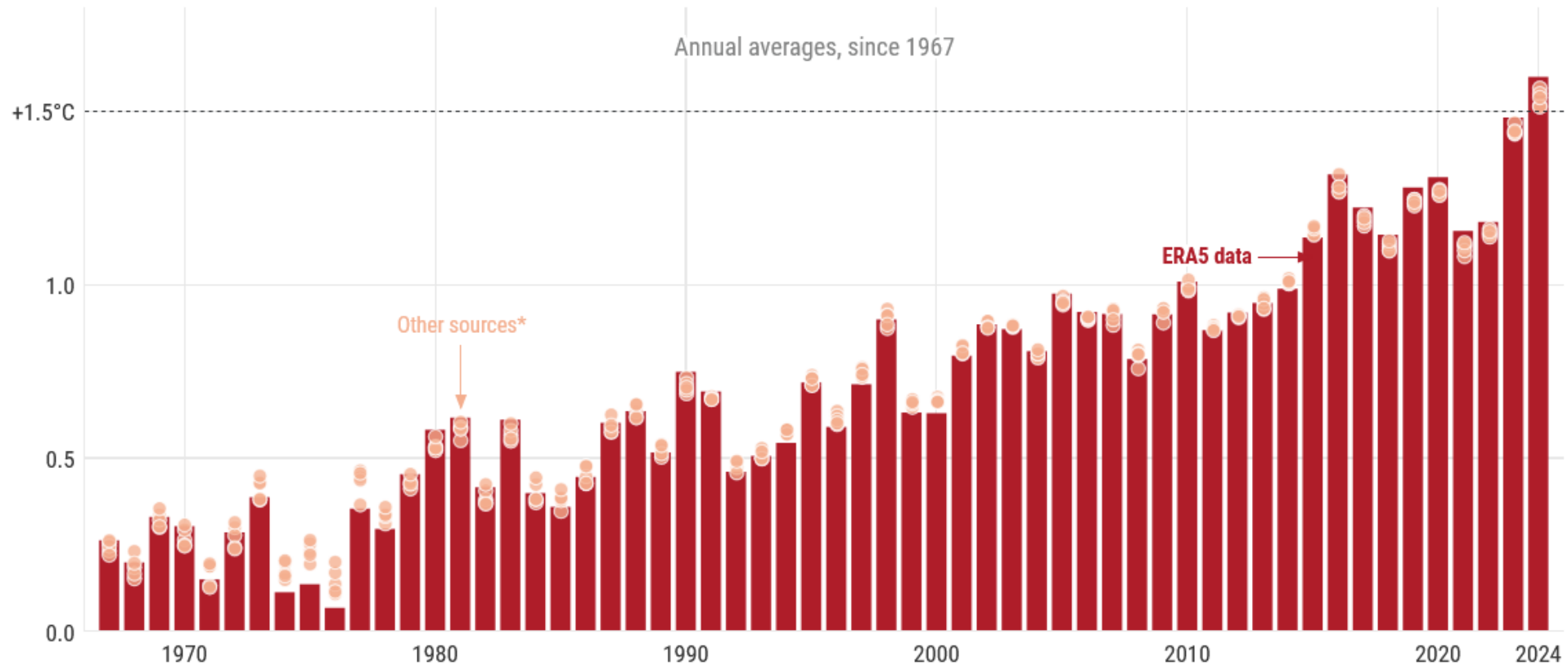
In a single weekend last month, almost 500,000 runners participated in more than 50 marathons across China.



RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Global surface temperature: increase above pre-industrial

Reference period: pre-industrial (1850–1900) • Credit: C3S/ECMWF



*Other sources comprise JRA-3Q, GISTEMPv4, NOAA GlobalTempv6, Berkeley Earth, HadCRUT5.



**WORLD
ATHLETICS**

LES PRINCIPALES PATHOLOGIES (aigues)

- Hyponatrémie Associée à l'Exercice (EAH)
- Les Pathologies Rénales et Musculaires
- L'Hyperthermie Maligne d'Effort (EHS)

- ✓ Epidémiologie
- ✓ Physiopathologie
- ✓ Diagnostic et le rôle de la Biologie
- ✓ Traitement

HYPONATREMIE (EAH)

- **Definition :**
 - $[\text{Na}^+] < 135 \text{ mmol/L}$ durant ou dans les 24h qui suivent un exercice
- **Physiopathologie :**
 - Hyperhydratation + SIADH + perte Na^+ sudorale (?)
- **Prévalence :**
 - Jusqu'à 50% courses d'ultra-endurance (>6 heures)
 - 1 à 22% sur marathon (Hoffman et al. 2013)

Study (Year)	Prevalence of EAH
Hew et al., 2003 [69]	<1%
Chorley et al., 2007 [70]	22%
Almond et al., 2005 [71]	13%
Hsieh et al., 2002 [72]	5.6%
Siegel et al., 2009 [73]	4.8%
Mettler et al., 2008 [74]	3%

HYPONATREMIE (EAH)

- Facteurs de Risque :

- Hyperhydratation
- Sexe féminin
- Petit poids
- Coureur lent/inexpérimenté
- AINS

- Symptômes :

- Troubles cognitifs
- Céphalées
- Nausées, vomissements
- Gain de poids
- OAP
- Crampes

HYPONATREMIE (EAH)

- **Diagnostics Différentiels :**
 - EHS (Hyperthermie)
 - Hypoglycémie
 - Perturbations digestives liées à l'Effort
- **Biologie :**
 - $130 < [\text{Na}^+] < 135 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$: asymptomatique
 - $125 < [\text{Na}^+] < 130 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$: modérée
 - $[\text{Na}^+] < 125 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$: sévère



BIOLOGIE DELOCALISEE D'URGENCE

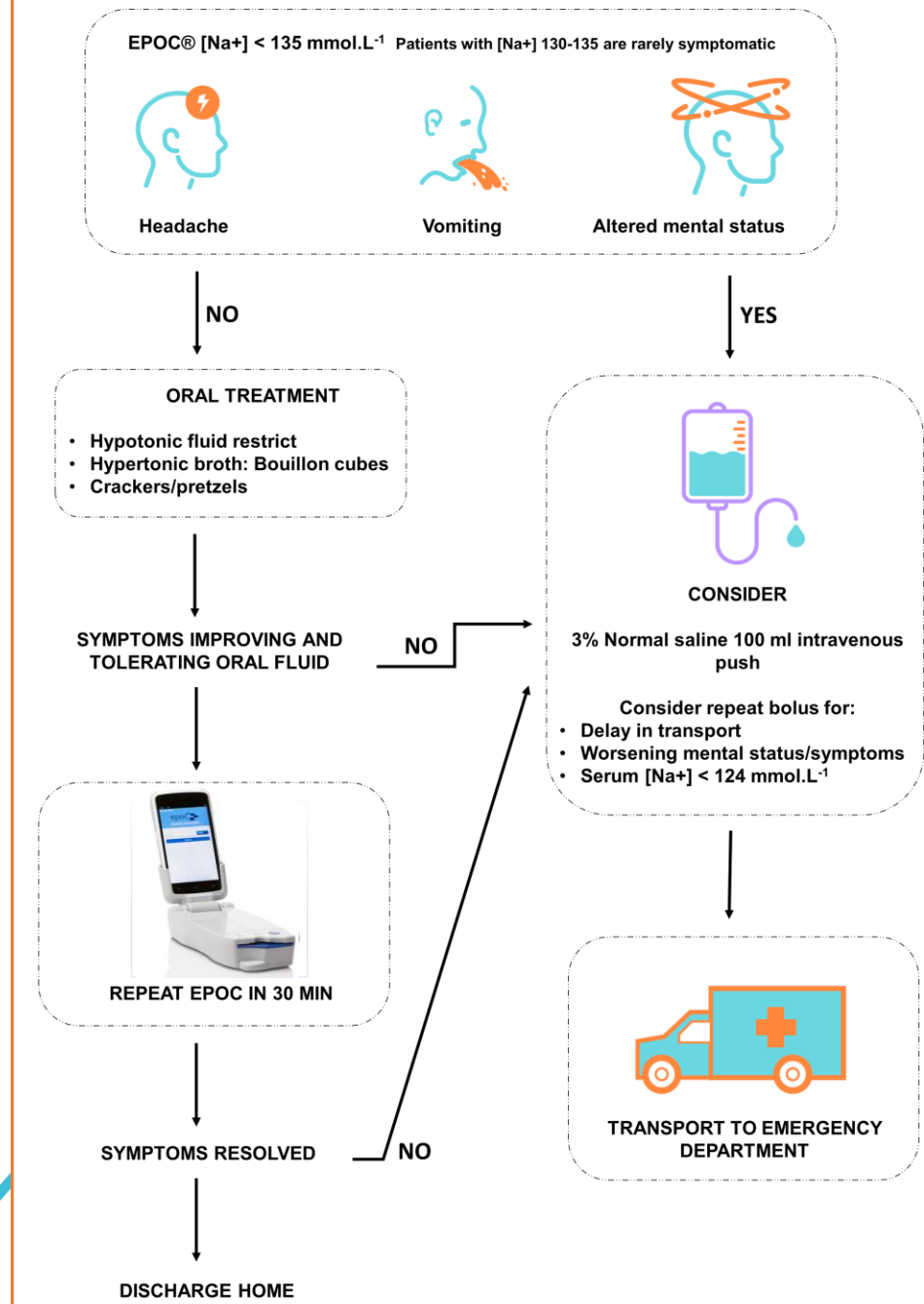


HYPONATREMIE (EAH)



TRAITEMENT EAH

Toujours mesurer la $[Na^+]$
avant de placer une voie IV
chez un coureur qui vomit ou
avec altération cognitive !



HYPONATREMIE (EAH) : MESSAGES DE PREVENTION

Deux Formes Cliniquement Significatives d'EAH :

- Hyponatrémie hypervolémique :
 - Hyperhydratation du marathonien débutant
 - Intérêt diagnostic de la prise de poids
 - **Boire lorsque la soif pointe!**
- Hyponatrémie hypovolémique :
 - Pertes sudorales majeures non compensées – Durée
 - Ultra-endurance
 - Peut être associée à une déshydratation et perte de poids
 - Apport Na⁺ pendant l'épreuve ?

INSUFFISANCE RENALE AIGUE



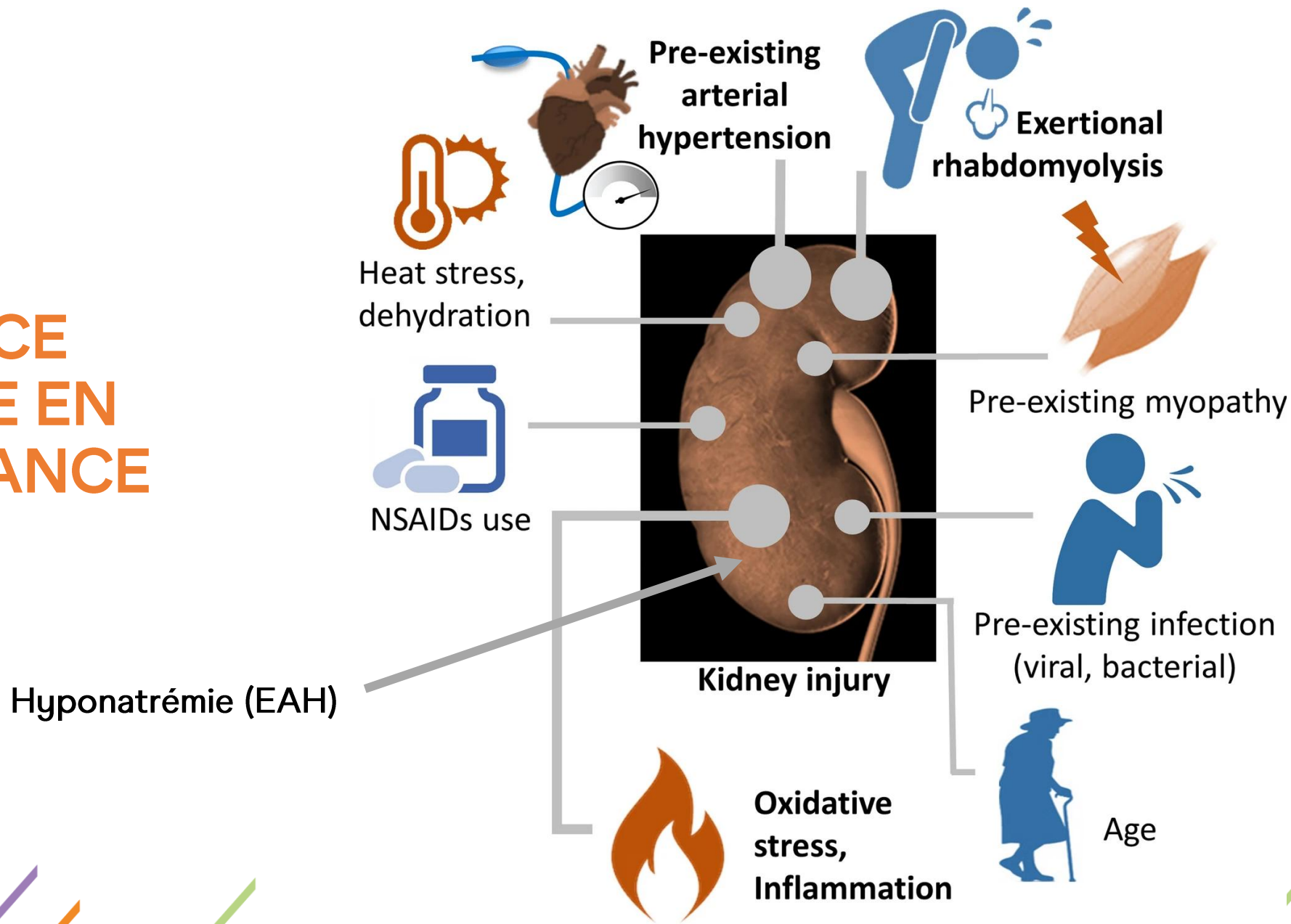
INSUFFISANCE RENALE AIGUE

Table 3. AKI cases sorted by race category.

Race Category (Number of Studies)	Length (km)	Elevation (m)	Population; Gender; Age	AKI Cases (<i>n</i> and %)			
				Risk	Injury	Failure	Total
Medium (3)	65.33 ± 1.52	3630 ± 1950	60 (4 F,56 M) 42.98 ± 2.45	34 56.67%	0 0%	0 0%	34 53.67%
Large (3)	83.66 ± 4.75	1166 ± 288	69 (8 F,61 M) 39.60 ± 4.05	1 1.44%	4 5.80%	0 0%	5 7.24%
Extra (10)	136.22 ± 39.59	4851 ± 3440	826 (219 F, 607 M,) 42.92 ± 3.38	287 34.74%	34 4.11%	1 0.12%	304 38.98%
Multistage (2)	2500 ± 0	2000 ± 0	158 (43 F,115 M) 39.6 ± 2.1	70 44.30%	37 23.41%	0 0%	108 68.35%
Total (18)	127.82 ± 61.56	3560 ± 2951	1113 (274 F, 839 M)	392 35.22%	75 6.73%	1 0.1%	468 42.04%

Lecina et al., 2022

INSUFFISANCE RENALE AIGUE EN ULTRA-ENDURANCE



Biologie d'Urgence – Intérêt des bandelettes urinaires?

- Khodae et al., 2015 :
 - 37 participants du Leadville 100 miles trail (2800 – 3840m altitude)
 - Fonction rénale pre – post
 - 18 coureurs (48%) : Insuffisance rénale grade 1 (Creatinine > 1,5 x repos)
 - Bandelettes Urinaires :
 - Densité > 1,025 et Protéinurie > +
 - Prédiction Insuffisance rénale Se : 81,3%, Specificité : 87,5%

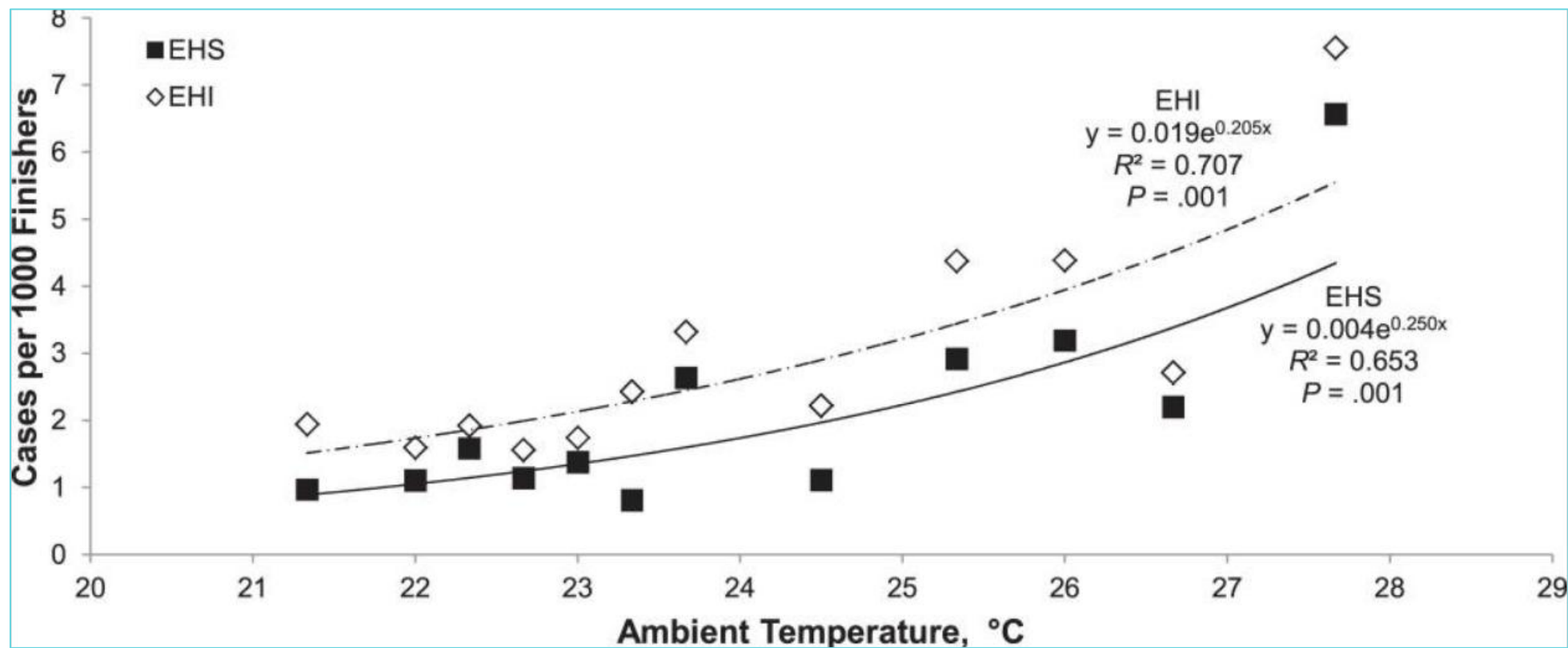


HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT (HME)

Armée Britannique, Irak, 1943



HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

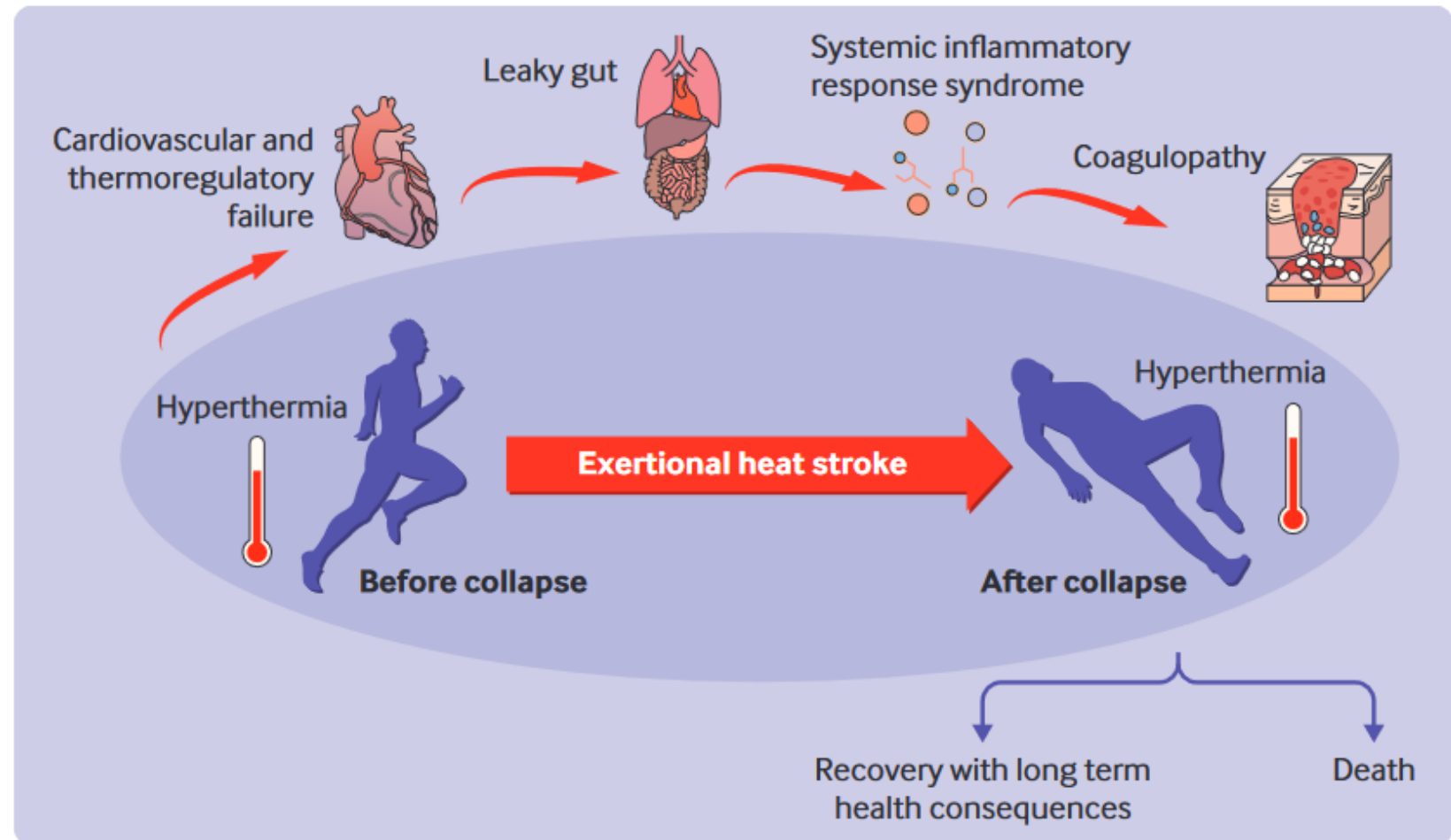


HME : PHYSIOPATHOLOGIE

HME:

- **Potentiellement Léthale**
- Environ 27% mortalité si mal prise en charge

Garcia et al., 2022



HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

Conséquences à Long Terme :

150 victimes d'Hyperthermie Maligne vs 150 controles: suivi sur 14 ans (Wang et al., 2019):

- Evenements Cardiovasculaires : 32.7% vs 16.7%
- Coronaropathies : 16% vs 6.7%
- IDM : 6% vs 1.3%
- AVC : 12% vs 4.7%
- Pathologie Rénale Chronique : 17.3% vs 6.7%

Limitations: Pas HME (HM), age environ 50 ans, pas de différence initiale mais possibles facteurs prédisposants inconnus...

Conséquences à Long Terme :

US Army 30 ans suivi retrospectif : HME vs Appendicite (*Wallace et al., 2007*):

Cox proportional hazards models for risk of specific causes of a priori interest among men

Cause of death ^a	Heat illness <i>n</i> (%)	Appendicitis <i>n</i> (%)	Rate ratio ^b (95% CI) (age ^c as matching variable)
CVD ^d	25 (23)	128 (22)	1.84 (1.19–2.85)
IHD ^e	8 (7)	35 (6)	2.23 (1.02–4.90)
CVD ^f	17 (15)	92 (16)	1.71 (1.01–2.89)
Liver disease ^g	6 (5)	18 (3)	2.98 (1.17–7.60)
Liver disease ^h	2 (2)	12 (2)	1.41 (0.31–6.37)
Renal failure ⁱ	1 (<1)	2 (<1)	4.05 (0.34–48.4)
Heat related ^j	28 (25)	142 (25)	2.02 (1.37–2.98)

TRAITEMENT

Body Cooling Strategies (56, 63, 61, 64, 65, 66, 67,
68, 69, 70, 71, 72, 73)

Treatment Notes

Approximate Cooling
Rate ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$)^aIce water ($\sim 2^{\circ}\text{C}$) or cold water ($\sim 20^{\circ}\text{C}$) immersion
with stirringImmerse the full body up to the neck including upper and
lower extremities ($\sim 90\%$ body surface area) in a tank/
tub, circulate the water to increase heat transfer, add ice
during cooling to maintain water temperature, support
head and airway above water level.

0.13 to 0.35

Immerse as much of the torso and pelvic region ($\sim 90\%$
body surface) following full body treatment. Upper
extremities not in water should be cooled with other
strategies

0.25

Cold water dousing

Free flowing hose or bucket of water applied to
the whole body—extremities, feet, neck,
and head (with hood).

0.04 to 0.20

Tarp-assisted water ice/cold immersion

Providers place tarp with patient, water,
and ice to surround as much of the torso, groin,
and legs as possible. Immerse as possible. Circulate the
water.

0.14 to 0.17

Ice/cold water-soaked towels

Towels should be applied to the limbs (including feet and
hands), trunk, and head with ice packs placed in the
groin, axilla, and neck; include as much of the body as
possible ($\sim 90\%$ body surface area). Wring towels after
soaking in bucket of ice water and change the towels
rapidly.

0.11 to 0.16

Ice/cold water sheets

The whole body ($\sim 90\%$ of body surface area) is wrapped
in large sheets that are soaked with cold water. Sheets
stay in place and are frequently rewetted. A fan directed
at the body can be added.

0.05 to 0.06

Cold water immersion in portable water-impermeable
bagImmerse the full body up to the neck including upper and
lower extremities ($\sim 90\%$ body surface area) in the bag,
support head and airway out of the bag.

0.04

Water spray/mister or high powered fan
with water sprayPatient should be placed supine on a cot or table. As much
of the body surface should be exposed (*i.e.*, remove
clothes and shoes) to the fan and mist as possible.

0.03 to 0.17

COOL FIRST, TRANSPORT SECOND!!!



Roberts et al., 2023

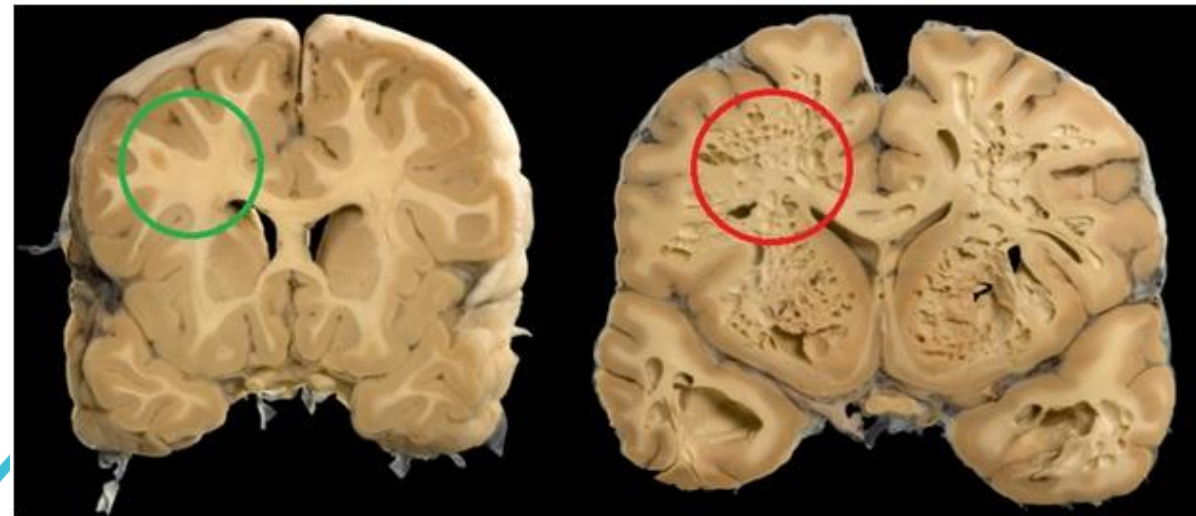
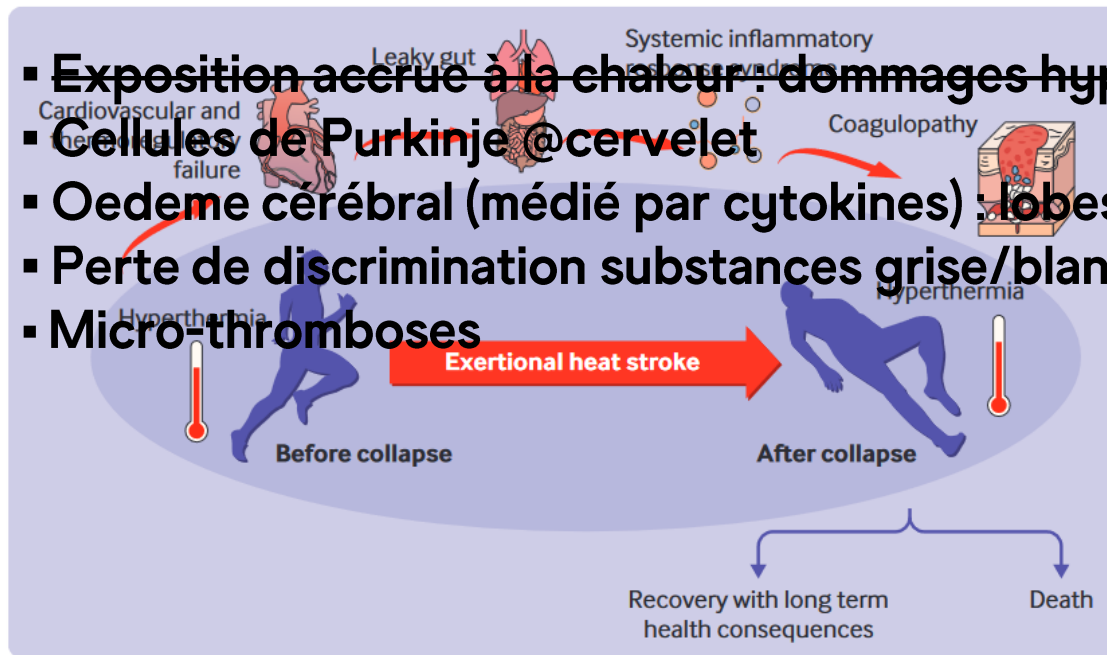
Facteurs de Risque :

- Infection récente ou intercurrente
- ATCD HME
 - RR d'une seconde HME (333 HME sur 174,853 finishers 11.4 km (Stearns et al., 2020)):
 - * 3.3 dans les 2 ans suivant l'épisode initial
 - * 1.3 dans les 3 à 5 ans suivant l'épisode initial
- Sujet âgé:
 - diminution de la fonction CV et des aptitudes sudorales
- IMC et/ou Masse Grasse importants:
 - Isolation des tissus
 - Inflammation systémique de bas grade
- Manque d'acclimatation à la chaleur :
 - processus sudoral non optimal
 - Protection cellulaire insuffisante (Heat Shock Proteins)

HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

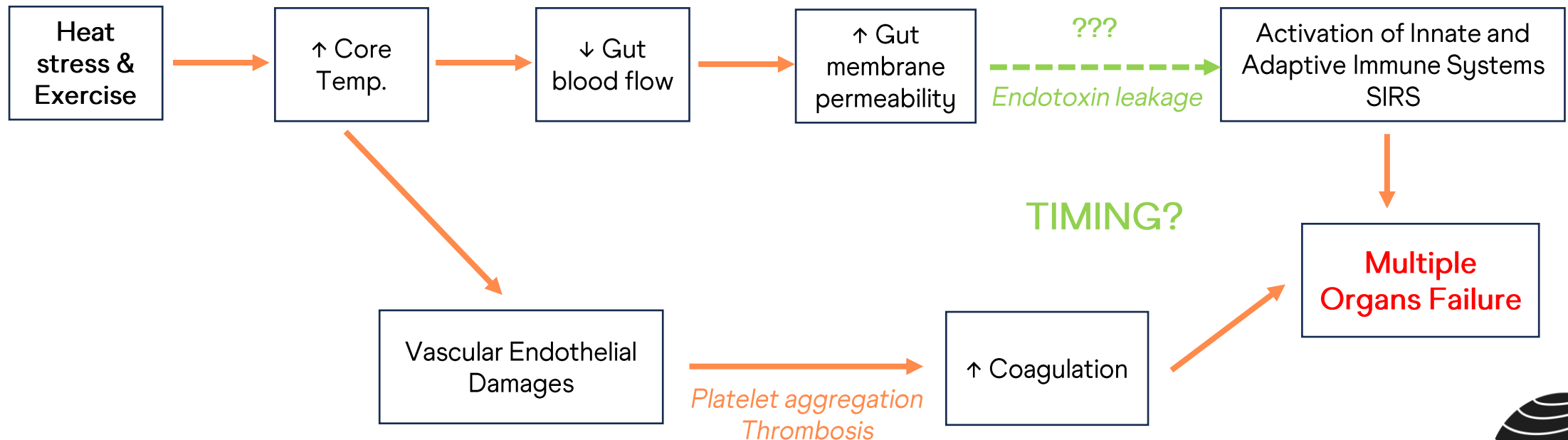
Impact sur le Cerveau:

- Exposition accrue à la chaleur : dommages hypothalamiques : altération thermoregulation
- Cellules de Purkinje @cervelet
- Oedeme cérébral (médié par cytokines) : lobes frontaux : changements de comportement
- Perte de discrimination substances grise/blanche
- Micro-thromboses



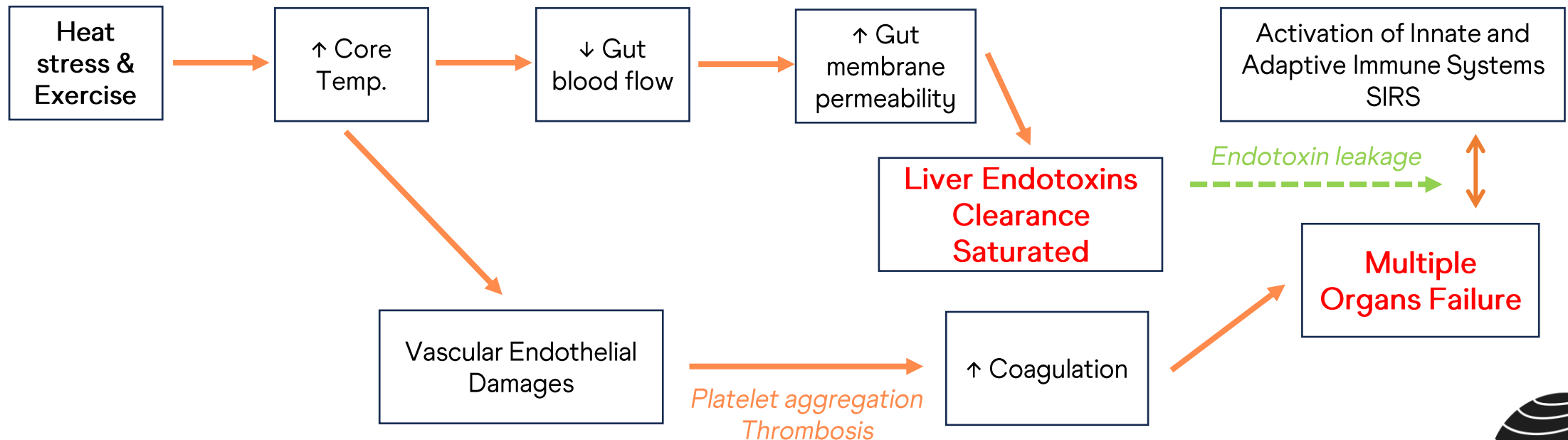
HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

Stress Thermique et Endotoxémie : Cause ou Conséquence?



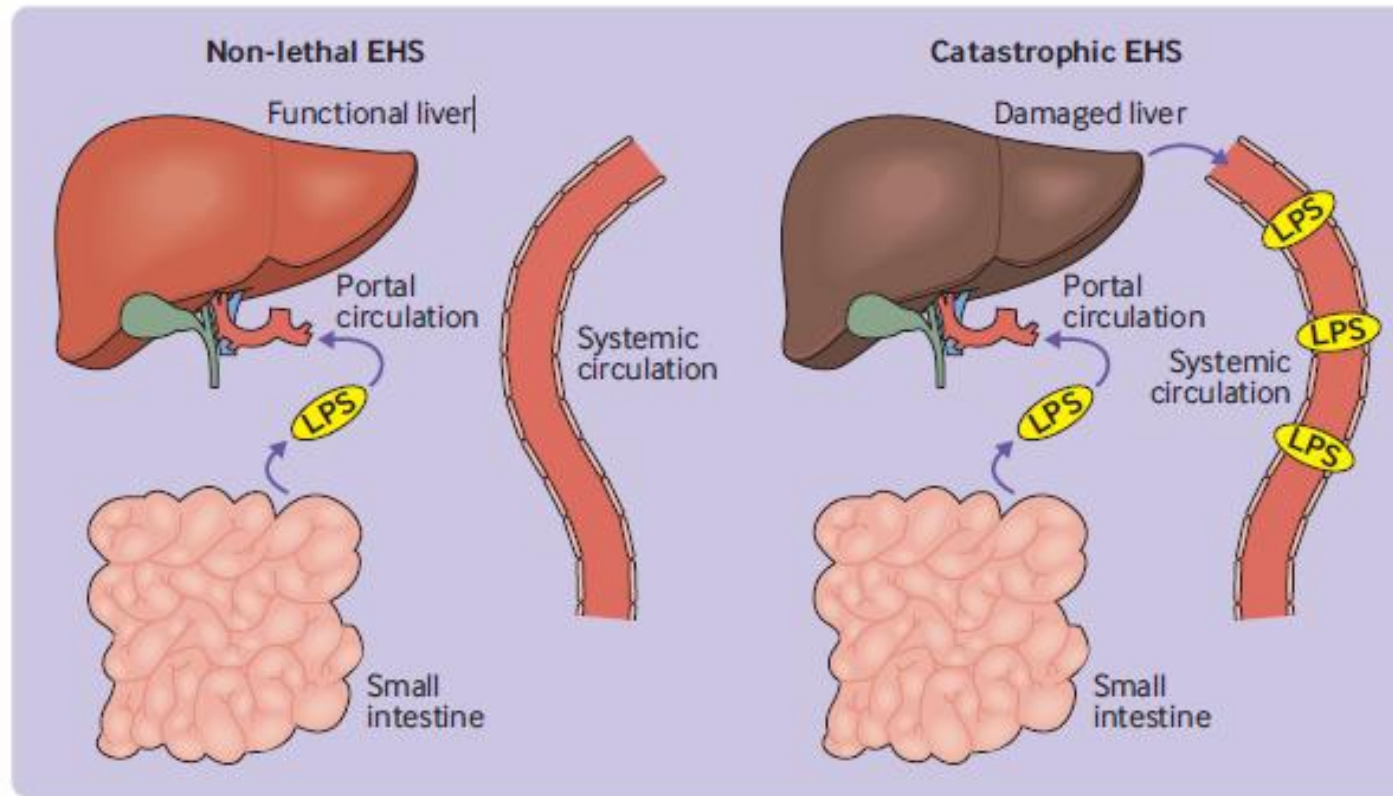
HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

Stress Thermique et Endotoxémie : Cause ou Conséquence?



HYPERTHERMIE MALIGNE D'EFFORT

Stress Thermique et Endotoxémie : Cause ou Conséquence?



From Garcia et al., 2022

CAUSES CARDIAQUES : MORT SUBITE DU SPORTIF

Données statistiques USA récentes

29 311 597 race finishers : 2010-2023:

- 176 cardiac arrests (127 men, 19 women, 30 sex unknown)

2000-2009 : Incidence arrêt cardiaque : 0,54 per 100 000 participants

2010-2023 : Incidence arrêt cardiaque : 0,60 per 100 000 participants

2000-2009 : incidence mort subite : 0,39 per 100 000

2010-2023 : incidence mort subite : 0,20 pour 100 000

2010-2023 :

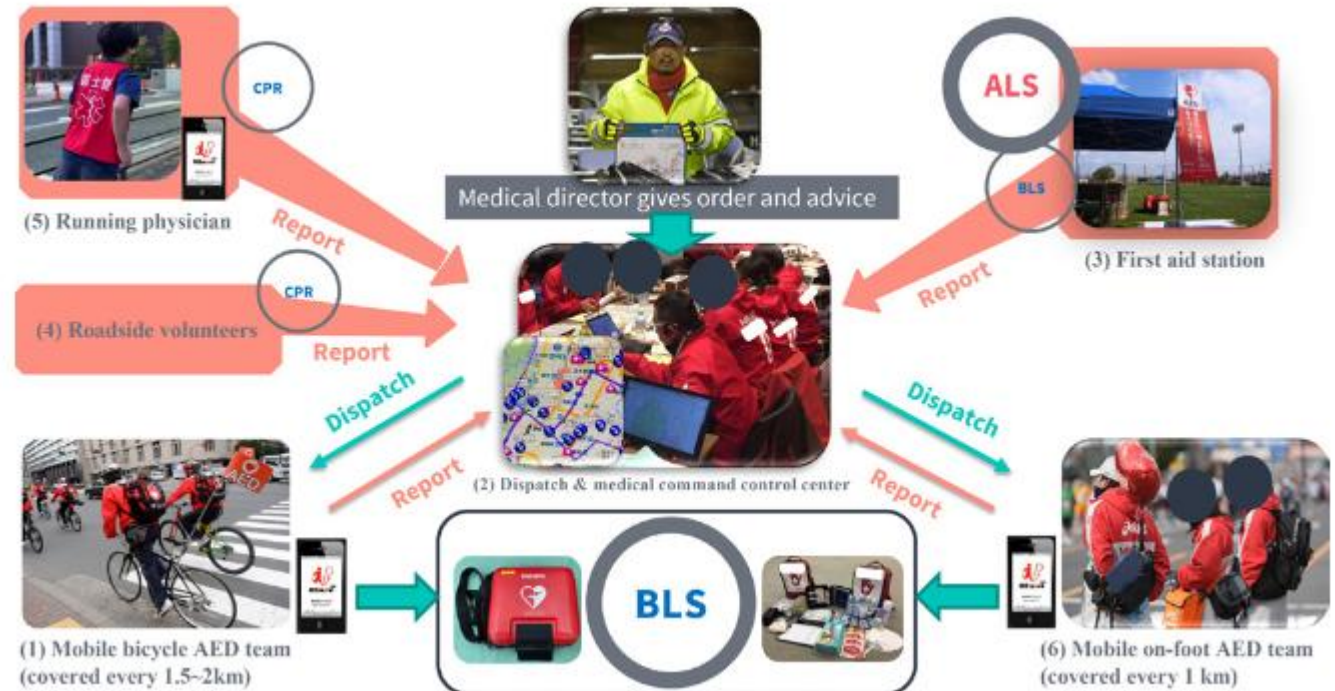
Hommes : 1,12 per 100 000 vs Femmes : 0,19 per 100 000

Marathon : 1,04 per 100 000 vs Semi-marathon 0,47 per 100 000

Kim et al. JAMA, 2025

Tanaka et al. BJSM 2022:

- 3 214 701 coureurs
- 334 marathons & course route
- Etude sur 13 ans
- SCA: 1.31/100 000/an
- Age Médian 51 yrs
- 42 SCA:
 - Retour spont. Circulation : 90.4%
 - Recup neuro @ 1 mois : 92.9%
 - 1 min CPR & 3 min DSA : 95.5%



CAUSES CARDIAQUES : MORT SUBITE DU SPORTIF

Données statistiques USA récentes

29 311 597 race finishers : 2010-2023:

- 176 cardiac arrests (127 men, 19 women, 30 sex unknown)

2000-2009 : Incidence arrêt cardiaque : 0,54 per 100 000 participants

2010-2023 : Incidence arrêt cardiaque : 0,60 per 100 000 participants

2000-2009 : incidence mort subite : 0,39 per 100 000

2010-2023 : incidence mort subite : 0,20 pour 100 000

2010-2023 :

Hommes : 1,12 per 100 000 vs Femmes : 0,19 per 100 000

Marathon : 1,04 per 100 000 vs Semi-marathon 0,47 per 100 000

40% des arrêts cardiaques : cause coronarienne.

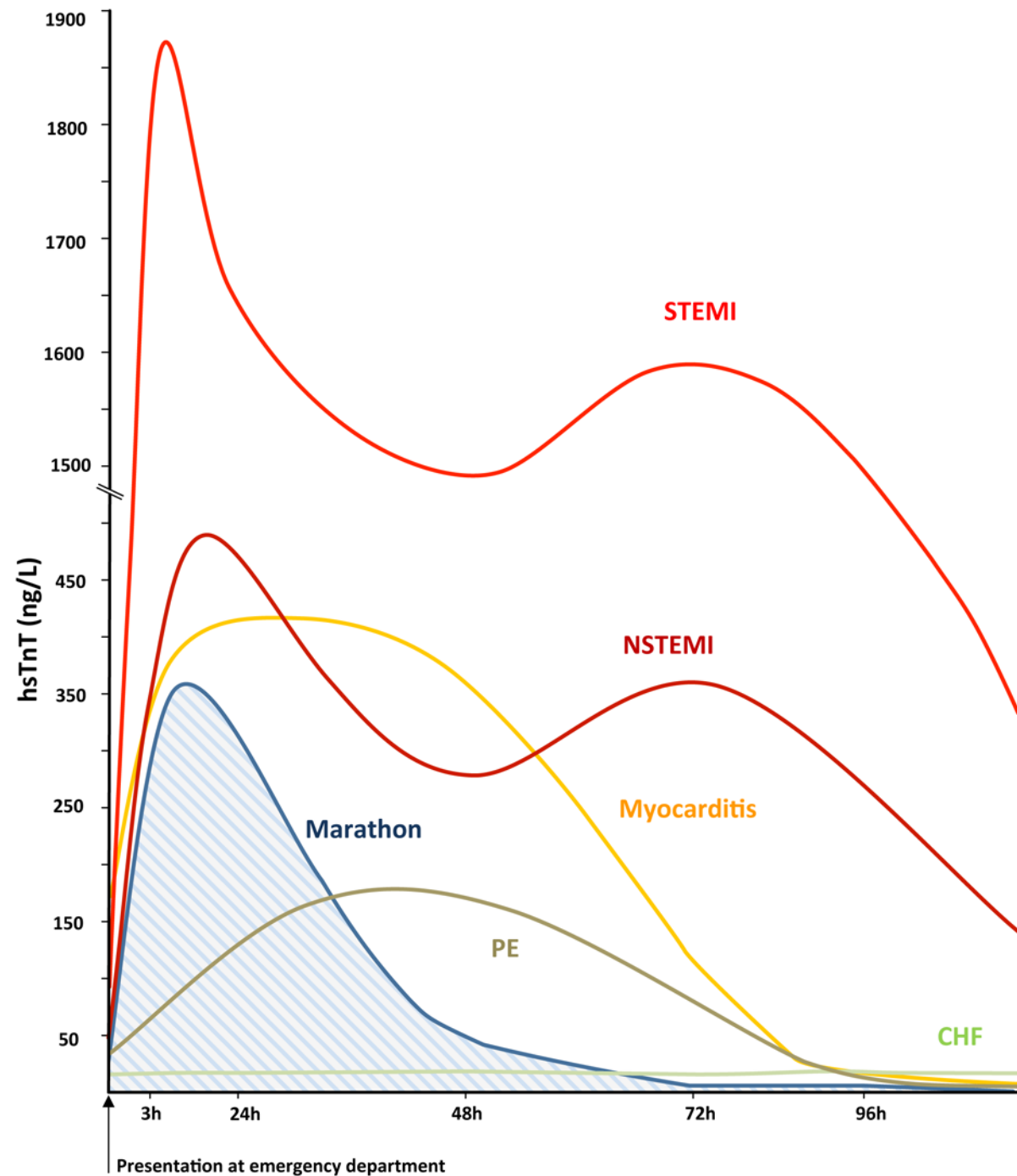
Kim et al. JAMA, 2025



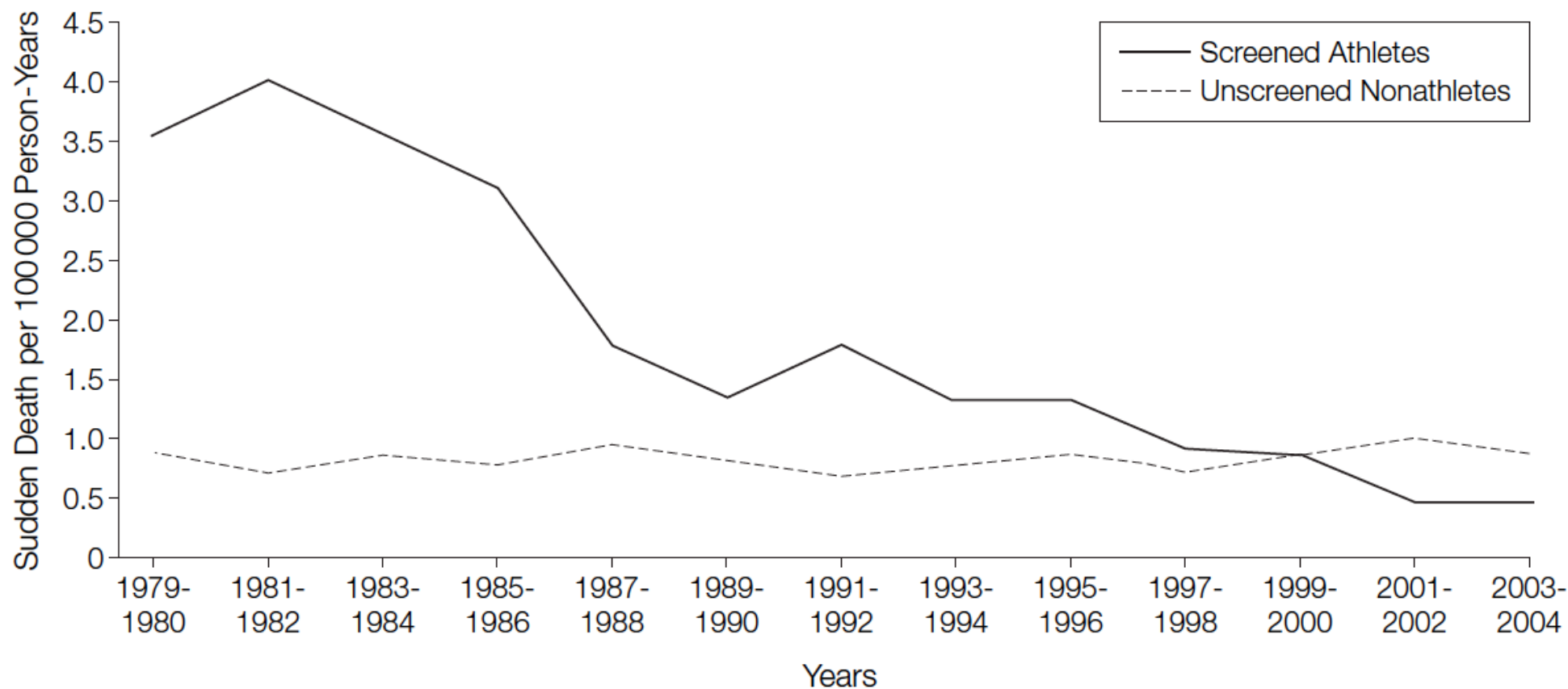
WORLD
ATHLETICS

BIOLOGIE CORONARIENNE

Sedaghat Hamedani et al., 2016



EFFECTS A LONG TERME DU SCREENING L' Expérience Italienne



Corrado et al., 2006



**WORLD
ATHLETICS**

CONCLUSIONS PRATIQUES

- 
- Développement rapide des sports (ultra) endurance
 - « Américanisation » du profil des participants
 - Réchauffement Climatique
 - Urgences Vitales et Pathologie Spécifiques :
 - Traitement sur Place de préférence
 - Apport +++ de La Biologie Délocalisée (PoC à la tente médicale)



- Gestion de la $[Na^+]$ et des règles de perfusion
- Hypoglycémie
- Appui Biologique quand ça tourne mal et/ou isolé :
 - HME mal gérée (atteinte viscérale multiple)
 - Rhabdomyolyse
 - Troubles de la coagulation
 - Insuffisance rénale aiguë : abus AINS
 - Déséquilibre acido-basique (gazométrie)
 - \$ Coronarien : Public ou coureur sympto & ECG+ (Troponine hs)

**WORLD
ACADEMY**

FOR ENDURANCE MEDICINE

MERCI DE VOTRE ATTENTION

