

Are all exertional heat stroke equal ?

– Actualités sur l'exploration des CCE : progrès et limites –

Date 29/04/2025

MCSCN Alexandra MALGOYRE
Pr Agrégé de l'Ecole du Val-de-Grâce

Institut de Recherche biomédicale des Armées, Académie de santé des armées
Chef du département environnements opérationnels

Pourquoi les distinguer ?

Are all exertional heat stroke equal ?

<p>2. Premier CCE simple, circonstanciel, sans signe de gravité clinique ou biologique et sans séquelle après :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Réentraînement bien conduit2. Normalité des explorations fonctionnelles3. Délai de 2 mois après la date du CCE	G	2
---	---	---

<p>3. CCE atypique et/ou grave et/ou récidivant sans séquelle : avis spécialisé systématique avec réalisation possible d'explorations fonctionnelles.</p> <p><i>Nota.</i> – L'aptitude à l'épreuve physique ayant entraîné le CCE et à toutes les missions en ambiance chaude, ainsi qu'au service incendie sera fonction des résultats des examens fonctionnels réalisés et du caractère organique ou fonctionnel de l'accident.</p>	G	2 à 5
---	---	-------

GRAVES

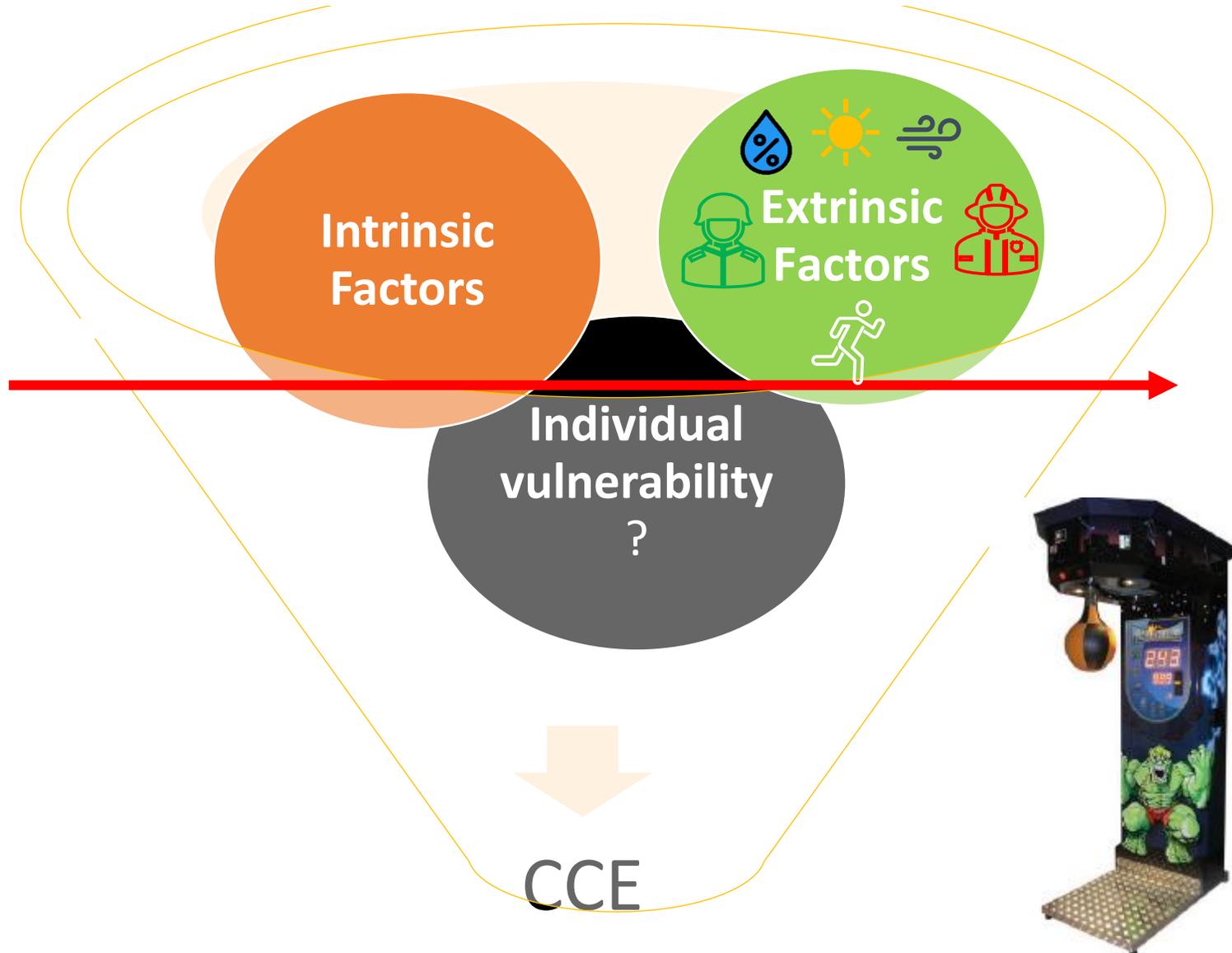
NON
CIRCONSTANCIELS

RECIDIVES

Un modèle additif des risques

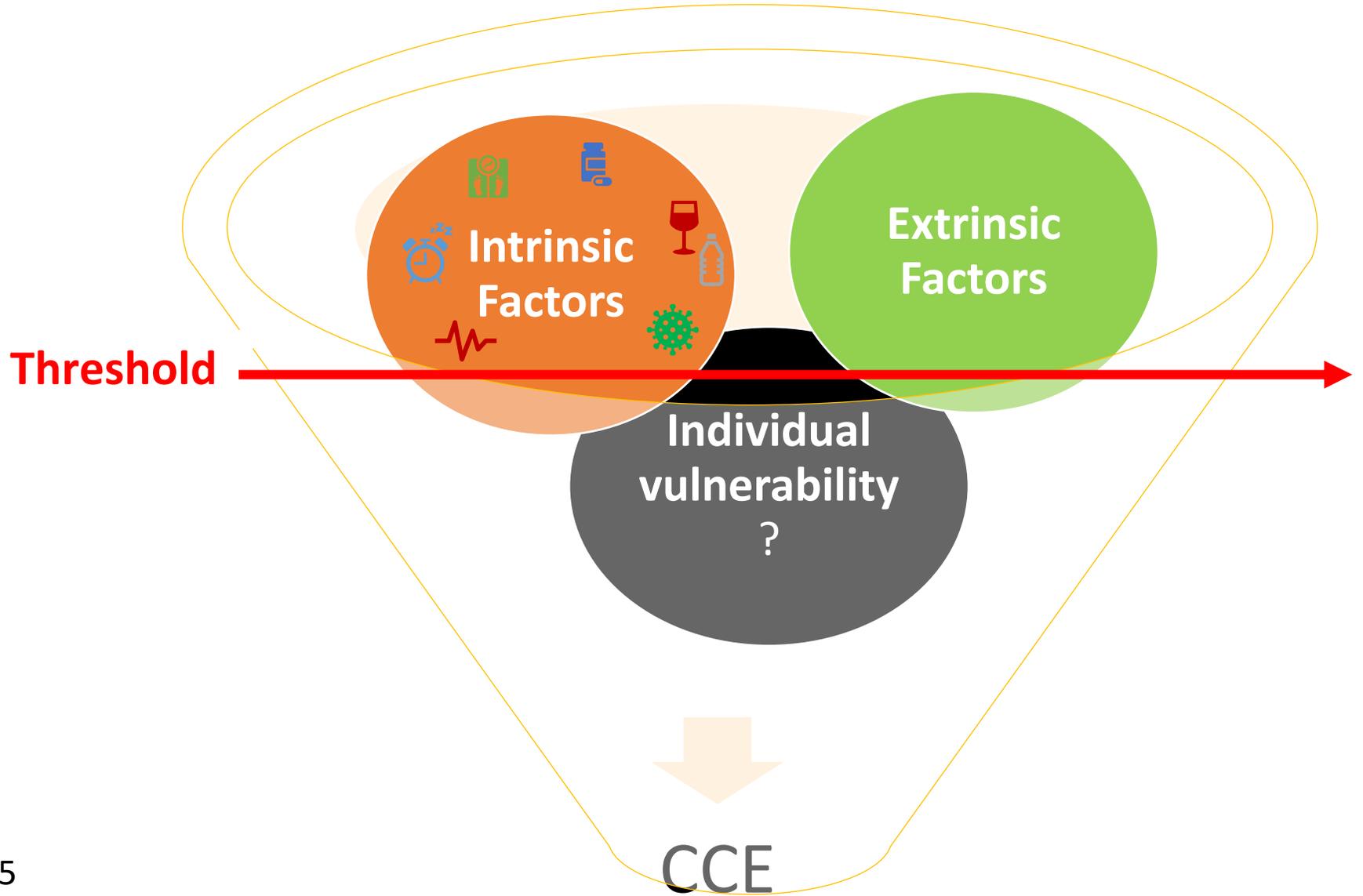
Les risques liés aux facteurs extrinsèques

Seuil

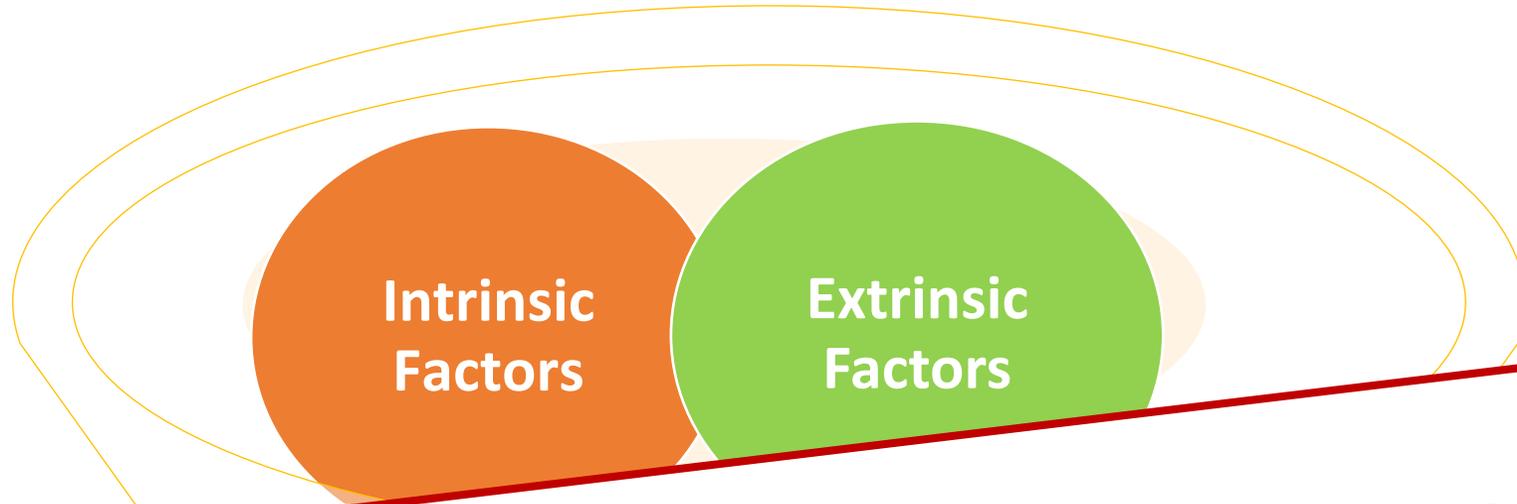


Les risques liés aux facteurs intrinsèques contextuels

18% overmotivated
15% dehydrated
11% sleep loss
6% gastroenteritis
6% alcohol intake
3% untrained



La plupart des cas sont « circonstanciels »



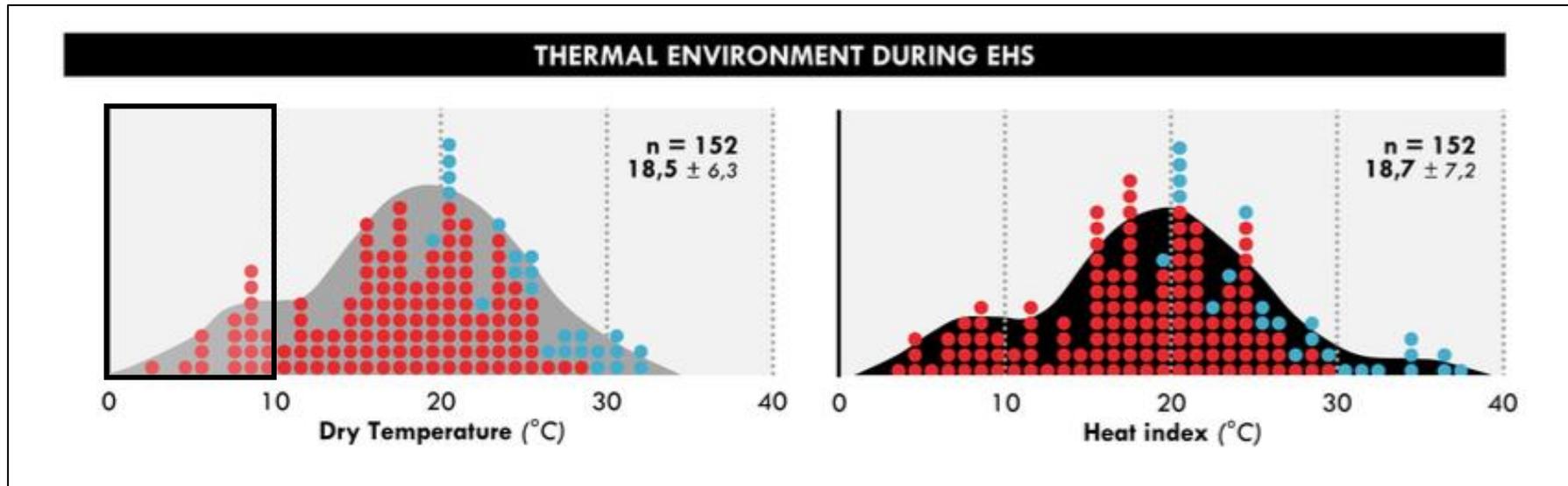
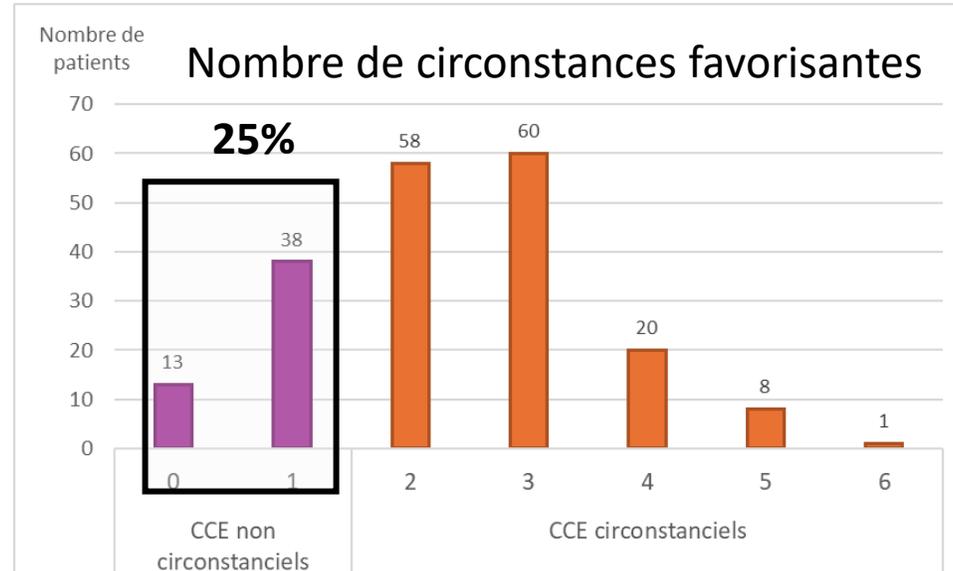
Capacités de thermorégulation normales ?



CCE

Epidémiologie de la cohorte

Sur 200 CCE de 2014 à 2021



Chez qui suspecter un trouble de la thermoregulation ?

- Enquête policière des conditions de survenue, de l'anamnèse et de l'évolution...

CAS COMPLEXES

- ✓ Cas non circonstanciels
- ✓ Récidives
- ✓ Cas grave

Les explorer en caisson climatique ?

Intrinsic
Fa

↓
CCE



Test de "tolérance" à la chaleur



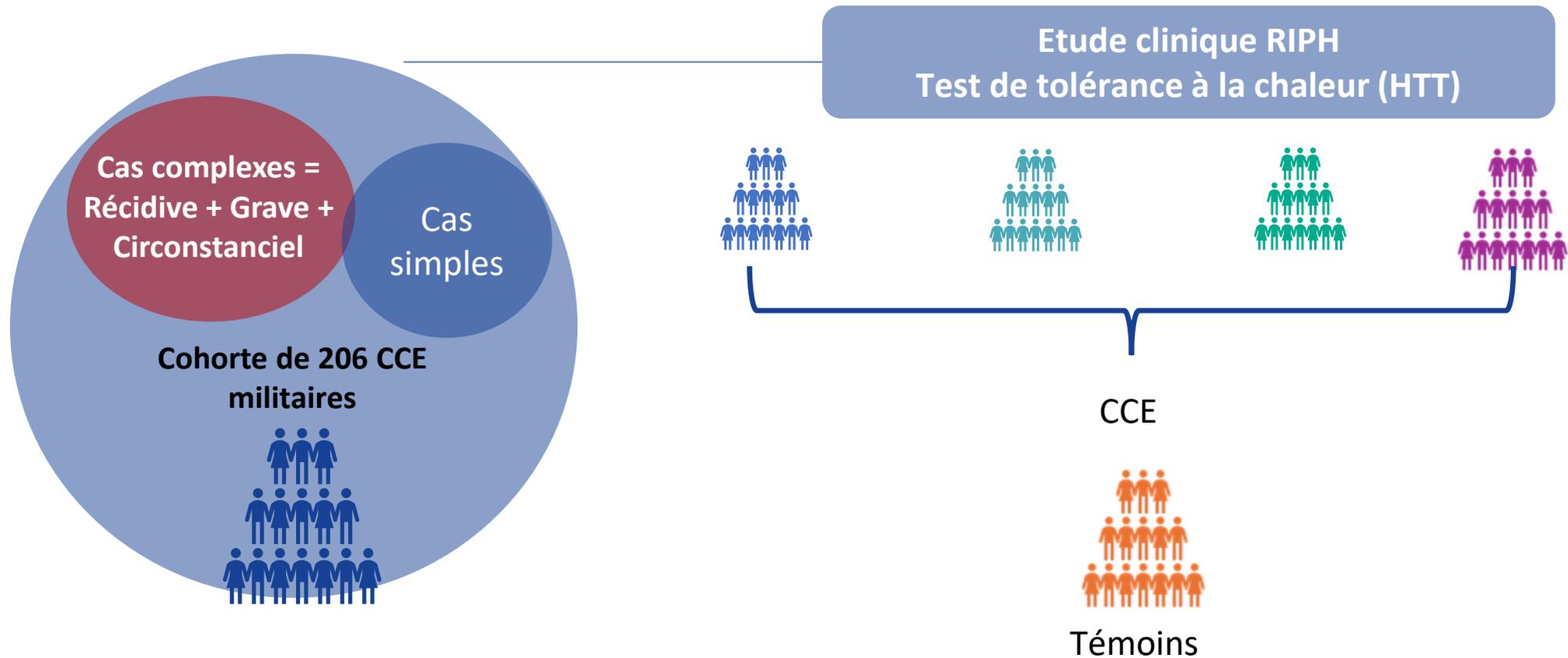
- 3 months at least after EHS
- 2 months of aerobic retraining
- At distance of heat acclimatization



T° rectale > 38,5°C
à la fin des 2h

OBJECTIF: Caractériser les profils de tolérance à la chaleur des CCE

- Conforter le rationnel scientifique du texte d'aptitude
- Poser la bonne indication d'une exploration de tolérance à la chaleur
- Se faire une première expérience sur un test de tolérance à la chaleur



CCE circonstanciel

Tableau clinique 2

24 ans, BSPP

CCE

Ex reconnaissance longue distance en ARI capelé et tenue feu complète

Enjeu de fin de stage

Dette de sommeil

➔ ≥ 2 facteurs favorisants

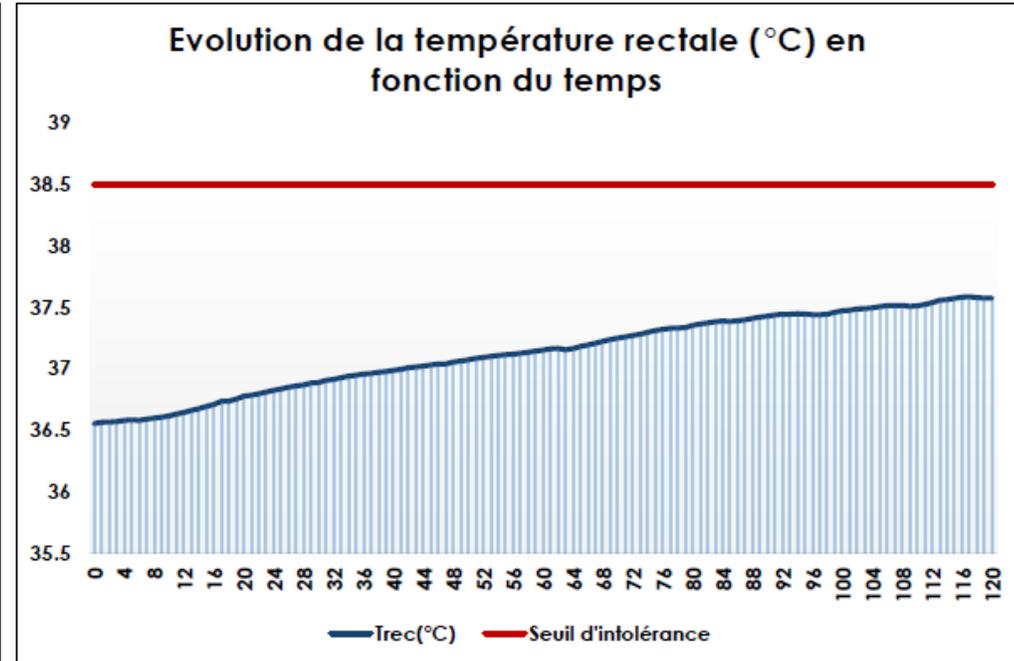
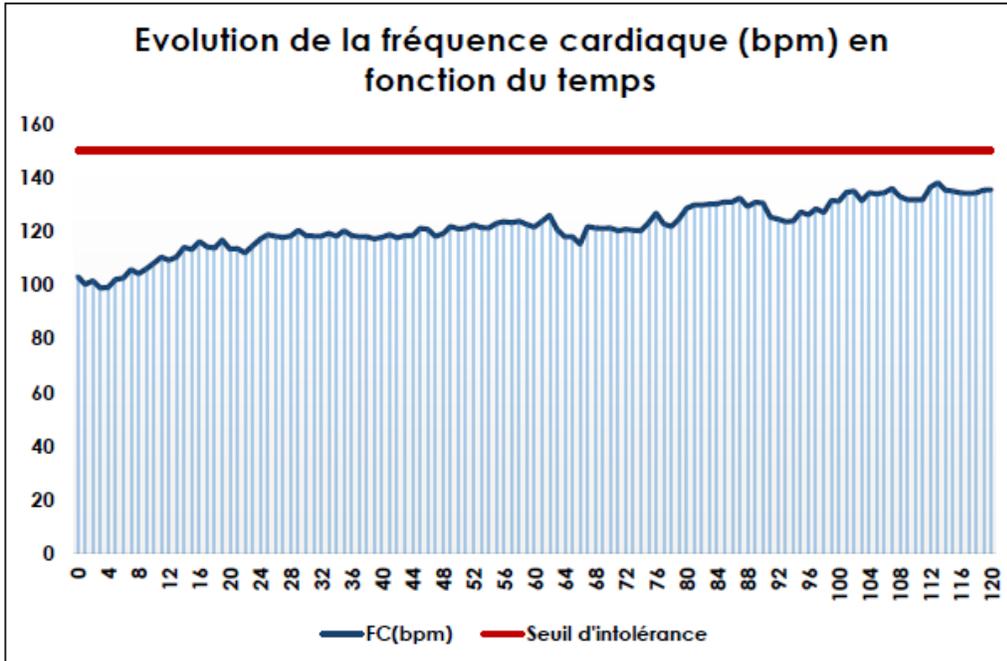
29 ans

PATIENT	
Informations	
Poids :	69,6 kg
Taille :	169 cm
Masse grasse :	15 %
VO2max :	59 ml.min.kg-1
PMA :	330 W

Valeurs patient	
Trec max =	37.6 °C
FC max =	140 bpm
Δ trec =	0.43
TCR120 =	0.279 °C/bpm



TOL



CCE non circonstanciel

Tableau clinique 4

Sgt, 25 ans, CCE

Au 7^{ème} km d'une marche course CCPM classique

La Valbonne, Déc 2017, 5°C

2700 m au Cooper

MC de reprise en 50 minutes

Pas de FdR intrinsèques

31 ans

Poids : 77,8 kg

VO2max : 37 ml.min.kg-1

Taille : 170 cm

PMA : 230 W

Mgrasse : 17,7 %



1 seul facteur favorisant



INTOLERANT

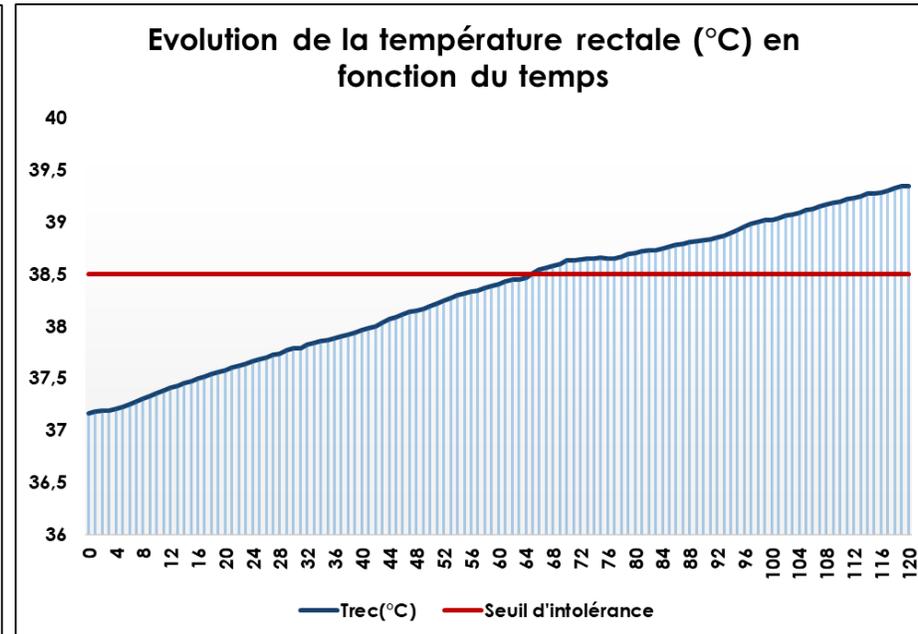
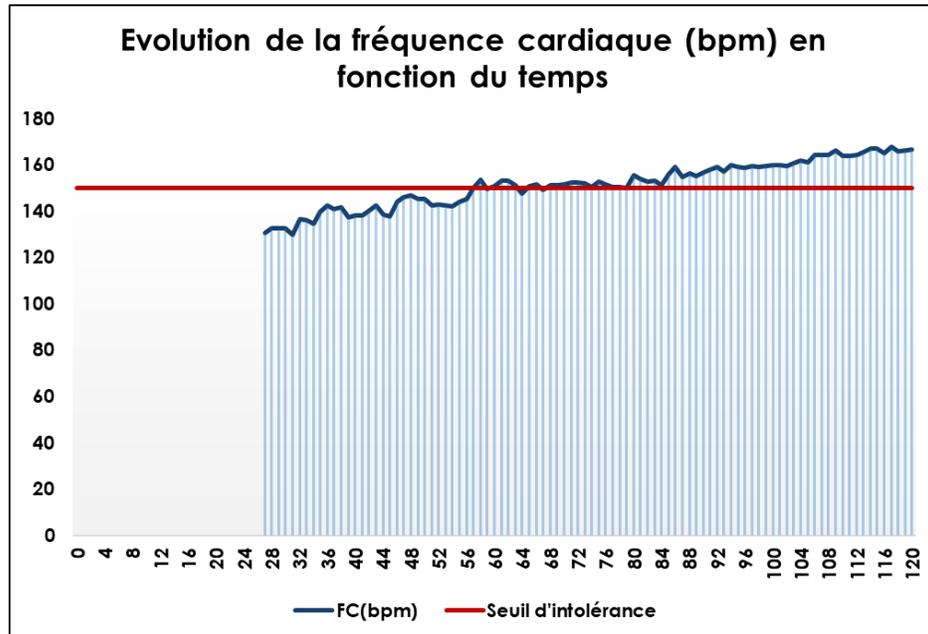
Valeurs patient

Trec max = **39,36 °C**

FC max = **170 bpm**

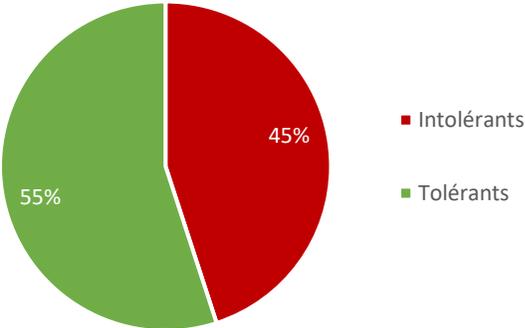
Δtrec = **0,95**

TCR120 = **0,258 °C/bpm**

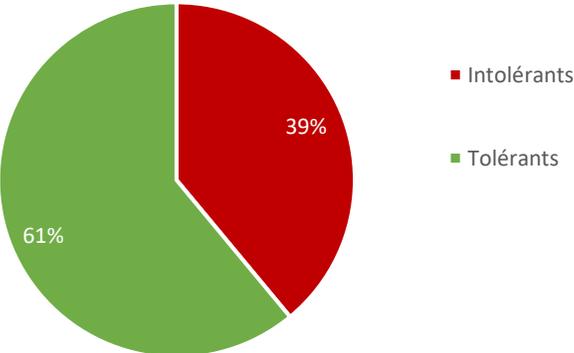


Distribution de l'intolérance à la chaleur chez les cas et témoins

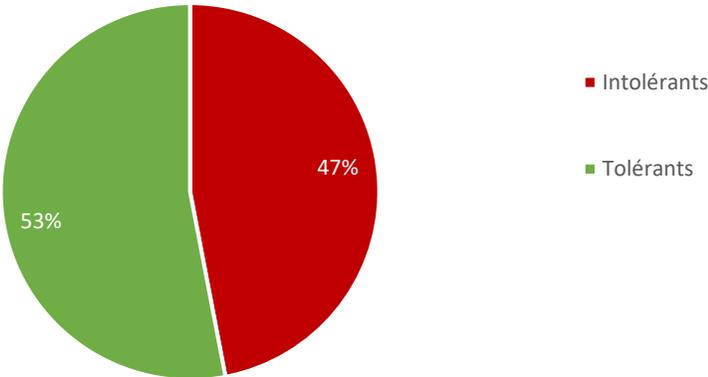
Population totale (n=56)



Témoins (n=18)



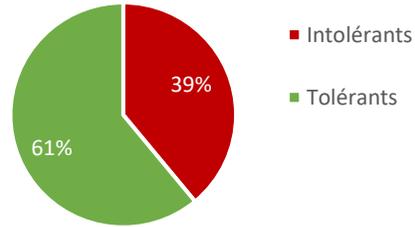
Tous les CCE (n=38)



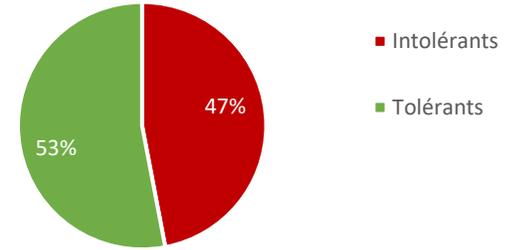
Séparons les cas de CCE

Quelle ségrégation a du sens en physiologie ?

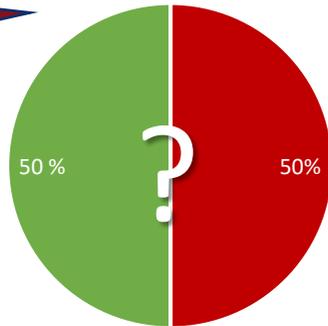
Témoins (n=18)



Tous les CCE (n=38)



Graves (n=14)



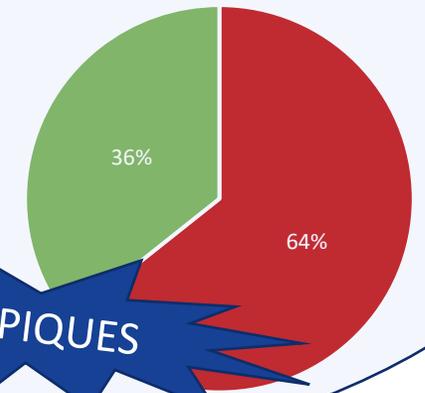
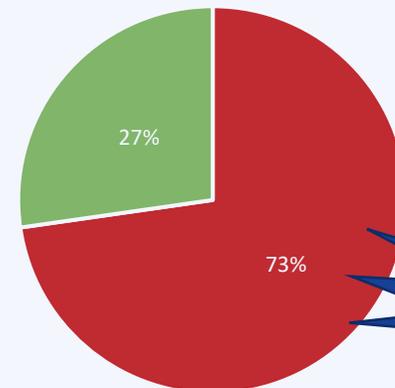
GRAVES

NON CIRCONSTANCIELS

RECIDIVES

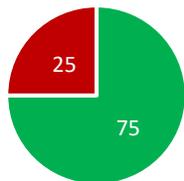
Non circonstanciels uniquement (n = 11)

Récidives uniquement (n = 14)

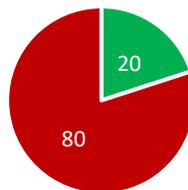


ATYPIQUES

Graves circonstanciels sans récidive (n=8)



Graves avec récidives (n=5)



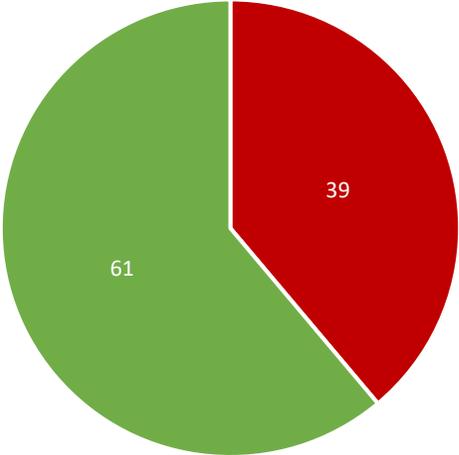
Graves non circonstanciels sans récidive n=1

Comparaison de la fréquence d'intolérance à la chaleur dans les trois groupes expérimentaux



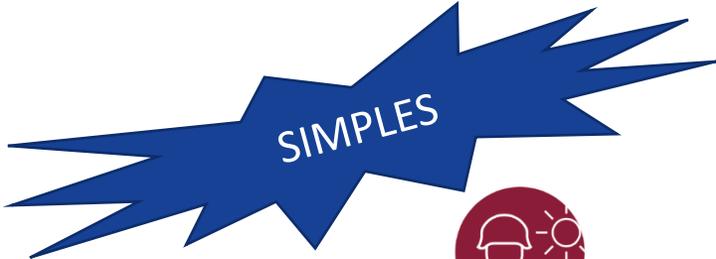
CONTRÔLE

Contrôles



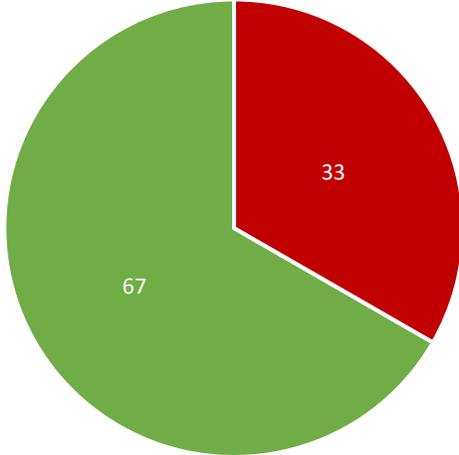
■ Intolérants ■ Tolérants

N = 18



CIRCONSTANCIEL

Circonstanciels quelle que soit la gravité



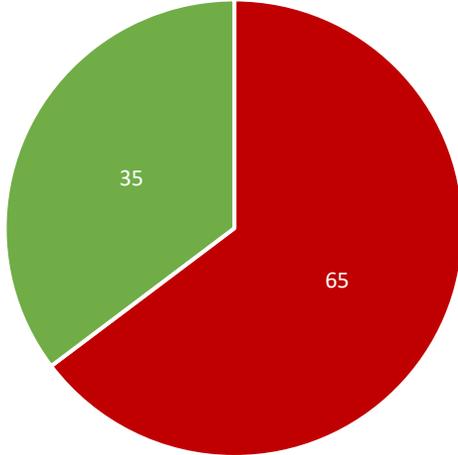
■ Intolérants ■ Tolérants

N = 21



ATYPIQUE

Atypiques = Non circonstantiels + Récidives



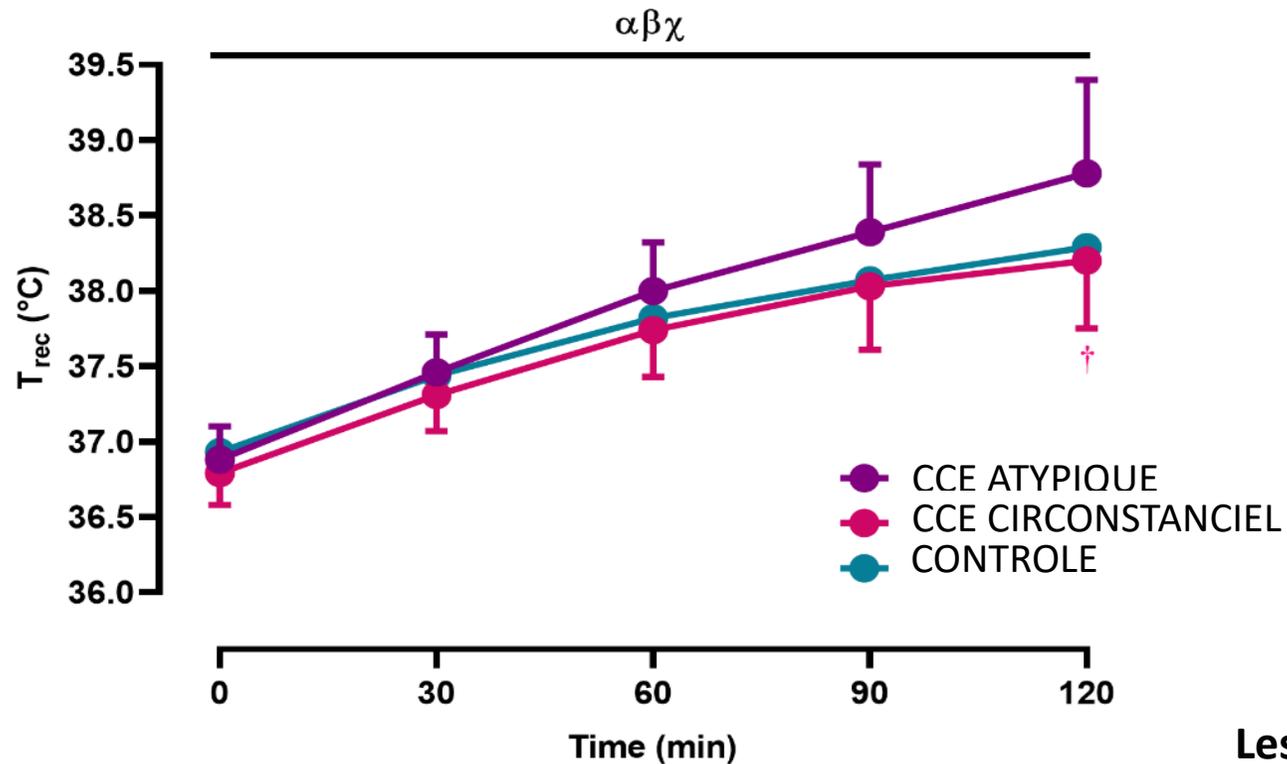
■ Intolérants ■ Tolérants

N = 17



$\chi^2 : p = 0,11$

Comparaison du niveau d'intolérance à la chaleur dans les trois groupes expérimentaux



Cet effet n'est pas uniquement lié à la proportion d'intolérant plus importante chez les Atypique

Il persiste si on ne considère que les intolérants de chaque groupe



Les intolérants atypiques sont « plus » intolérants que les intolérants des autres groupes

α , β and χ denote a time effect ($p < 0.001$), a group effect ($p < 0.05$) and a time*group effect ($p < 0.01$), respectively. Significant difference between SIMP-EHS vs COMP-EHS group with †: $p < 0.05$.

➤ **All exertional heat stroke are not equal**

Quel CCE explorer en caisson climatique ?

Check for updates

OPEN ACCESS

EDITED BY
David Andrew Low,
Liverpool John Moores University,
United Kingdom

REVIEWED BY
Ma Qiang,
Southern Medical University, China

*CORRESPONDENCE
Jason Kai Wei Lee,
jksjkw@nus.edu.sg

RECEIVED 29 June 2024
ACCEPTED 11 February 2025
PUBLISHED 05 March 2025

CITATION

Exertional heat illness: international military-oriented lessons learned and best practices for prevention and management

Yoram Epstein^{1,2}, Nisha Charkoudian³, David W. DeGroot⁴,
Carol House⁵, Itay Ketko^{2,6}, Lydia Yu Li Law⁷,
Alexandra Malgoyre^{8,9,10}, Francis O'Connor¹¹, Omar Tayari⁵ and
Jason Kai Wei Lee^{7,12,13*}

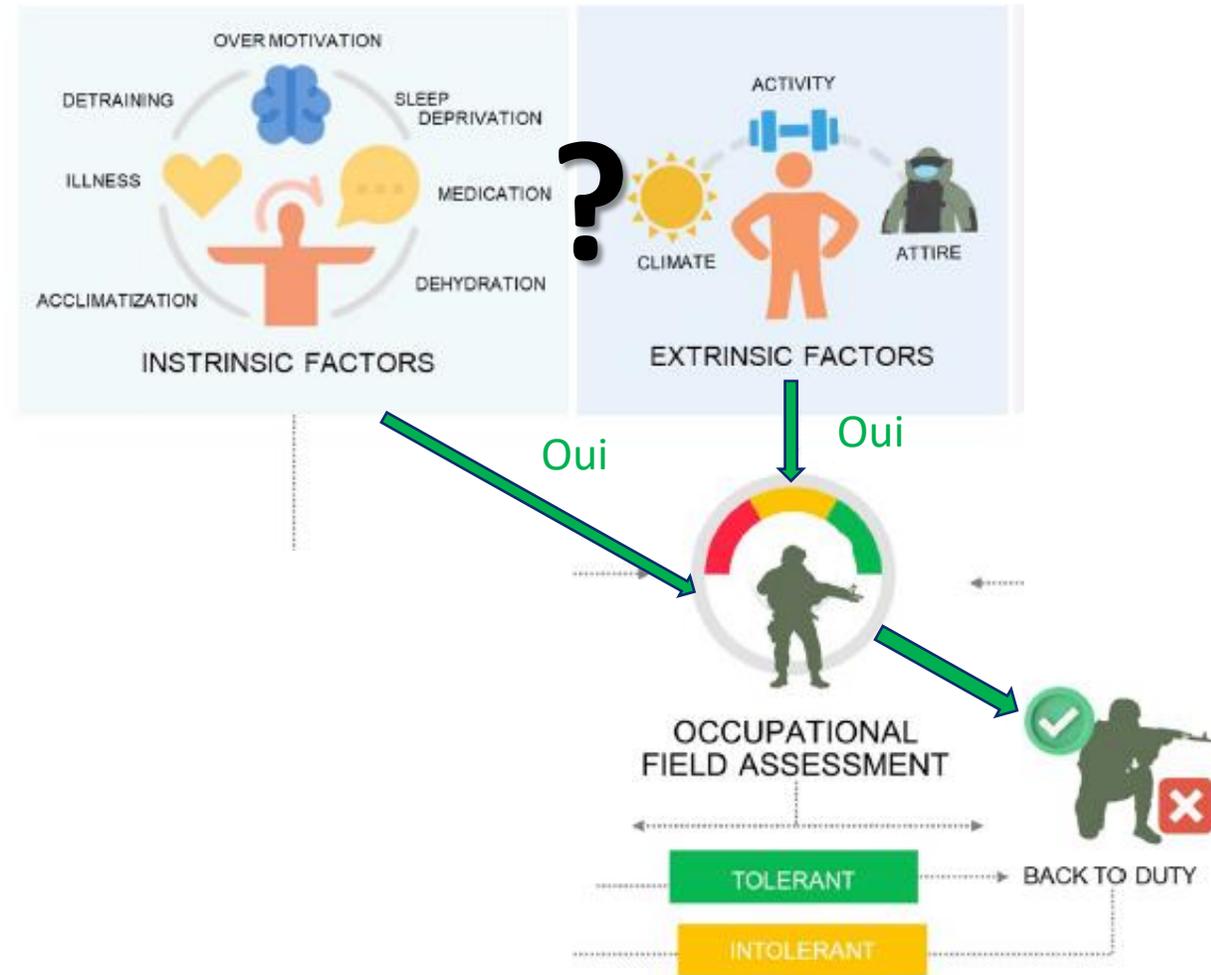


FIGURE 2
An additive model of incidental risk factors to identify the level of individual vulnerability and the need for heat tolerance before RTD.

Quel CCE explorer en caisson climatique ?

Exertional heat illness: international military-oriented lessons learned and best practices for prevention and management

Yoram Epstein^{1,2}, Nisha Charkoudian³, David W. DeGroot⁴, Carol House⁵, Itay Ketko^{2,6}, Lydia Yu Li Law⁷, Alexandra Malgoyre^{8,9,10}, Francis O'Connor¹¹, Omar Tayari⁵ and Jason Kai Wei Lee^{7,12,13*}

Check for updates

OPEN ACCESS

EDITED BY
David Andrew Low,
Liverpool John Moores University,
United Kingdom

REVIEWED BY
Ma Qiang,
Southern Medical University, China

*CORRESPONDENCE
Jason Kai Wei Lee,
jphsjkw@nus.edu.sg

RECEIVED 29 June 2024
ACCEPTED 11 February 2025
PUBLISHED 05 March 2025

CITATION

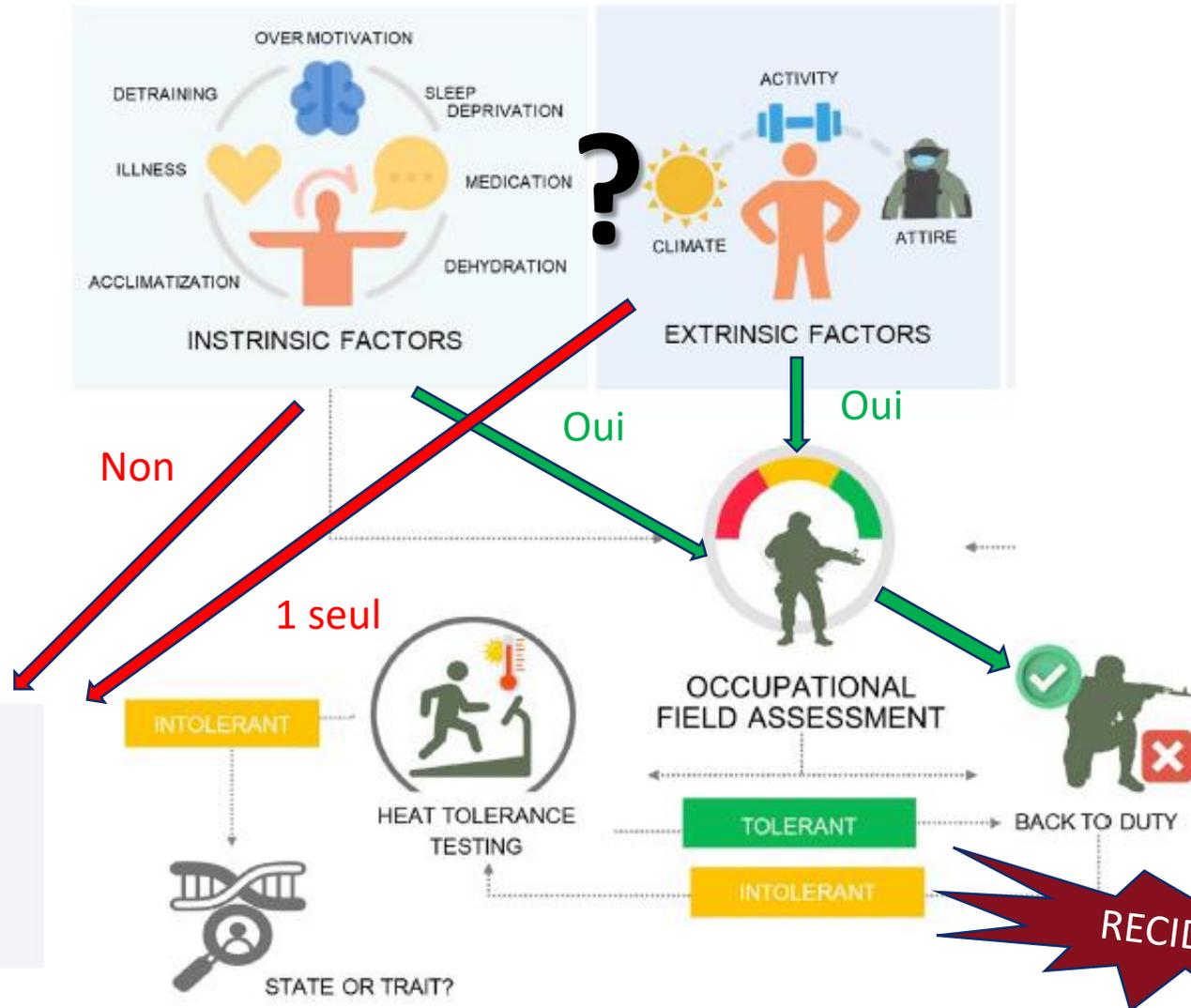
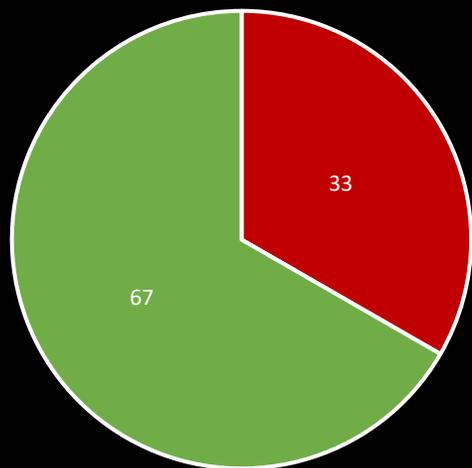


FIGURE 2 An additive model of incidental risk factors to identify the level of individual vulnerability and the need for heat tolerance before RTD.

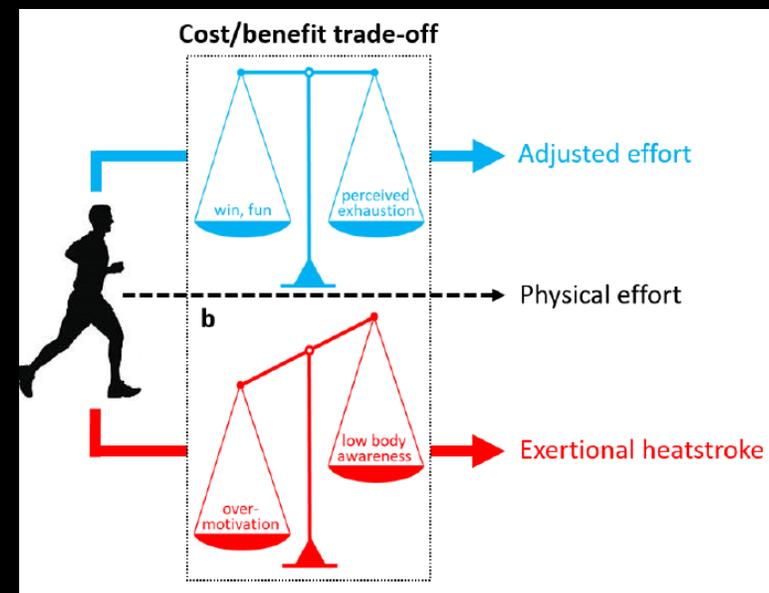
Mais alors, pourquoi les Tolérants ont-ils fait un CCE ?

Circonstanciels quelle que soit la gravité



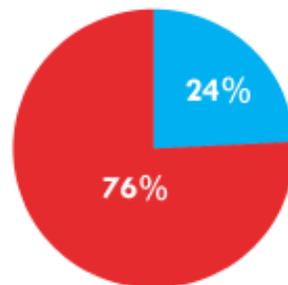
■ Intolérants ■ Tolérants

Thermorégulation
Autonome OK



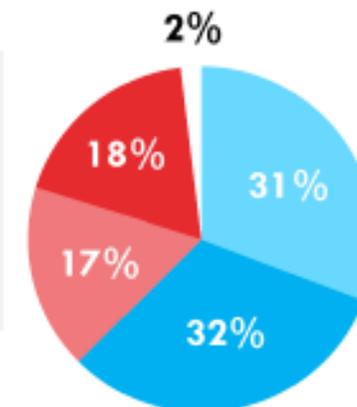
Running alone or in group

■ Alone
■ In group



Objective of the exercise

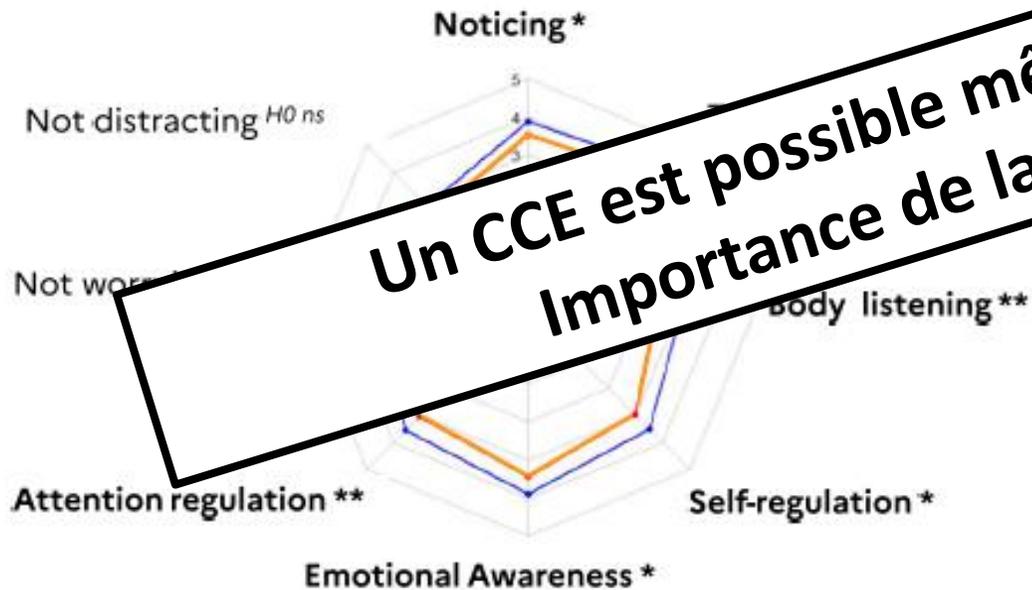
■ Usual exercise
■ To enter a training course
■ To upgrade the military rank
■ To obtain a high rank in the company
■ Competition



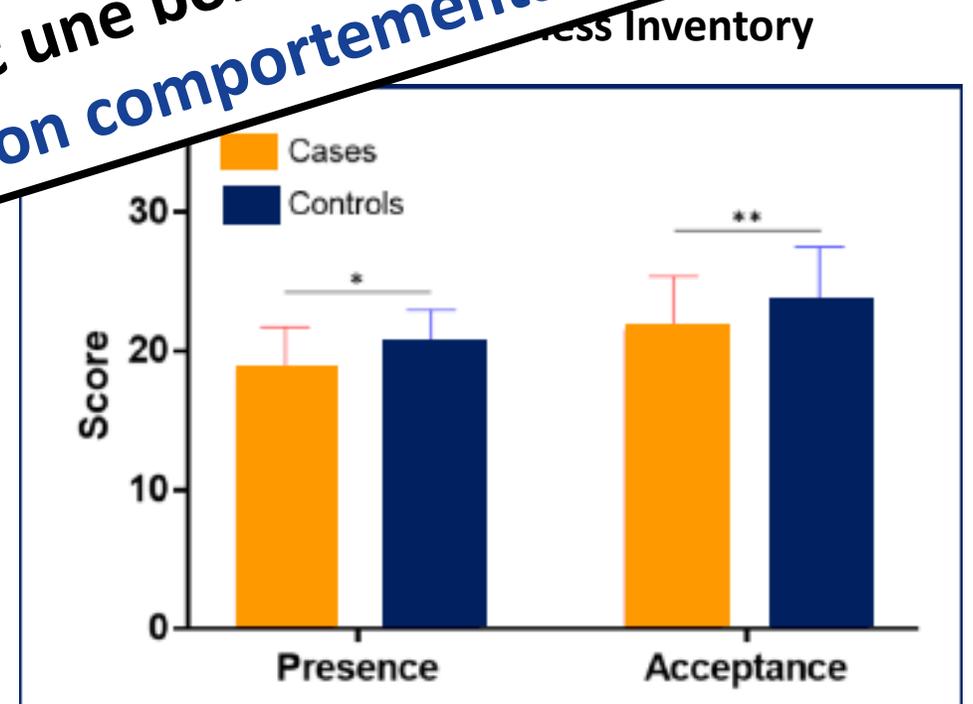
Warrior spirits or failure in interoceptive body awareness ?

Characteristics	Case (n=51)	Controls (n=43)	P-value [†]	log(BF ₁₀)
Age (years), M (SD)	27.80 (6.38)	27.30 (6.48)	0.65	-1.37
Male gender, n (%)	48 (94)	40 (93)	0.83	-2.03
Weight (kg), M (SD)	76.94 (8.41)	77.28 (9.33)	0.89	-1.50
Height (cm), M (SD)	176.24 (7.80)	177.02 (5.17)	0.67	-1.43
Body Mass Index (kg.cm ⁻²), M (SD)	24.79 (2.45)	24.65 (2.76)	0.57	-1.43

MAIA Questionnaire



Un CCE est possible même avec une bonne tolérance à chaleur :
 Importance de la **régulation comportementale** !



Fiche de conseils au patient après Coup de Chaleur d'Exercice

Vous avez fait un coup de chaleur d'exercice. C'est un accident rare qui n'est pas anodin. Il peut évoluer vers une défaillance des organes vitaux, conduire à une greffe de foie ou même au décès si une prise en charge adaptée n'est pas rapidement mise en œuvre.

Vous avez vu votre médecin des forces qui a estimé sur différents critères que vous pouviez reprendre un entraînement physique progressif avec une composante en endurance essentielle. À l'issue, le commandement vérifiera votre aptitude physique à servir avec un test aérobique de terrain de plus de 45 minutes (par ex, une épreuve de marche course de 8-km). Cette période de réentraînement sera variable d'un individu à l'autre et le moniteur EPMS de votre unité sera à même de vous conseiller et de vous donner un programme adapté à votre niveau.

Si vous constatiez des difficultés inhabituelles lors de votre reprise d'activité, la survenue de symptômes à l'effort, une incapacité à retrouver votre niveau antérieur au coup de chaleur, une sensibilité particulière à la chaleur, il faudra impérativement reconsulter le médecin.

C'est quoi un coup de chaleur d'exercice ?

Sauf exception, le coup de chaleur d'exercice n'est pas une maladie mais un accident de parcours. Il associe des signes neurologiques variés et une élévation importante de votre température corporelle, le tout survenant dans le contexte d'un effort de plusieurs dizaines de minutes.

Il est lié à une trop grande production de chaleur par votre organisme et à une capacité d'élimination possible de cette chaleur.

Les circonstances favorisantes sont donc un effort physique intense, une ambiance climatique propice (température élevée, humidité, fort ensoleillement) et une tenue vestimentaire inadaptée.

Pourquoi moi ?

Même dans ces circonstances favorisantes, tout le monde ne fait pas un coup de chaleur d'exercice. Il existe certains facteurs inhérents à votre comportement qui ont pu précipiter l'accident. Ce sont par exemple, le manque de sommeil (nuit précédente courte, décalage horaire), certains médicaments ou compléments alimentaires qui peuvent limiter la capacité de votre organisme à éliminer la chaleur. D'autres peuvent être liés à une prédisposition génétique, une infection, une prise d'alcool, un mauvais état d'hydratation, une prise de médicaments à la chaleur.

Enfin, il a été constaté que cet accident survient plus souvent chez les personnes très, voire trop motivées, parfois sensibles à la chaleur.

Que faire ?

La prévention de la chaleur est entraînable. Pour cela, la pratique de l'endurance est le plus efficace. La science a montré que c'était la régularité de l'entraînement en endurance qui comptait plus que le niveau de performance par lui-même.

En début de saison chaude, vous devez respecter une période suffisante pour laisser le temps à votre organisme de s'acclimater à ces nouvelles conditions. En moyenne, cette période est de deux semaines mais varie d'un individu à l'autre. Modérez l'intensité et la durée de vos séances, n'hésitez pas à fractionner votre séance par des pauses suffisantes. Pensez à bien vous hydrater avant, pendant et après la séance.

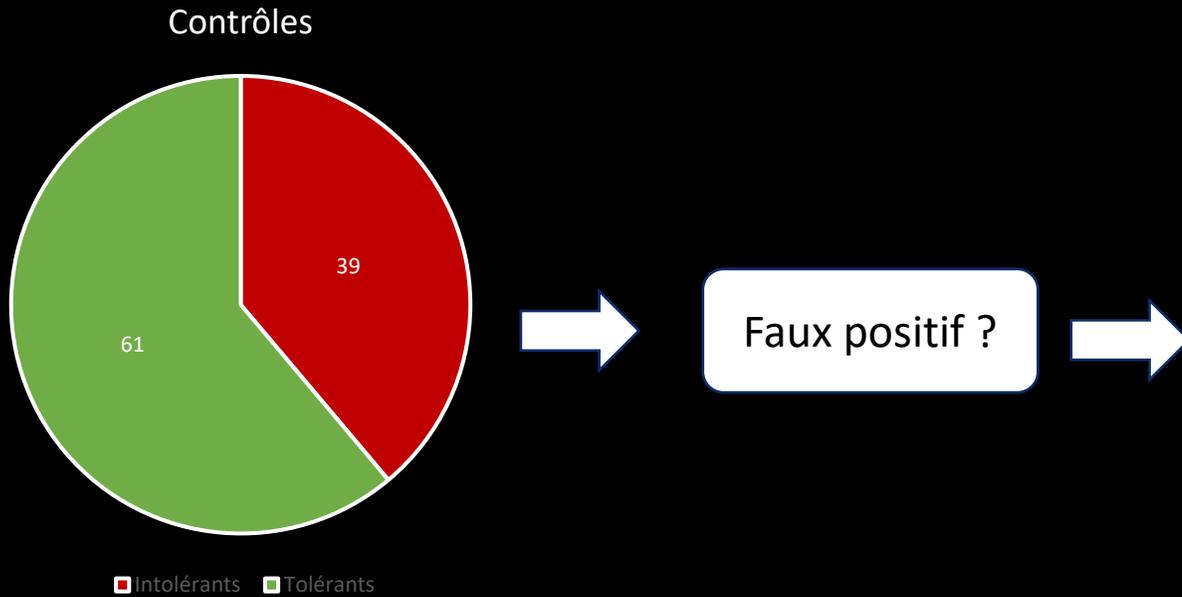
Ne prenez pas le départ d'une course : si vous n'avez dormi que quelques heures ou si vous vous sentez fiévreux.

Enfin, soyez à l'écoute de votre corps et de vos sensations pendant un effort. La plupart des accidents surviennent par ignorance des signaux d'alerte envoyés par votre corps. Vous êtes votre meilleur allié pour adapter le rythme de votre course. Souvenez-vous qu'un combattant au sol ne sert à rien et que la gestion de votre allure est essentielle pour ne pas récidiver.

Gestion collective du risque et prévention secondaire

Et Dr, pourquoi tant d'intolérants chez les témoins ?

Tous les sujets ne sont pas dans une situation compensable



Journal of Thermal Biology 128 (2025) 104085

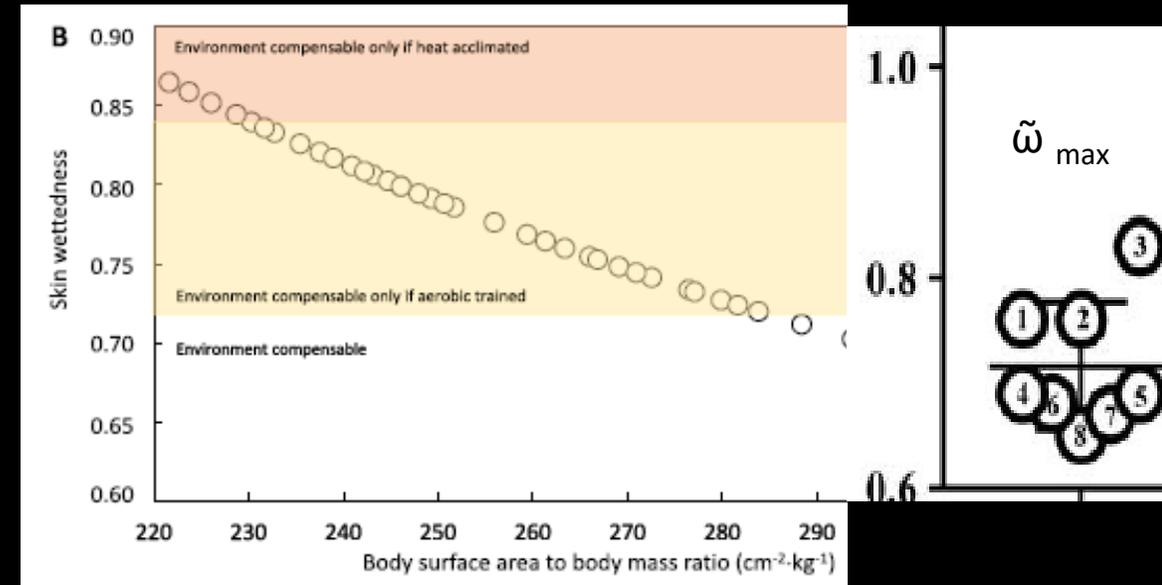
Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Thermal Biology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jtherbio

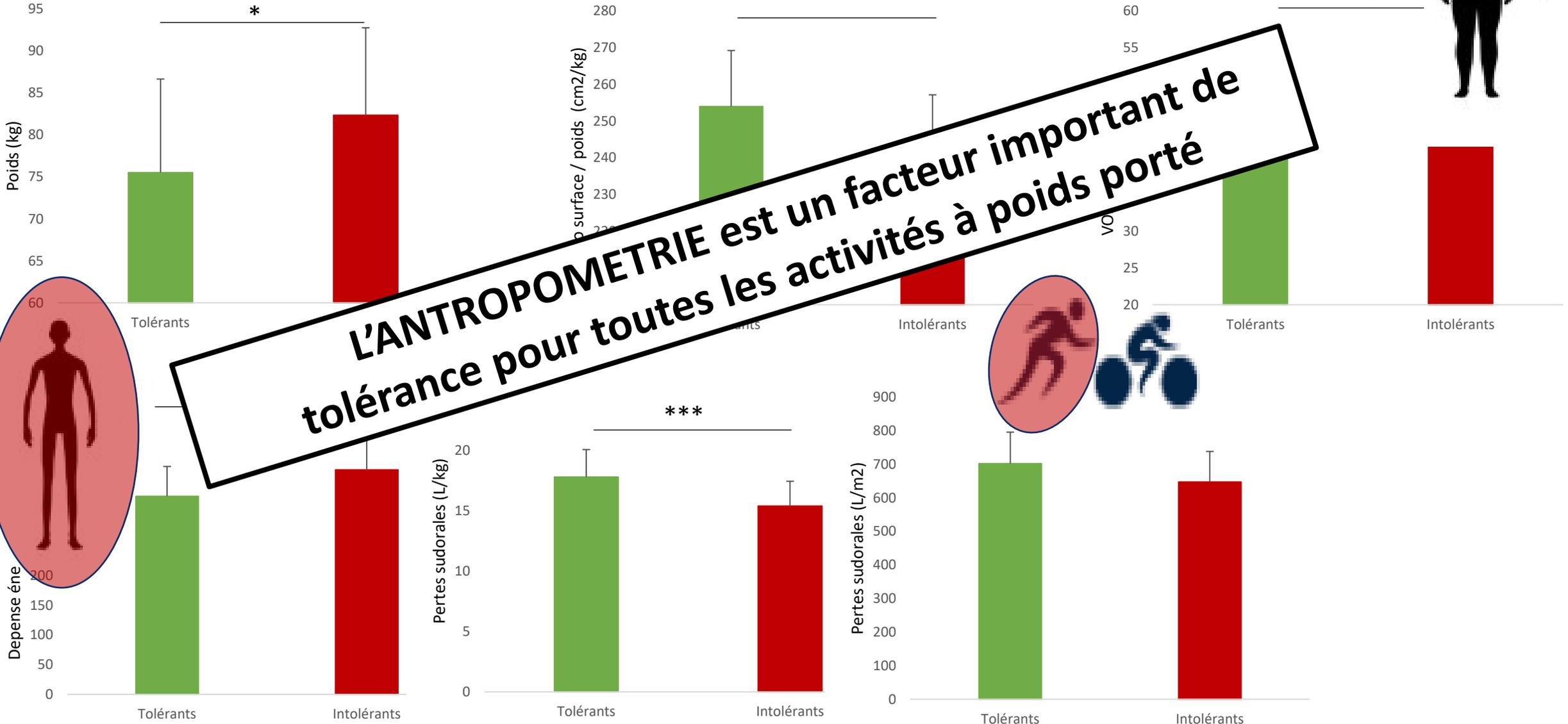
Exploring biases in heat tolerance testing with a conceptual heat balance approach

Philémon Marcel-Millet^{a,b,*}, Daniel Gagnon^{c,d}, Alexandra Malgoyre^{a,b,e}



Témoins: Faux positif ?

Une question de mouillure requise et de mouillure max...



Méf avec les gabarits « lourds », y compris les « musculeux » !

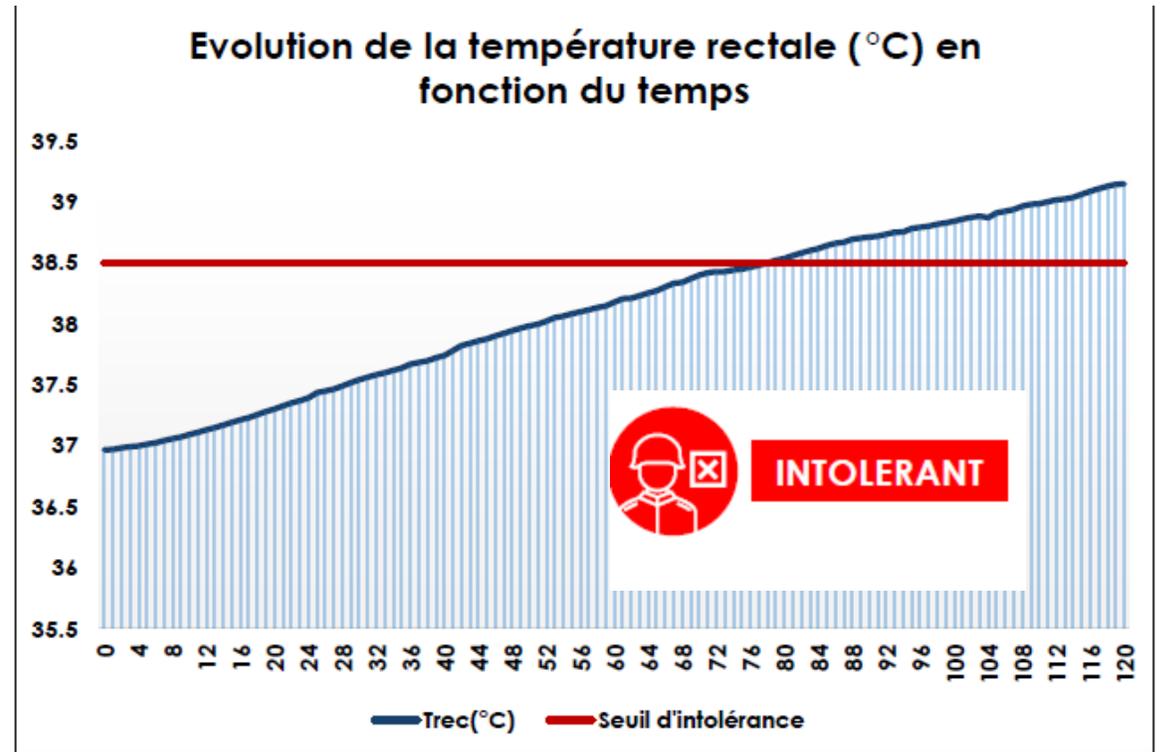
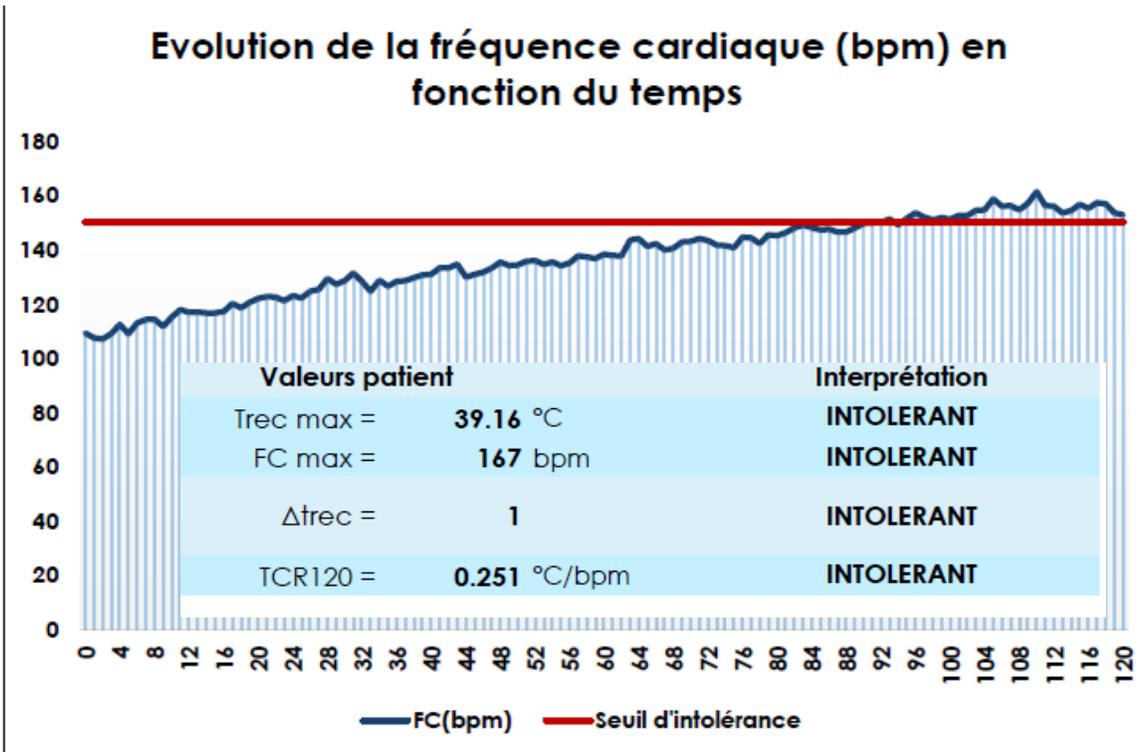
Un tableau clinique



Sgt Maître Chien
Témoins
33 ans



Poids : 100 kg	IMC 33	VO2max : -- ml.min.kg-1
Taille : 174 cm		PMA : -- W
Masse grasse : 32,37 %		Surface corporelle : 2,117 m2



CONCLUSION

➤ Conforter le rationnel du texte d'aptitude

- La prudence est de rigueur pour les cas atypiques compte tenu de la fréquence et du niveau d'intolérance
- Par contre, un test normal n'est pas une assurance tout risque

➤ Poser la bonne indication d'une exploration de tolérance à la chaleur

- Sans aucun doute pour les Récidives et les Non circonstanciels
- Cadre à établir avec le bureau affaires juridiques
- Les Graves ?

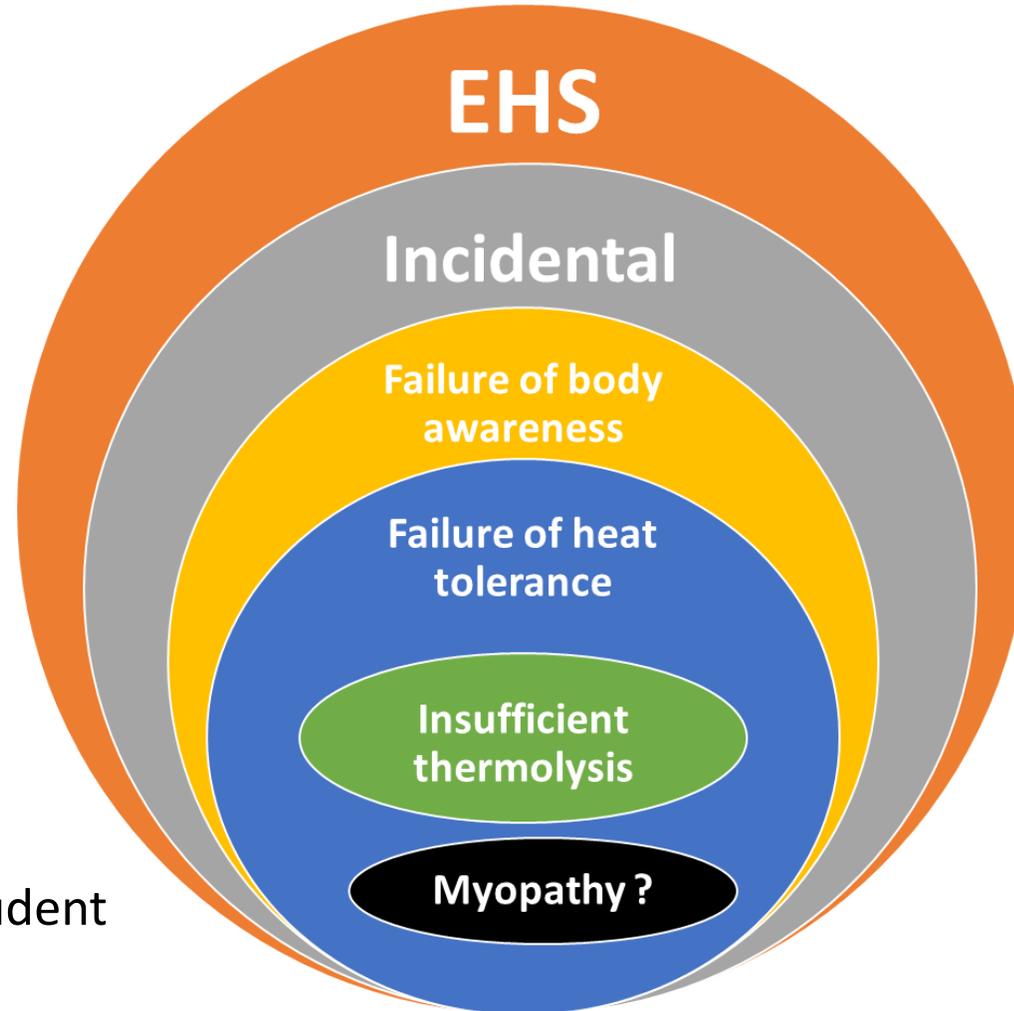
➤ Se faire une première expérience sur un test de tolérance à la chaleur

- un **test « occupationnel »** ? la contrainte absolue est identique MAIS dénuée de toute réalité opérationnelle
(pas de charge, pas de vêtement....)
- Inapplicable comme **test « médical fonctionnel d'évaluation de la thermorégulation »** car tous les individus ne sont pas soumis au même niveau de sollicitation de leur fonction thermolytique.
 - Pouvoir identifier ce qui relève d'une thermolyse insuffisante
 - Pouvoir identifier ce qui relève d'une thermogénèse excessive

Remerciements

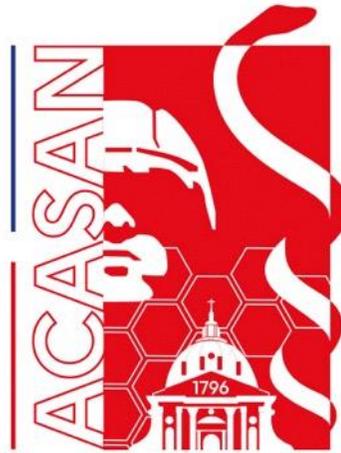
MC Cyprien Bourrilhon
TLCS Stéphanie Bourdon
Mr Keyne Charlot
Mr Philippe Colin
TLCS Arnaud Gruel
ISG2G Benoît Lepetit
Mr Philemon Marcel Millet
MC Pierre-Emmanuel Tardo-Dino

Mme Lea Tuifua, PhD Student
Mr Thomas Derouck, Master Sc Student



MP Charles Verdonk
MC Arnaud Jouvion
MC Sandrine Duron
Mme Constance Lacrosse

**ACADÉMIE
DE SANTÉ
DES ARMÉES**



Avantages et limites des outils de monitoring de terrain

CCE grave chez un élève officier,
24 ans,
194 cm, 88 kg
VO2 max= 50 ml/min/kg

Marche course de reprise
en 43min 10 sec
15°C; 81% HR; 3km/h vent

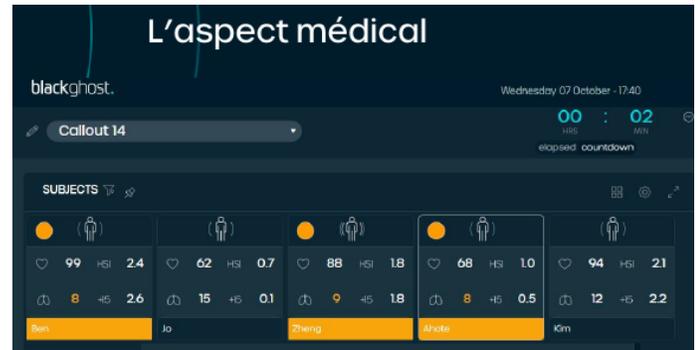
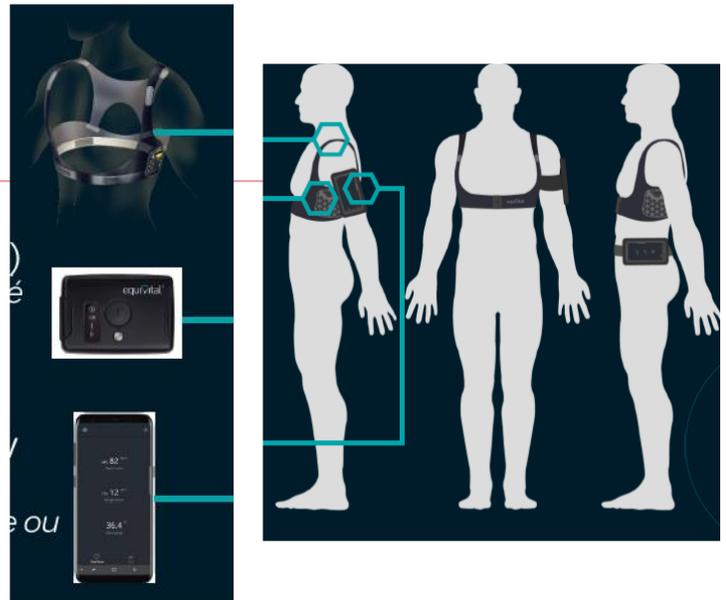
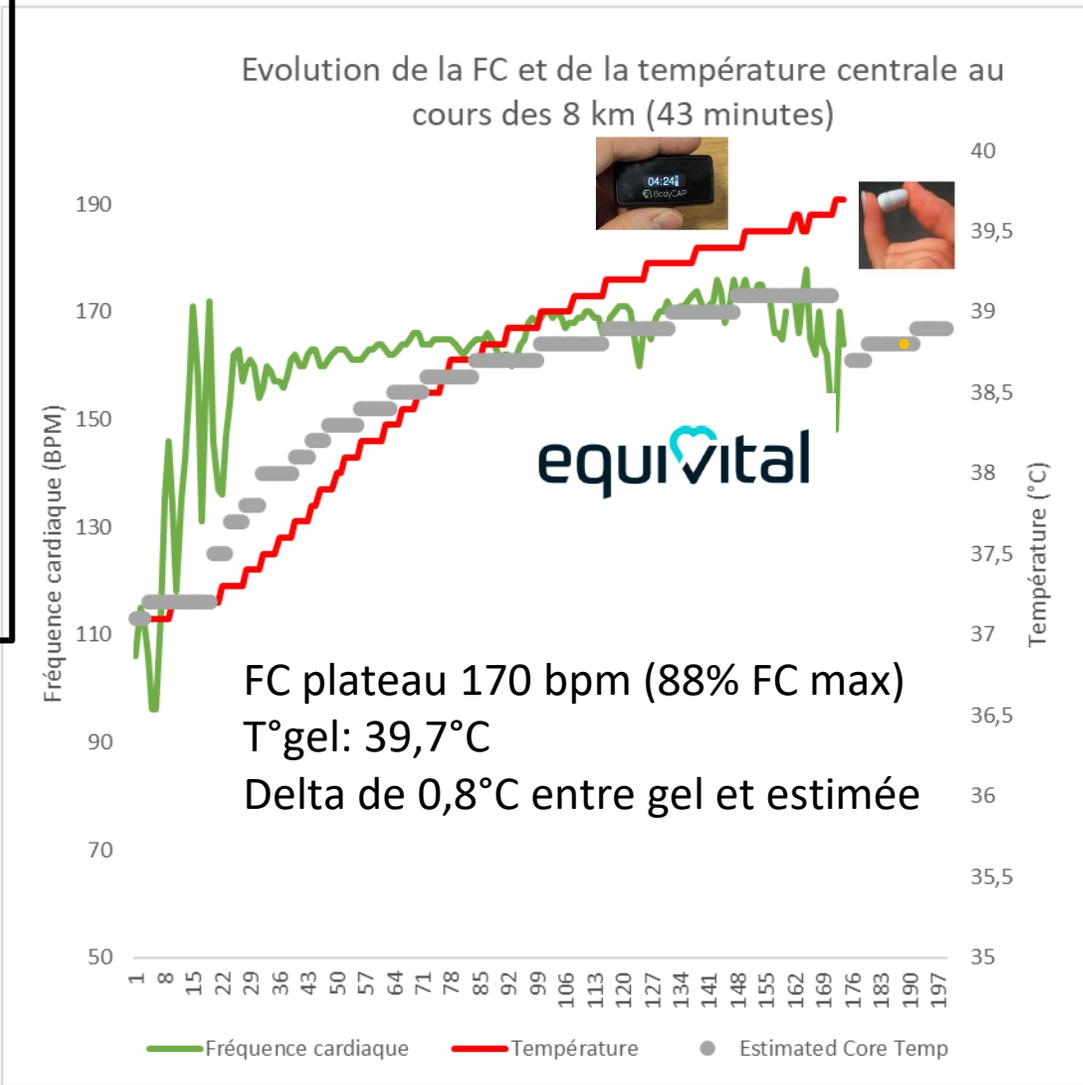
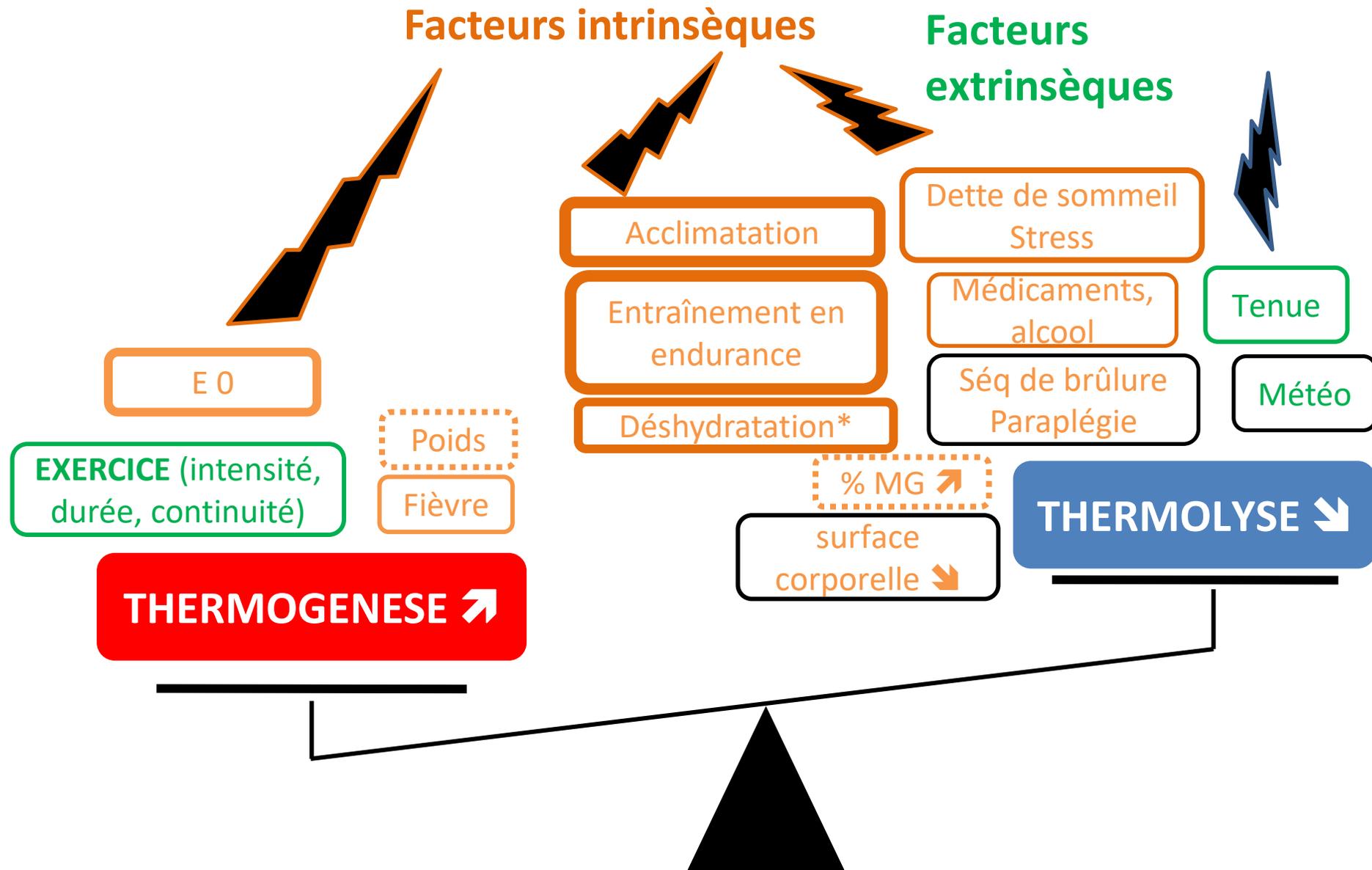
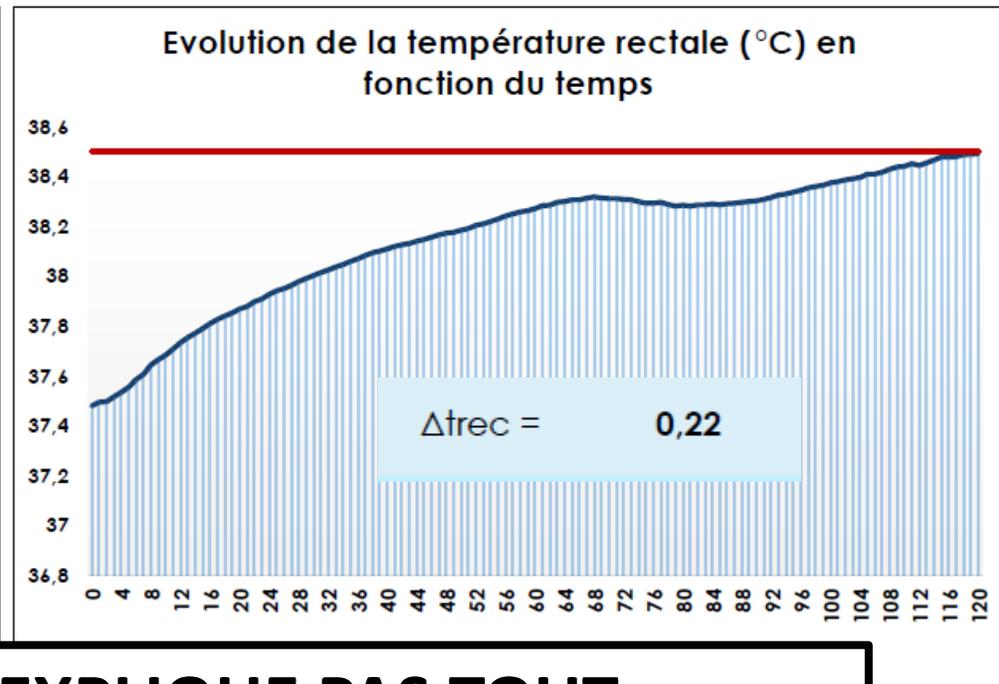
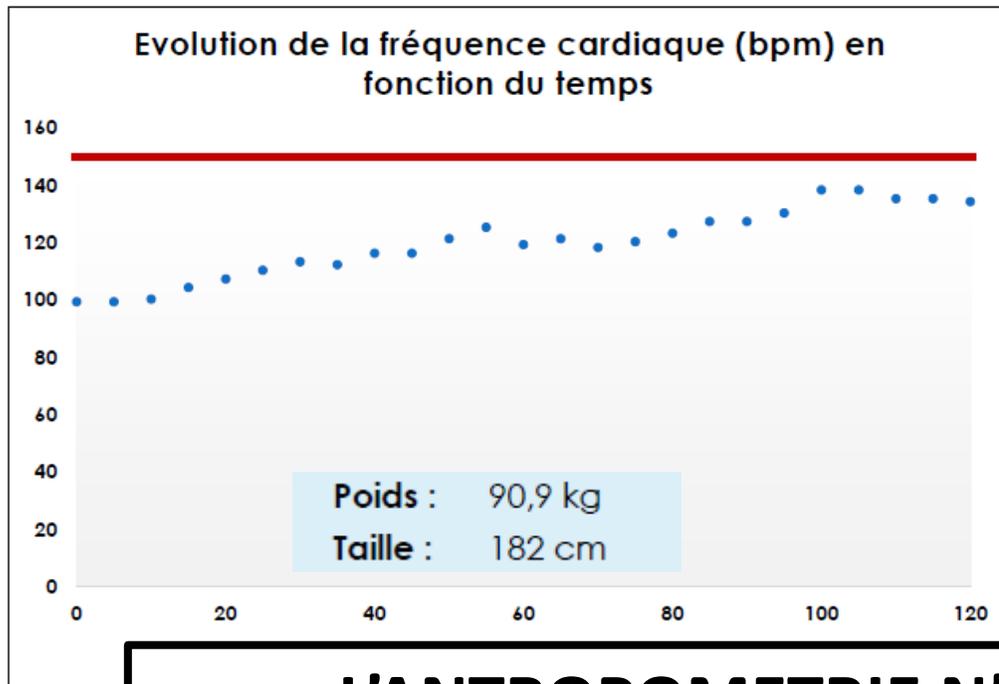


Schéma bilan de l'analyse du risque thermique chaud





L'ANTROPOMETRIE N'EXPLIQUE PAS TOUT

