



# FATIGUE, LIÉE AUX ENVIRONNEMENTS EXTRÊMES

*Fabien Sauvet*

Département Recherche expertise et Formation aéromédicale (IRBA)  
Institut de recherche biomédicale des armées

EA 7330 VIFASOM, Université Paris Cité

Vendredi 14 Juin 15:25 - 15:45 Salle 252 B

réanimation 2024  
PARIS 12-14 JUIN



# DÉCLARATION DE LIENS D'INTÉRÊT POTENTIELS



réanimation 2024  
PARIS 12-14 JUIN

**SAUVET Fabien**

Je n'ai pas de lien d'intérêt potentiel à déclarer

# L' Humain en conditions extrêmes



réanimation 2024  
PARIS 12-14 JUIN

Kishi et al. Sports Medicine - Open (2024) 10:34  
<https://doi.org/10.1186/s40798-024-00704-w>

Sports Medicine - Open

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

Open Access



## Sleep and Ultramarathon: Exploring Patterns, Strategies, and Repercussions of 1,154 Mountain Ultramarathons Finishers

TDG : 330 km, D+ 24 000 m  
UTMB : 170 km, D+10000m

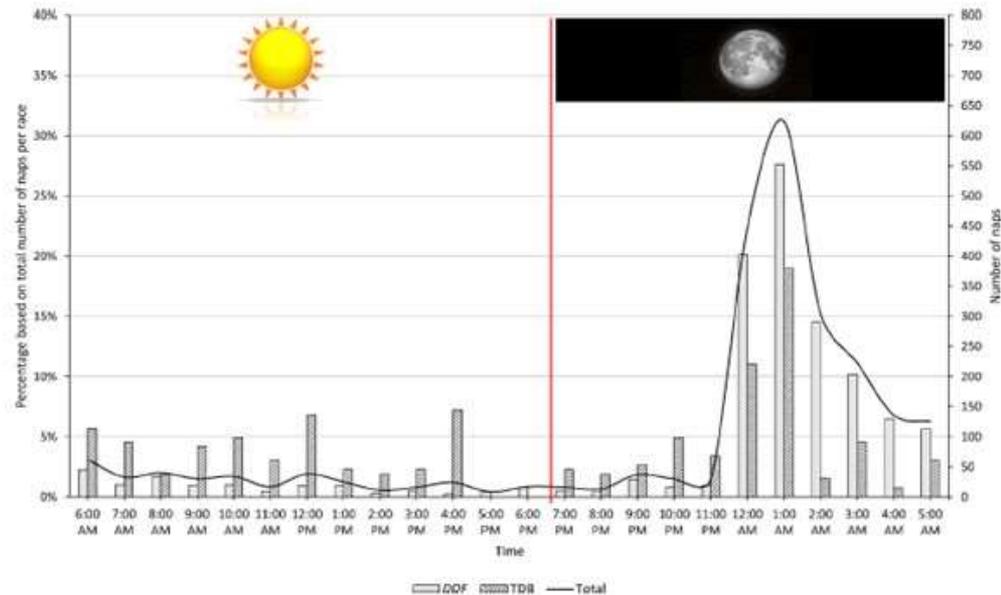
28% d'hallucinations, la 2<sup>nd</sup> nuit  
42% d'hallucinations, la 3<sup>ème</sup> nuit



**Table 3** Prevalence of symptoms attributed to sleep deprivation for the whole sample and according to the number of nights spent on the race

	Total (n= 1,154)	1 night (18)	2 nights (607)	3 nights (527)	p
<b>At least one symptom attributed to sleep deprivation, n (%)</b>	<b>924 (80.1)</b>	<b>11 (61.1)</b>	<b>457 (75.3)</b>	<b>454 (86.2)</b>	<b>&lt; 0.001</b>
Decreased alertness	623 (54.0)	8 (44.4)	298 (49.1)	317 (60.2)	0.001
Hallucination	392 (34.0)	1 (5.6)	168 (27.7)	222 (42.1)	< 0.001
Fall	168 (14.6)	1 (5.6)	83 (13.7)	84 (15.9)	0.31
Endangering	112 (9.7)	0	53 (8.7)	59 (11.2)	0.17
Injury	30 (2.6)	0	16 (2.6)	14 (2.7)	1
Other inconveniences (digestive disorders, pain,...)	123 (10.7)	2 (11.1)	65 (10.7)	55 (10.4)	0.98

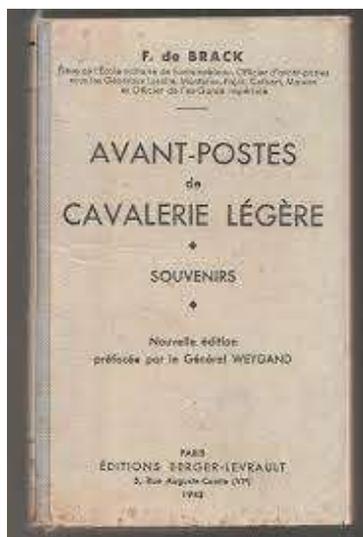
Data are presented as n (percentages). All p-values refer to comparisons between one, two, and three nights



# Définir la fatigue ?

*« Le mécanisme de la guerre se borne à deux choses, se battre et dormir ; user et réparer ses forces.*

*Conserver l'équilibre indispensable à cette balance, est la science.  
Il faut plus d'habileté souvent pour rendre des forces à sa troupe  
que pour les user. »*



## « Ennemies du sommeil »



### **Eveils prolongés**

*Privation de sommeil*



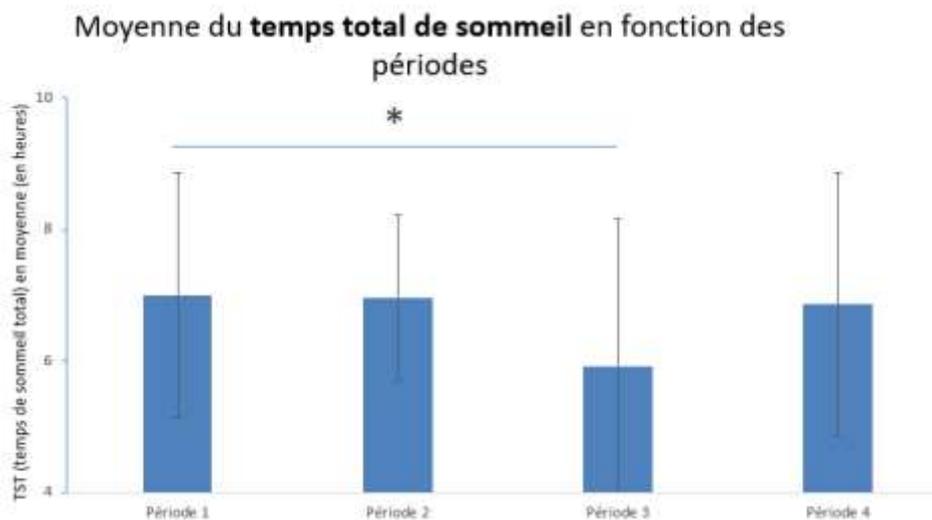
### **Altération des rythmes biologiques**



### **Mauvaise qualité du sommeil**

*Chaleur, froid, bruit, stress, cafeine...*

# Evaluer son sommeil avec des objets connectés

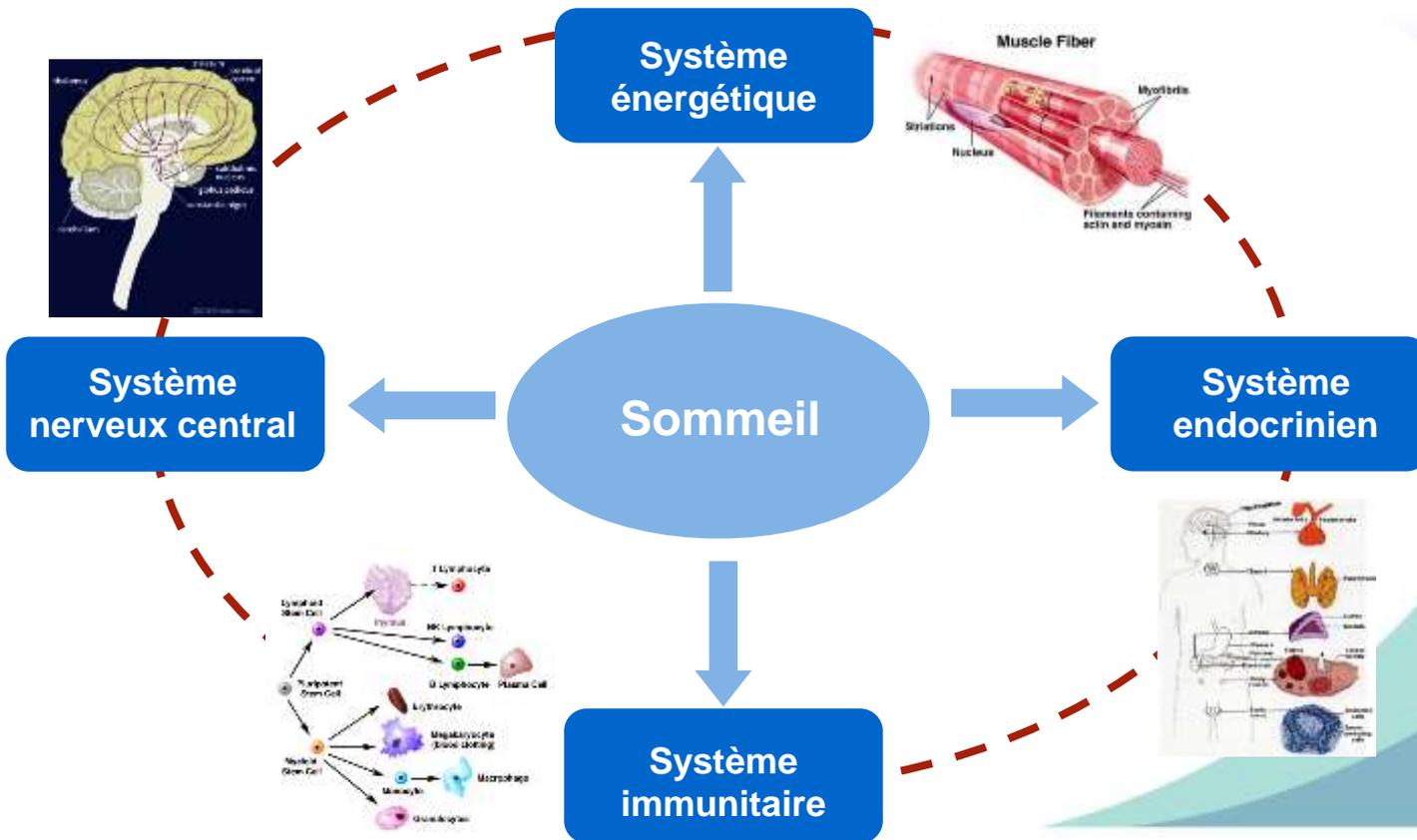


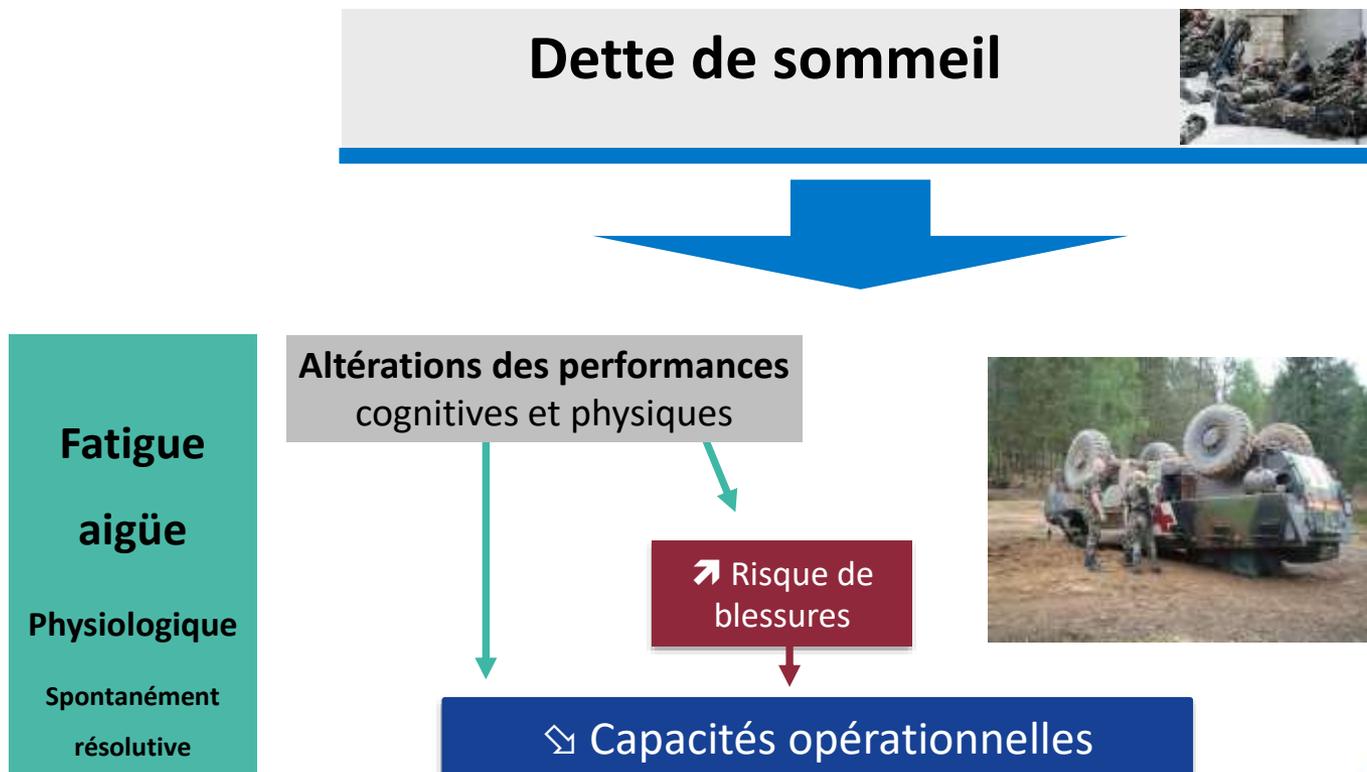
**En moyenne perte de  $56,4 \pm 15,3$  minutes de temps total de sommeil pendant l'embarquement par rapport à la période de repos**





# Les fonctions du sommeil



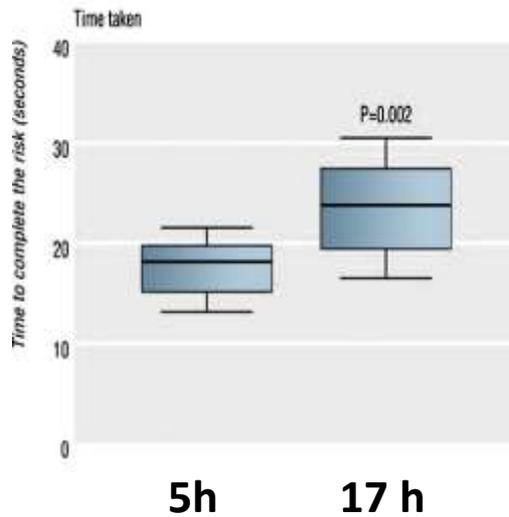


# Conséquence de la dette de sommeil

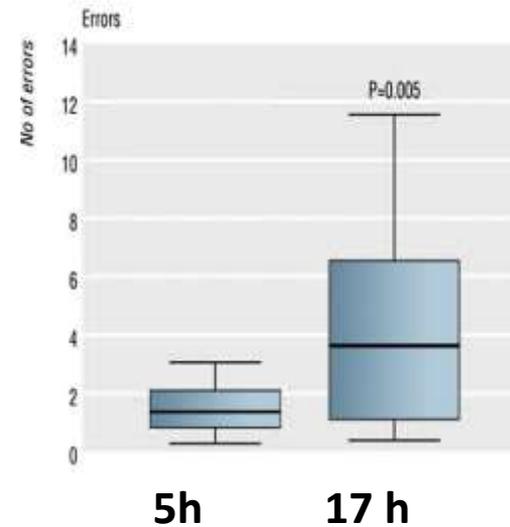
Lors d'une opération chirurgicale après 5 et 17 heures d'éveil....

*Grantcharov et al, BMJ, 2001*

**Durée de réalisation**

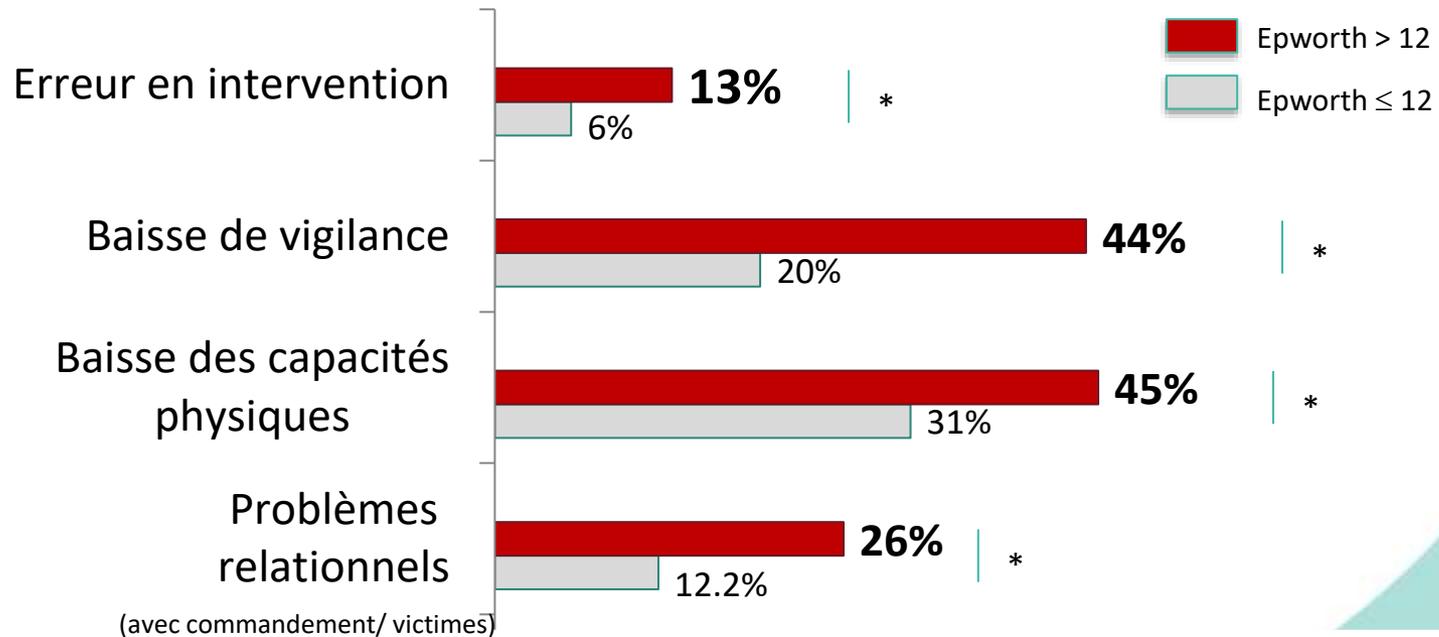


**Nombre d'erreurs**

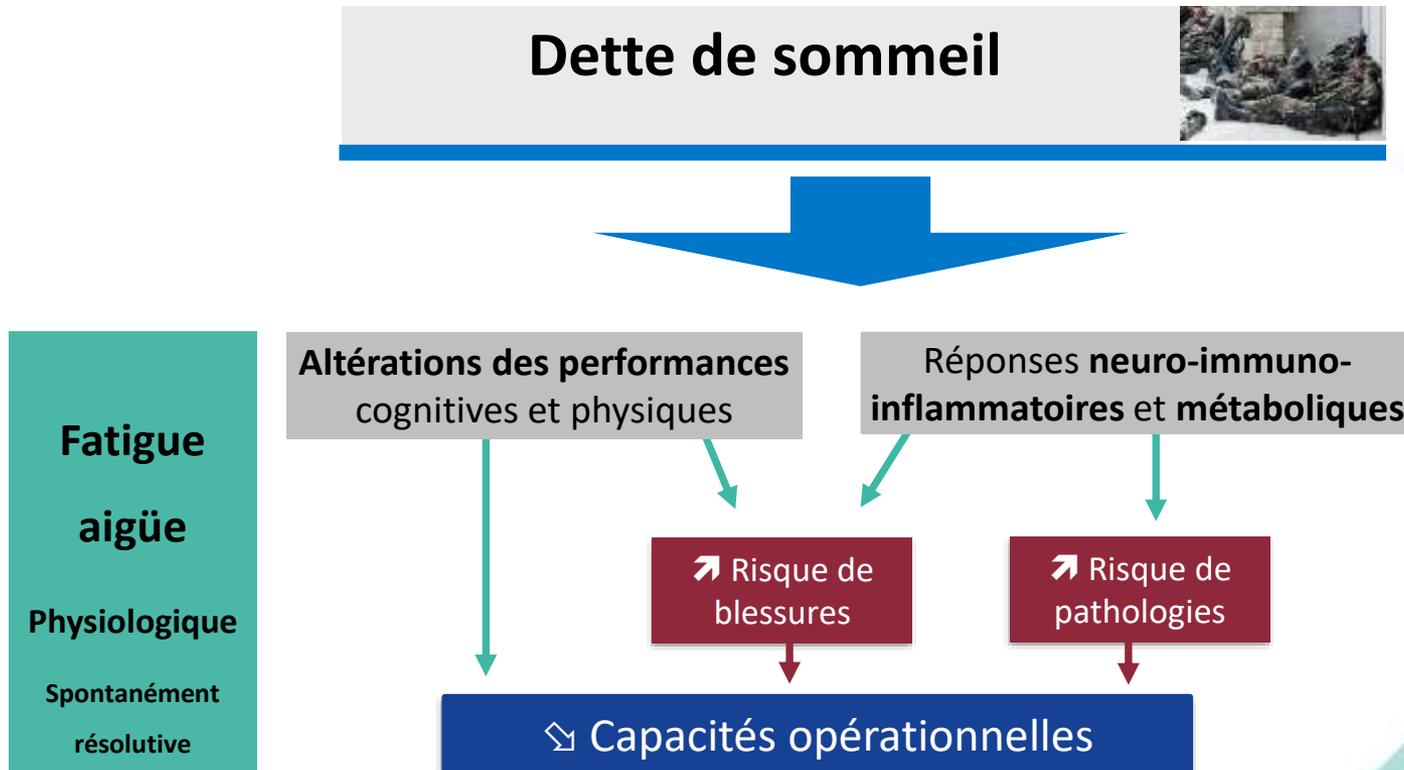


# La somnolence diurne excessive

Hypersomnolence ⇒ erreurs et altérations des capacités



Etude BSPP 2015





MINISTÈRE  
DES ARMÉES

Liberté  
Égalité  
Fraternité

# Dettes de sommeil et tolérance à la chaleur



**30% coups de chaleur dans  
un contexte de dette de sommeil**  
*(Epwstein et al. 2012)*

## Coup de chaleur d'exercice

*(Chan et al. 2006, Ghebek et al. 2006)*



## Pathologies liées à la décompression

*(Pontier et al. 2009, Gempp et al. 2010, Madden et al. 2010)*



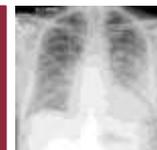
## Gelures

*(Shapovalov et al. 2009)*



## Mal aigu des montagnes

*(Scherrer et al. 2010, Beaumont et al. 2007)*



## Réponses vaccinales

*(Lange et al. 2003, 2011)*





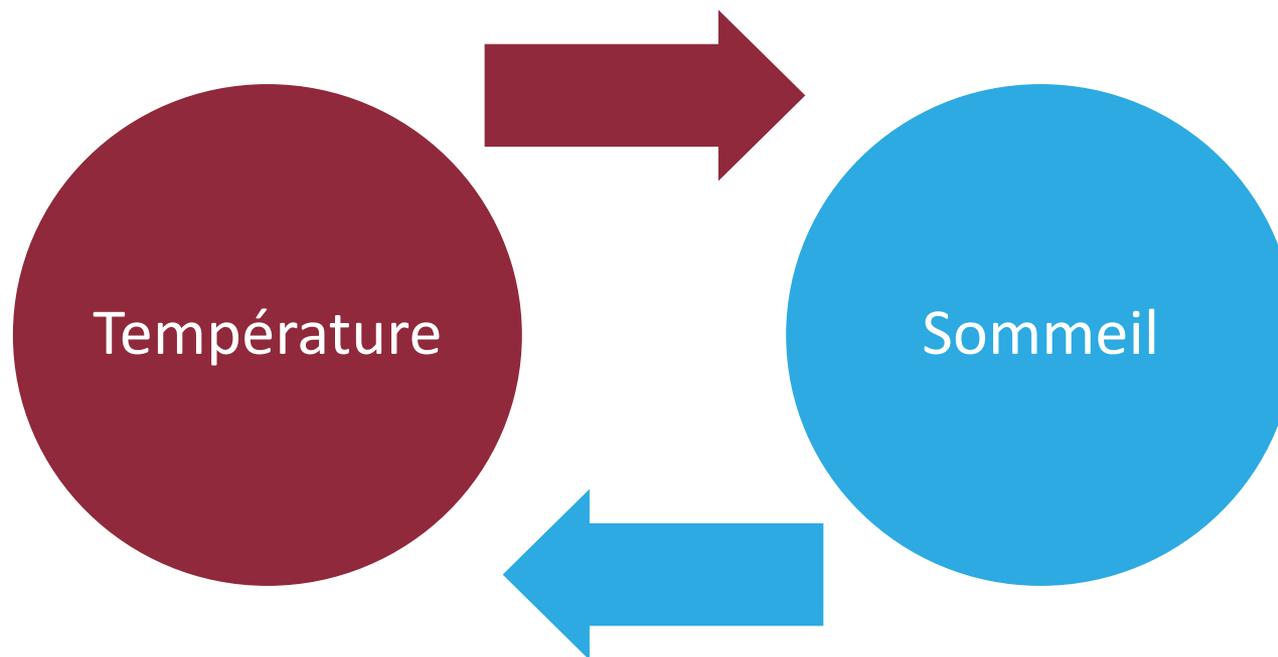
MINISTÈRE  
DES ARMÉES

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# Environnements chaud



# Relation intime entre sommeil et température

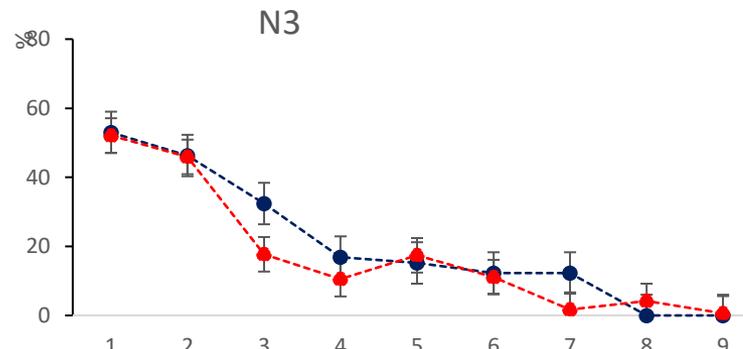
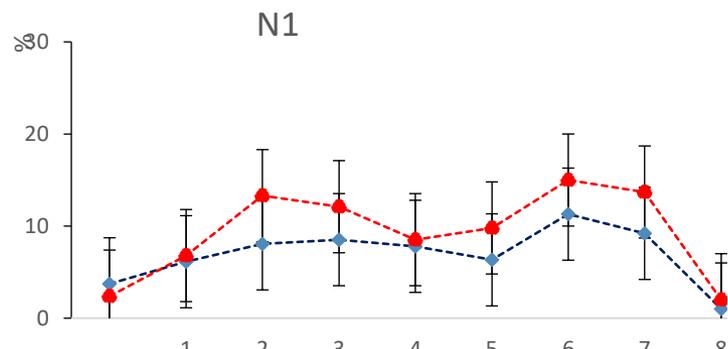




MINISTÈRE  
DES ARMÉES

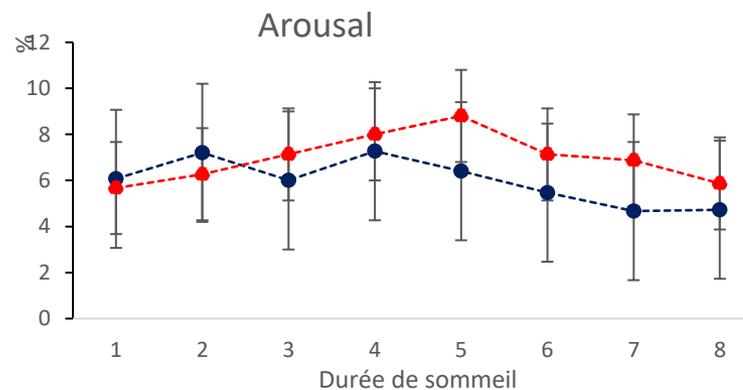
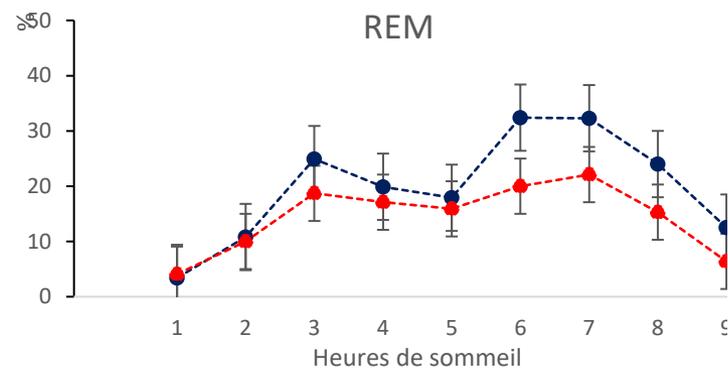
Liberté  
Égalité  
Fraternité

# Sommeil et exposition à la chaleur



● 22°C

● 32°C



● 22°C

● 32°C



MINISTÈRE  
DES ARMÉES

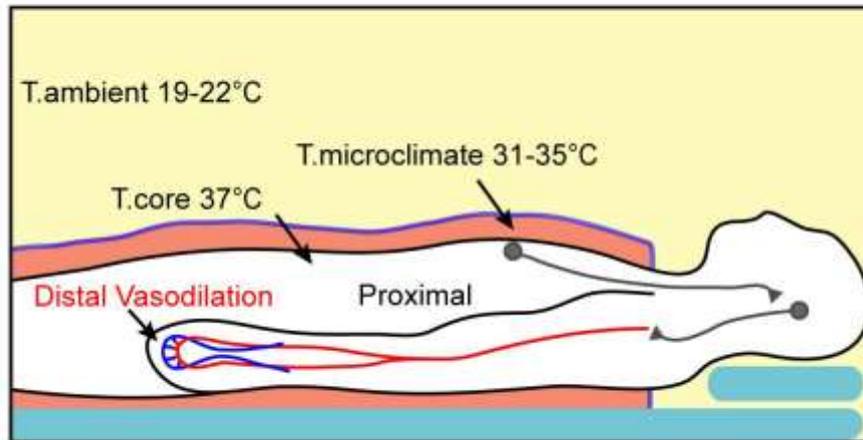
Liberté  
Égalité  
Fraternité

# Sommeil et température

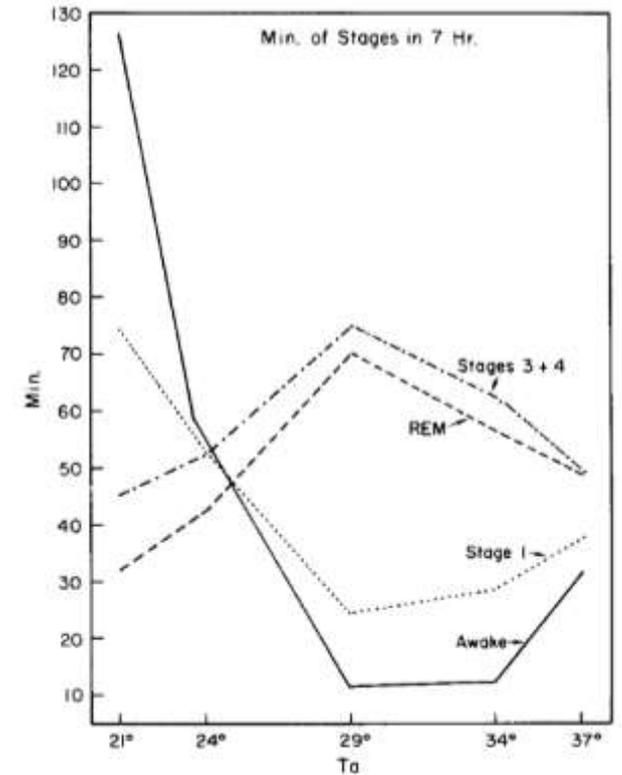


T idéale (sujets en Tee shirt),  
T° = 29°C (rh20°C)

## Températures idéale pour le sommeil



Harding et al, *frontiers in neuroscience*, 2019



Haskell et al, *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1981



**MINISTÈRE  
DES ARMÉES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# Dette de sommeil et tolérance à la chaleur

**45min**

**30°C**

50% RH

1,6 m.s<sup>-1</sup>

**60min/  
Tcore**

**38°C**

45°C

70% RH

1,9 m.s<sup>-1</sup>

**60min**

**42°C**

50% RH

1,9 m.s<sup>-1</sup>

**45min**

**28°C**

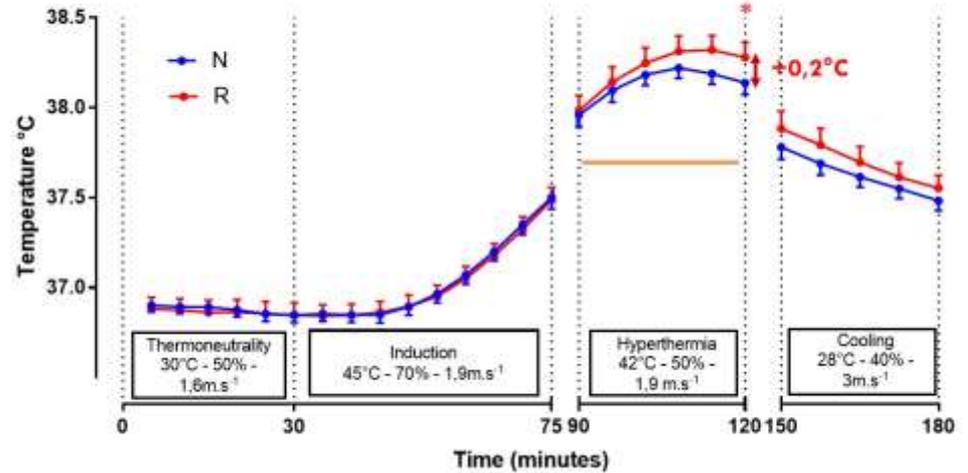
40% RH

3 m.s<sup>-1</sup>

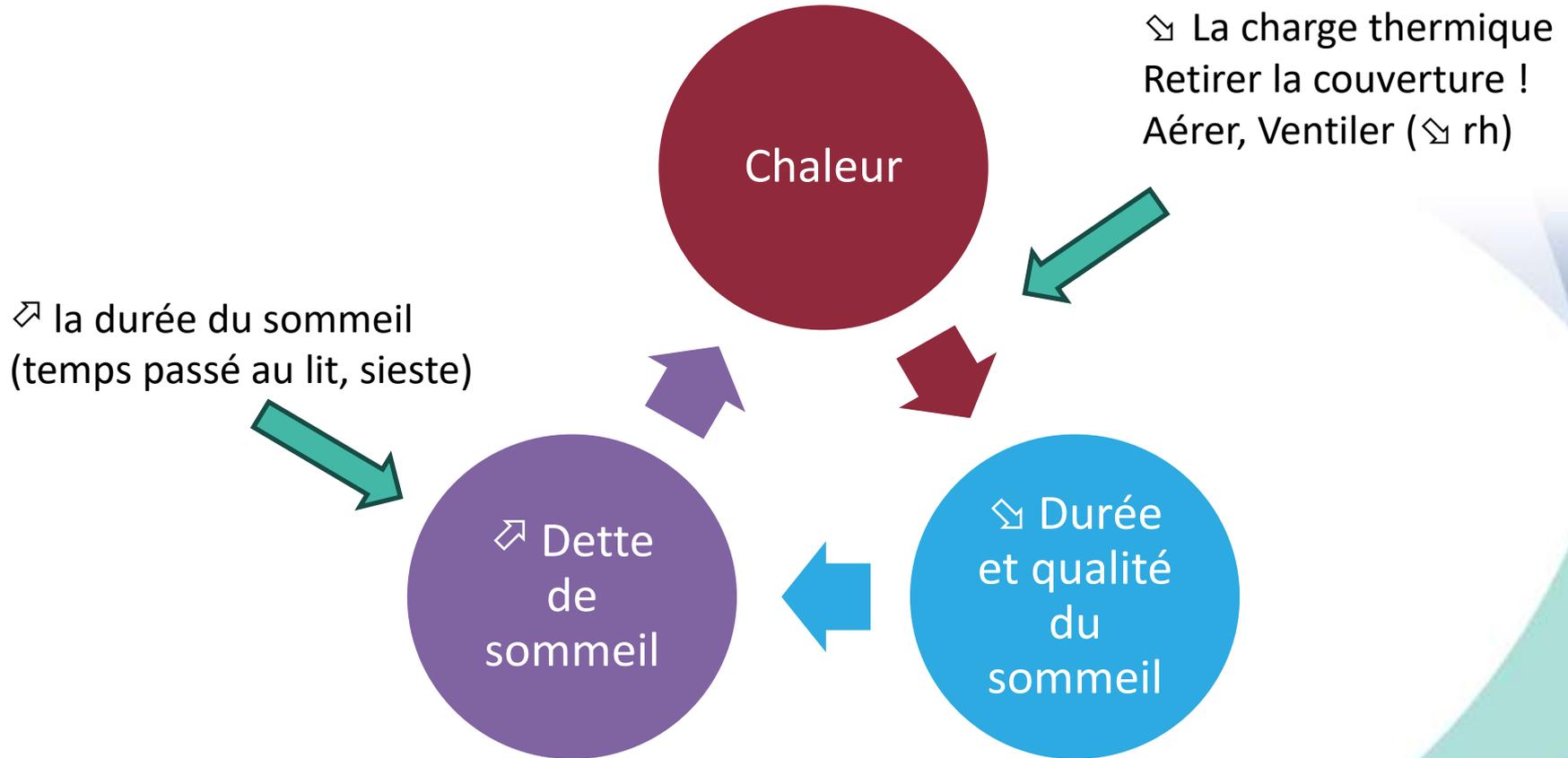


18

Température centrale



# Sommeil et température





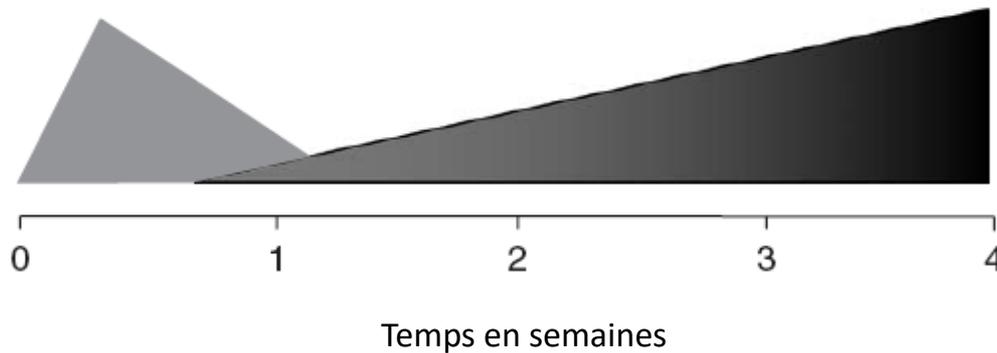
MINISTÈRE  
DES ARMÉES

Liberté  
Égalité  
Fraternité



# Optimiser le sommeil à la chaleur

## Respecter l'acclimatation



**Phase 1, court terme**  
5 - 7 jours

**Phase 2, long terme**  
15 – 30 jours

*Horowitz, 2007*

# Optimiser le sommeil à la chaleur

## Climatisation, les limites :

- **Bruit**



Lan et al., 2014 (Building and Environment)

- **Ecologie**



- **Cout**  
(4€/nuit)



## Altère l'acclimatation



MINISTÈRE  
DES ARMÉES

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



## Sommeil et exposition au froid

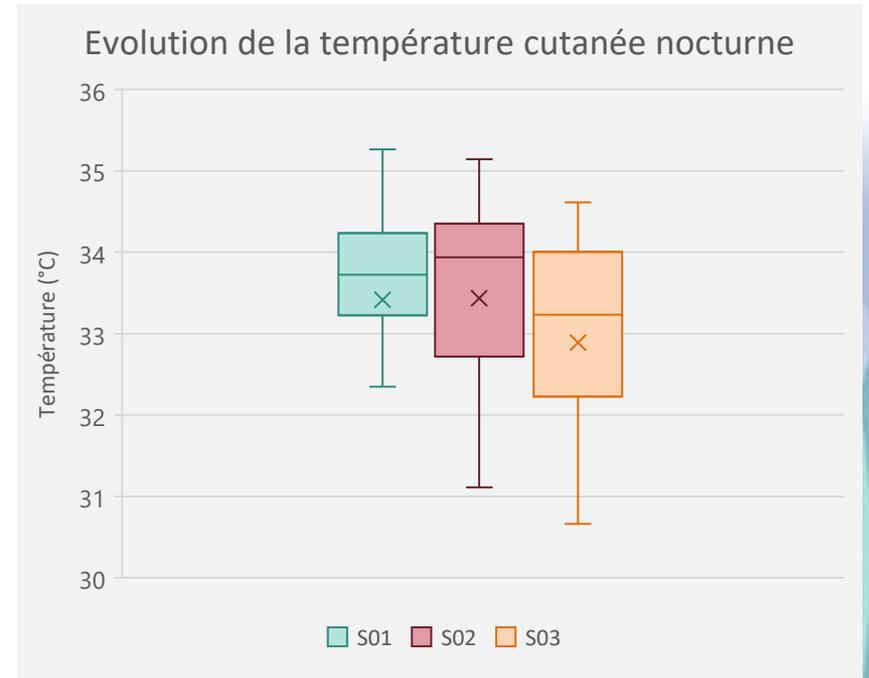




MINISTÈRE  
DES ARMÉES

Liberté  
Égalité  
Fraternité

# L'exposition au froid modifie la structure du sommeil





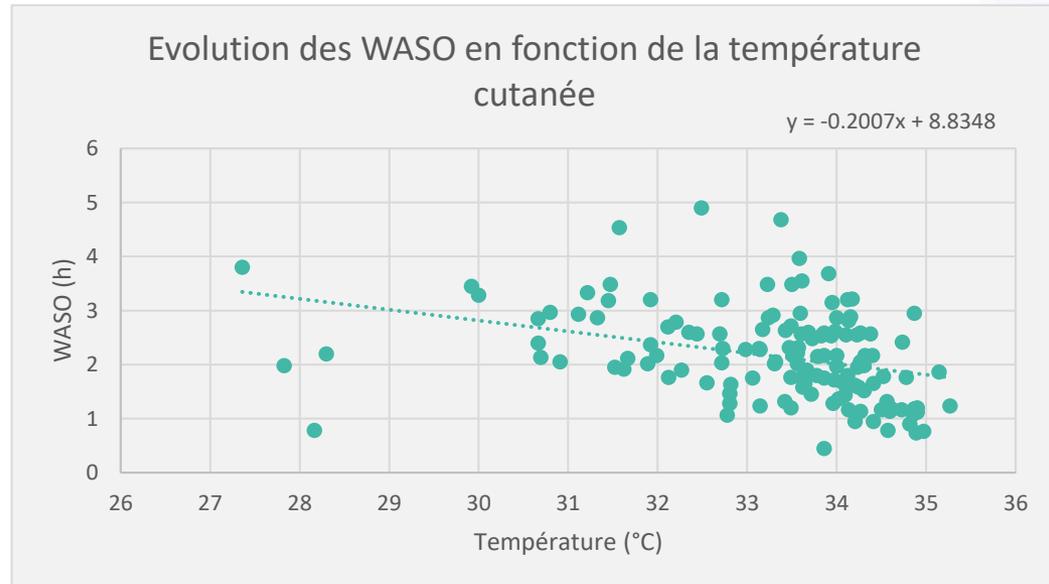
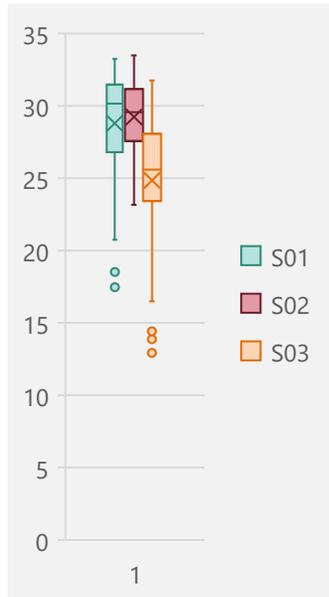
MINISTÈRE  
DES ARMÉES

Liberté  
Égalité  
Fraternité



# L'exposition au froid modifie la structure du sommeil

Sleep fragmentation





MINISTÈRE  
DES ARMÉES

Liberté  
Égalité  
Fraternité

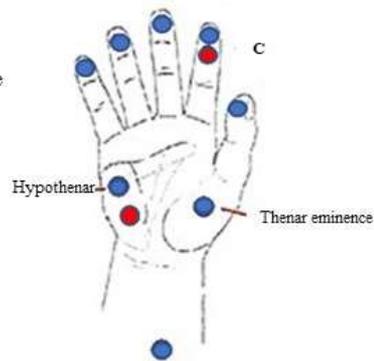


## La dette de sommeil diminue la tolérance au froid

**A**

● Thermocouple

● Laser doppler



**B**



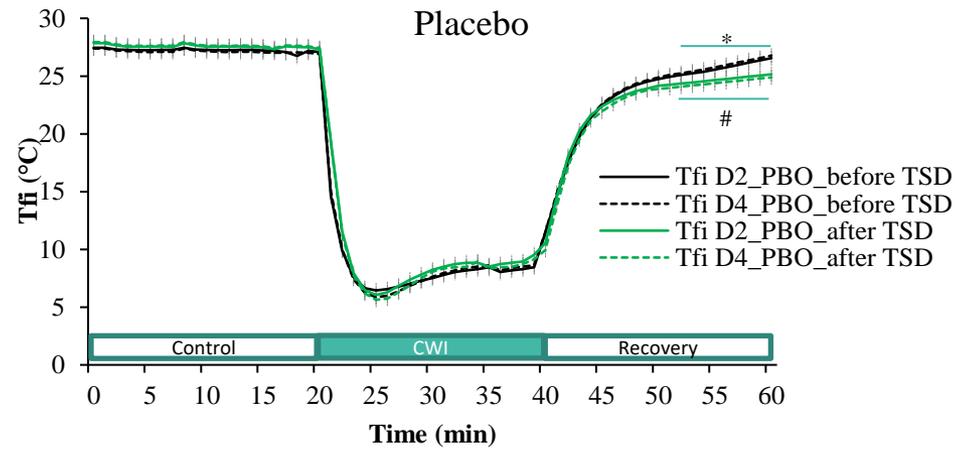
**C**

5°C





## La dette de sommeil diminue la tolérance au froid



	Baseline	CWI	1min	2min	5min	10 min	15 min	20min
Avant								
Privation de sommeil								

## Sommeil et exposition au froid

- Utiliser un duvet adapté

- Couvrir la tête

- Dormir au sec !



- Eviter les dettes de sommeil (↗ temps passé au lit, siestes)

# Apprendre à optimiser son sommeil et ses temps de repos

- Augmenter la durée de sommeil
- Dormir dès que cela est possible
- Améliorer la qualité du sommeil
- ...





MINISTÈRE  
DES ARMÉES

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# Formation à la gestion du sommeil



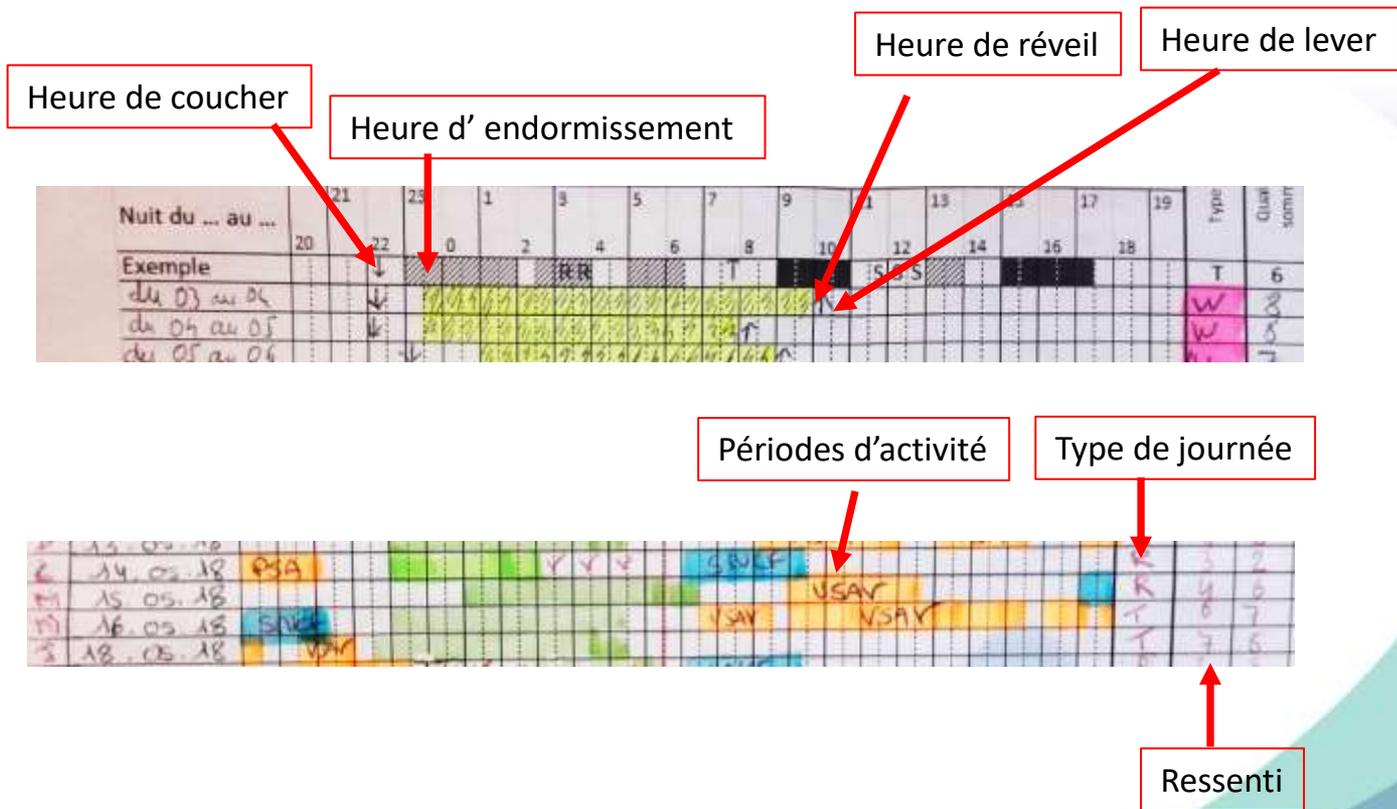
Module de formation  
« sommeil-vigilance et prévention de la fatigue »



Directive du CEMA 31/07/2013 « Sensibilisation et formation des militaires à la prévention du stress opérationnel » 13\_009803/DEF/EMA/RH/Form/NP

# Apprendre à évaluer son sommeil

## Agenda de sommeil





MINISTÈRE  
DES ARMÉES

Liberté  
Égalité  
Fraternité

# Apprendre à évaluer son sommeil



Sportif de haut niveau

Pompier de Paris

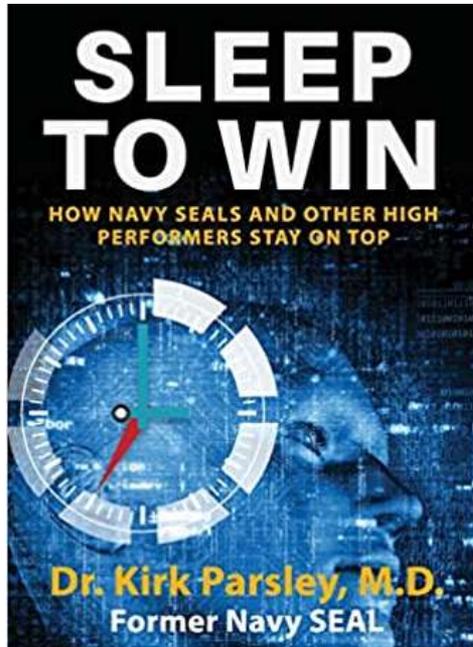




MINISTÈ  
DES ARMES

Liberté  
Égalité  
Fraternité

# Dormir dès que l'on peut



« *Sleep when you can...  
sleep when is it not possible* »





MINISTÈRE  
DES ARMÉES

Liberté  
Égalité  
Fraternité

# Pratiquer la sieste

Outil de maintien des capacités opérationnelles

Déterminer soigneusement l'horaire et la durée.



# Apprendre à optimiser la sieste

par les techniques d'optimisation des ressources (ORFA)



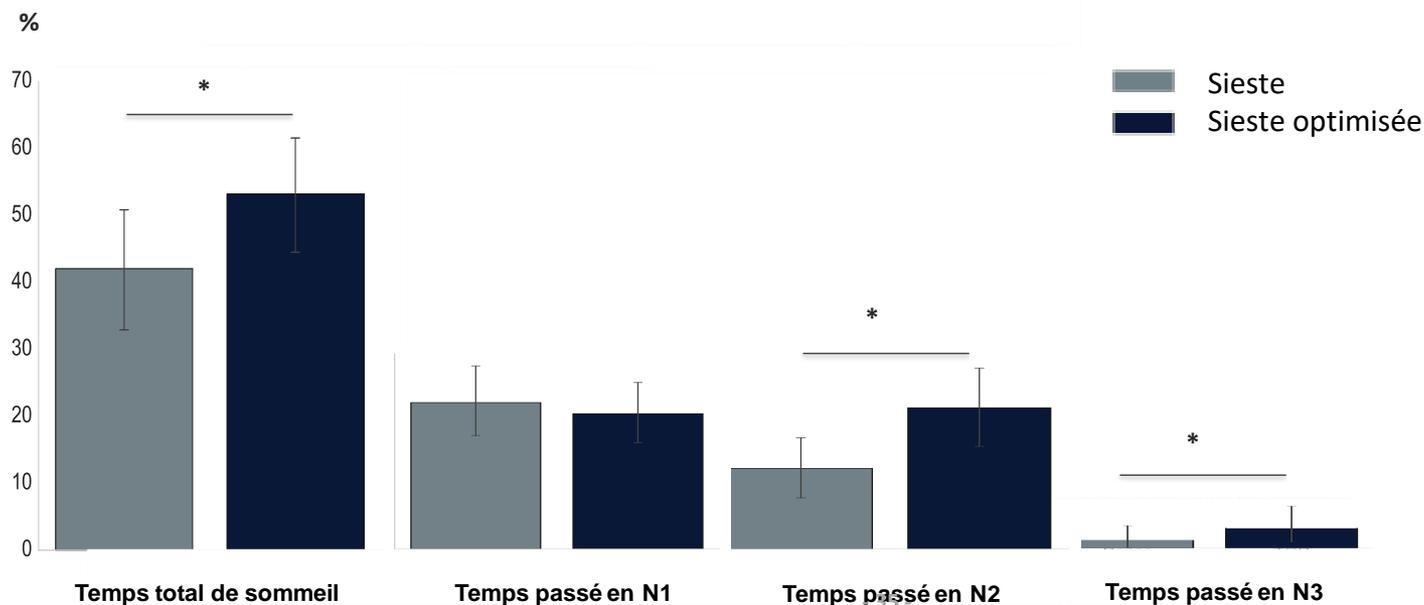
**Sieste de 30 minutes,**

Encadrée par un **relaxation/ suggestion hypnotique** et dynamisation légère après le réveil

# Apprendre à optimiser la sieste

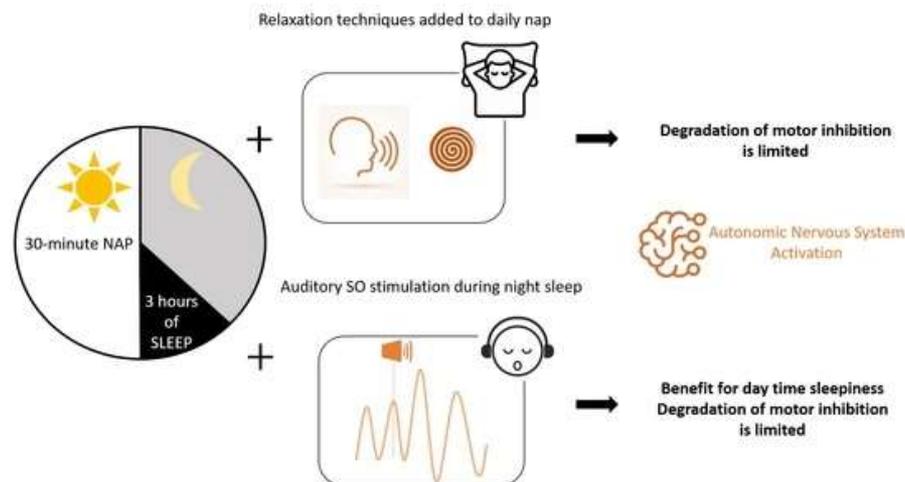
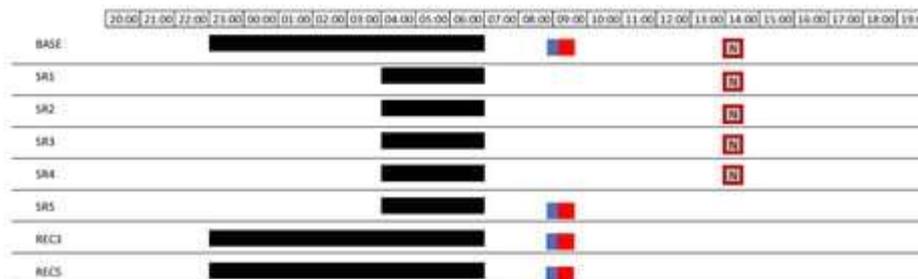


% de temps passé en sommeil et dans les différents stade de sommeil, moyennés par session



# Apprendre à optimiser la sieste

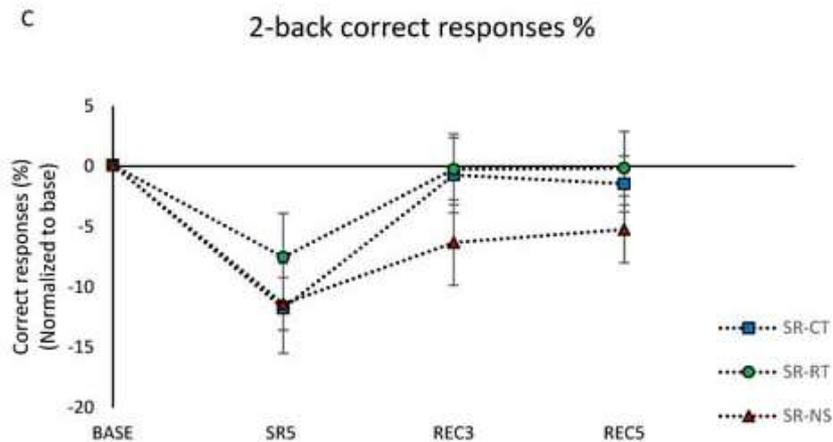
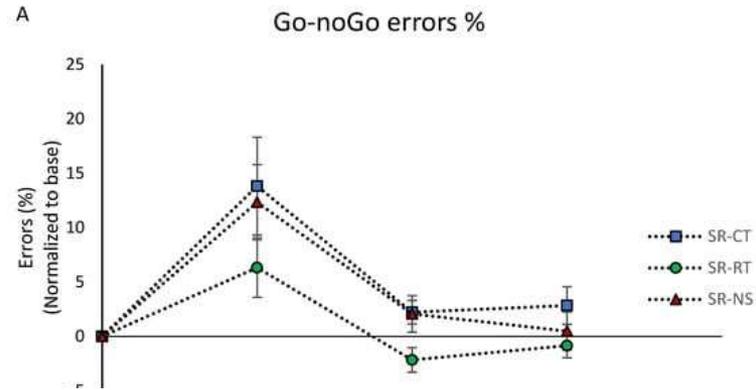
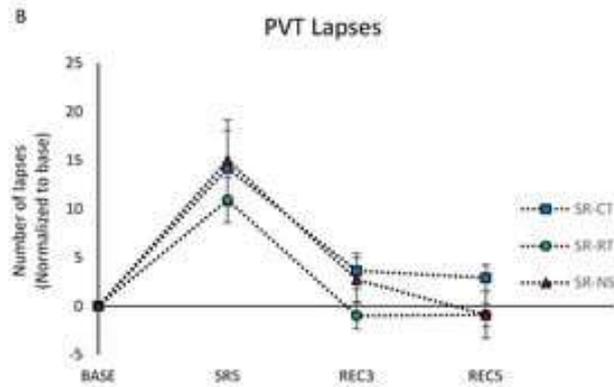
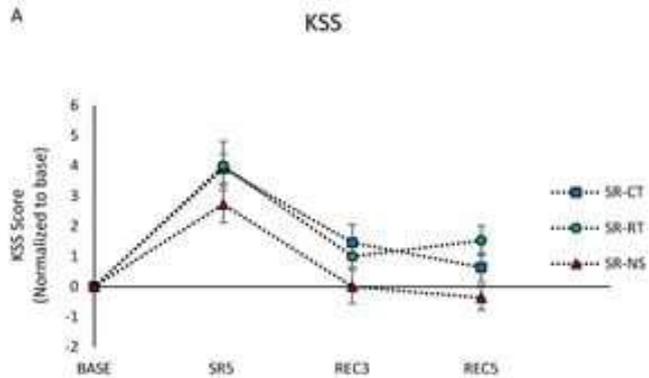
Relaxation techniques session (SR-RT)



Gomez-Mérino et al. 2022. Strategies to Limit Cognitive Impairments under Sleep Restriction: Relationship to Stress Biomarkers



# Apprendre à optimiser la sieste



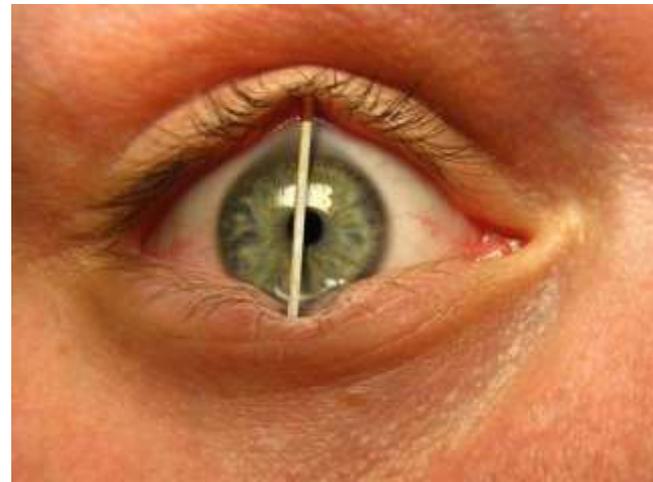
Gomez-Mérino et al. 2022. Strategies to Limit Cognitive Impairments under Sleep Restriction: Relationship to Stress Biomarkers



MINISTÈRE  
DES ARMÉES

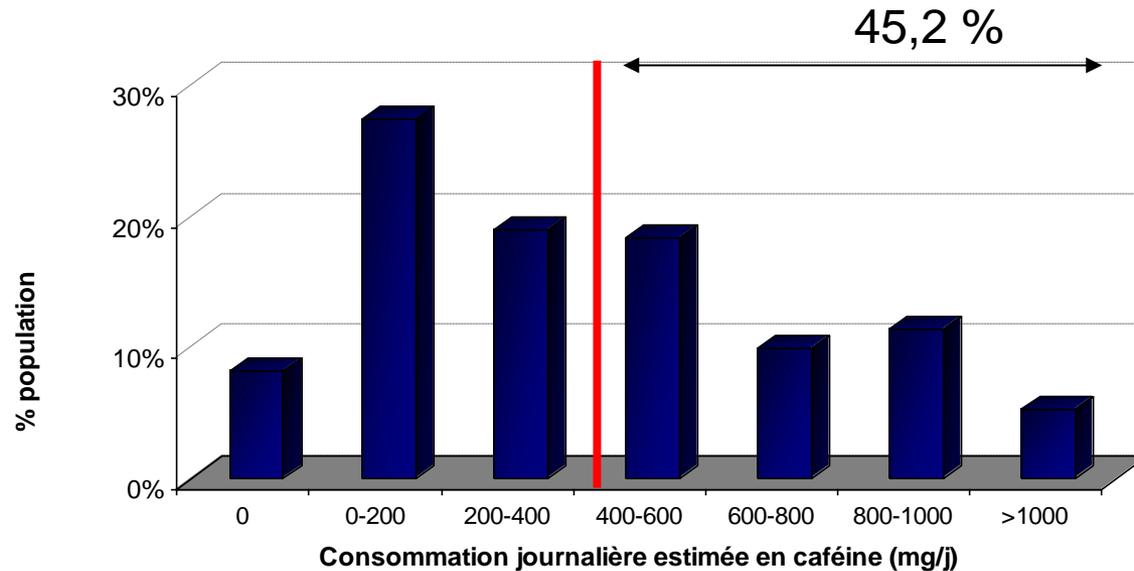
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# Apprendre à utiliser la caféine



# Apprendre à utiliser la caféine

Au delà de 300 mg/j de caféine (> 3 café expresso), apparition d'une dépendance et d'une accoutumance



Consommation moyenne :  $401 \pm 321$  mg/j (n=341)

Coroenne 2012

# Apprendre à utiliser la caféine

- ne pas dépasser 800 mg/24 h (100 mg/4h)
- diminution de la consommation quotidienne (*boissons décaféinées...*)
- ne pas utiliser si on se sent bien éveillé
- s'hydrater
- associer à une prise alimentaire (*effet libération prolongée*)
- pas de caféine dans les 4 h avant le coucher





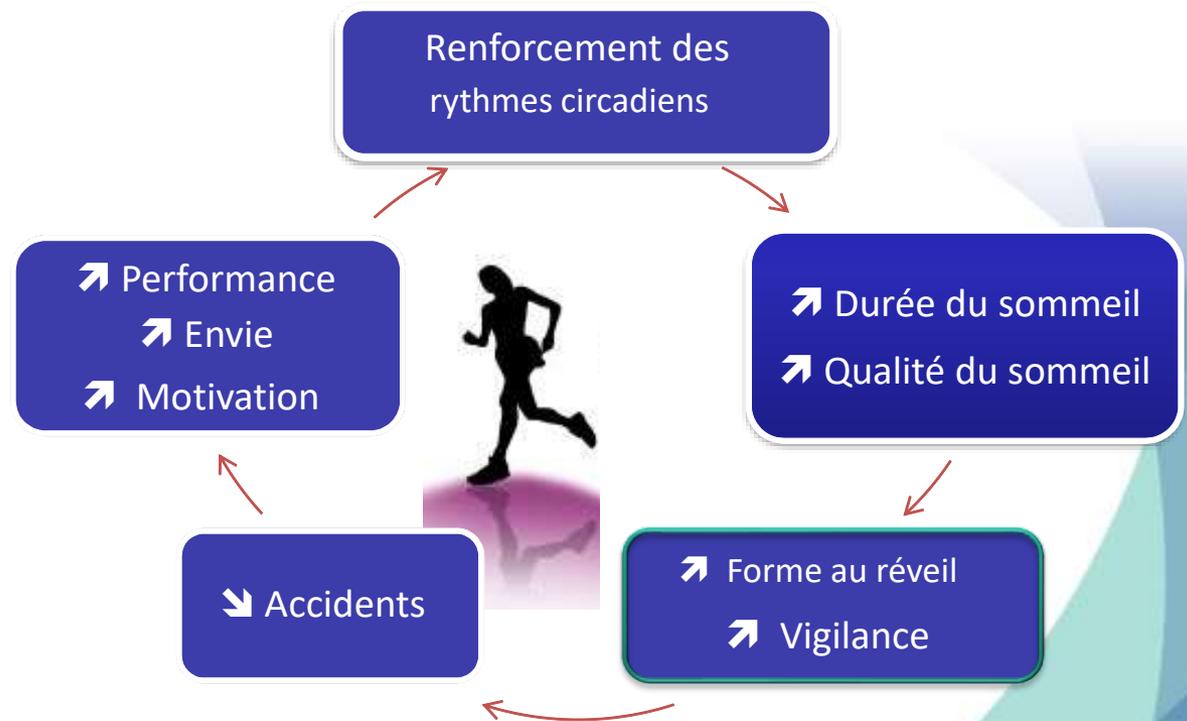
MINISTÈRE  
DES ARMÉES

Liberté  
Égalité  
Fraternité

# L'activité physique



Arnal et Millet Sport & Vie 2012



# L'activité physique

## 7 semaines d'entraînement physique



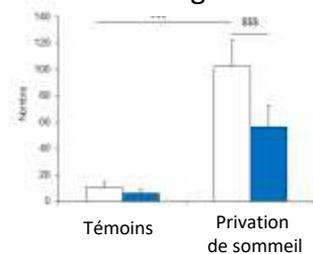
### Performances mentales

**Effet protecteur** sur les capacités de maintien d'éveil et les performances attentionnelles

#### Test de conduite



#### Franchissements de lignes

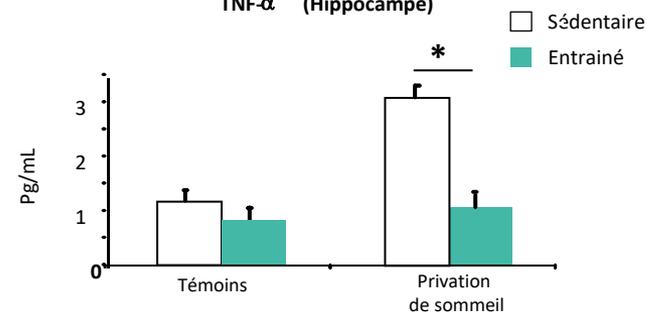


### Réponses biologiques

**Effet protecteur** sur les réponses inflammatoires (périphérique et centrale)

*(Sauvet et al. 2017, Chennaoui et al. 2017)*

#### TNF- $\alpha$ (Hippocampe)



# Apprendre à adapter ses comportements En situation de fatigue

## 4 « C »

**Conscience** de la situation « Fatigue »

**Coordination** des acteurs, contrôles croisés, direction f  
décisions claires (phraséologie)

**Contrôles** croisés, procédures, entrainement, drill  
Planification, envisager toutes les options possibles.

**Cohésion**, Maintient des capacité d'initiative  
et de parole (écoute)



Gestion du sommeil et de la récupération

Enjeux de performance et de prévention de la fatigue

Efficacité des contre-mesures

Importance de la formation





MINISTÈRE  
DES ARMES

Liberté  
Égalité  
Fraternité

Je vous remercie

