



HAL
open science

Évolutions concomitantes du comportement masse-ressort et de la perception de l'inconfort musculaire auto-rapportée induites par une course d'ultra-trail : données préliminaires

Julien Frère, Eryne Belleterre, Clément Baud, Clément Ginoux

► To cite this version:

Julien Frère, Eryne Belleterre, Clément Baud, Clément Ginoux. Évolutions concomitantes du comportement masse-ressort et de la perception de l'inconfort musculaire auto-rapportée induites par une course d'ultra-trail : données préliminaires. 2e Congrès Scientifique Ultra Endurance & Conditions Extrêmes : Adaptations, Performances, Santé, UR 7480 VERTEX, Université de Caen Normandie, Apr 2025, Caen, France. ⟨hal-05303574⟩

HAL Id: hal-05303574

<https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-05303574v1>

Submitted on 8 Oct 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License



Evolutions concomitantes du comportement masse-ressort et de la perception de l'inconfort musculaire auto-rapportée induites par une course d'ultra-trail : données préliminaires

Julien FRERE¹, Eryne BELLETERRE¹, Clément BAUD^{2,3}, Clément GINOUX²

¹UMR 5216 GIPSA-Lab (UGA, CNRS, Grenoble-INP), ²Laboratoire SENS (UGA), ³U1042 Laboratoire HP2 (INSERM, UGA)

Symposium 1 : Performance en Ultra Endurance

Amphi P. DAURE



Introduction

Dommages des tissus musculaires



La course en descente accentue la phase de mise en charge à l'appui

Le cumul de contractions excentriques exacerbées par les descentes génère des dommages du tissu musculaire



En conséquence, une **perte de force musculaire** (évoquée) est observée aux niveaux des fléchisseurs plantaires

Giandolini *et al.*, 2016

une **réduction des amplitudes articulaires** (cheville, genou) en course

Dutto & Braun, 2004



Augmentation de la cadence des foulées pour tenter de maintenir la vitesse de course

Comportement du modèle masse-ressort

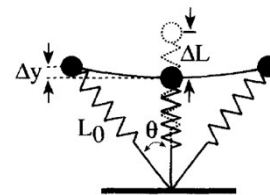
- **Augmentation de la cadence** des foulées entre PRE-MID et entre PRE-POST
- "... changes in running mechanics and spring-mass behavior in ultramarathons aim to minimize pain of the eccentric phase at each step. The switch to a "safer" technique, that is, a "smoother" running style, may also aim to anticipate further damages."



Degache *et al.*, 2016

- Résultats similaires pour l'UTMB

Morin *et al.*, 2011b



Parameter	PRE	MID	POST
F_{\max} (\times body weight)	2.36 \pm 0.14	2.16 \pm 0.15***	2.18 \pm 0.18***
Δz (m)	0.067 \pm 0.011	0.059 \pm 0.011*	0.058 \pm 0.009*
ΔL (m)	0.164 \pm 0.017	0.164 \pm 0.016	0.157 \pm 0.024
k_{vert} (kN/m)	23.51 \pm 2.82	24.83 \pm 5.36	25.23 \pm 4.41
k_{leg} (kN/m)	9.53 \pm 0.79	8.69 \pm 0.69**	9.36 \pm 1.6

* $P < .05$, ** $P < .01$, *** $P < .001$: significantly different from PRE.

gipsa-lab **Afférences musculaires métabosensibles (groupes III & IV)** **SENS** Université Grenoble Alpes

Millet, 2011
Knee extensors strength loss (%MVC) vs Duration (min). Shaded area: 16-25 h.

Fatigue périphérique (en aval de la jonction neuromusculaire) *Giandolini et al., 2016* (+)

Fatigue centrale (en amont de la jonction neuromusculaire) *Martin et al., 2010* (-)

Afférences métabosensibles et nociceptives (III-IV)

Hampson et al., 2001
RPE

"... muscle afferent feedback is not a sensory signal for the perception of effort." **Bergevin et al., 2023**

2e Congrès Ultra Endurance et Conditions Extrêmes | Avril 2025 | Université de Caen 5 **Sport Perf Health** Université Grenoble Alpes

gipsa-lab **La perception de l'effort (RPE)** **SENS** Université Grenoble Alpes

"... muscle afferent feedback is not a sensory signal for the perception of effort." **Bergevin et al., 2023**

Le niveau de perception de l'effort est modulé par des mécanismes neurophysiologiques

- Fatigue mentale
- Privation de sommeil
- Nutrition
- Motivation
- Faits de course
- Emotions
- Conditions environnementales

Death (Red light)
Exercise cessation (Orange light)
I feel good (±) (Green light)

RPE (Residual Perceived Exertion) levels 1, 2, 3, 4

Security reserve 4

Filling rate 2


Waste pipe 3

Millet (2011)

2e Congrès Ultra Endurance et Conditions Extrêmes | Avril 2025 | Université de Caen 6 **Sport Perf Health** Université Grenoble Alpes

gipsa-lab **SENS** Université Grenoble Alpes

La perception de l'effort (RPE)

"... muscle afferent feedback is not a sensory signal for the perception of effort."  Bergevin et al., 2023

Le niveau de mécanismes

Fatigue musculaire

Privation de sommeil

Nutrition

Motivation

Conditions environnementales

Death

Security reserve 4

Check for updates

Waste pipe 3

Filling rate 2

Millet (2011)

REVIEW ARTICLE


An Integrated Perspective of Effort and Perception of Effort

Israel Halperin^{1,2} · Andrew D. Vigotsky^{3,4}

Sports Medicine (2024) 54:2019–2032
<https://doi.org/10.1007/s40279-024-02055-8>

Accepted: 22 May 2024 / Published online: 23 June 2024
 © The Author(s) 2024

Peripheral fatigue + spinal and/or supraspinal inhibition

2e Congrès Ultra Endurance et Conditions Extrêmes | Avril 2025 | Université de Caen 7 

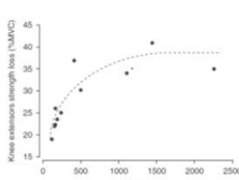
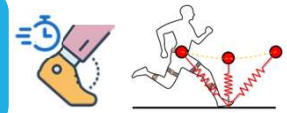
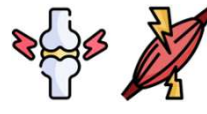
gipsa-lab **SENS** Université Grenoble Alpes


Objectif & hypothèses

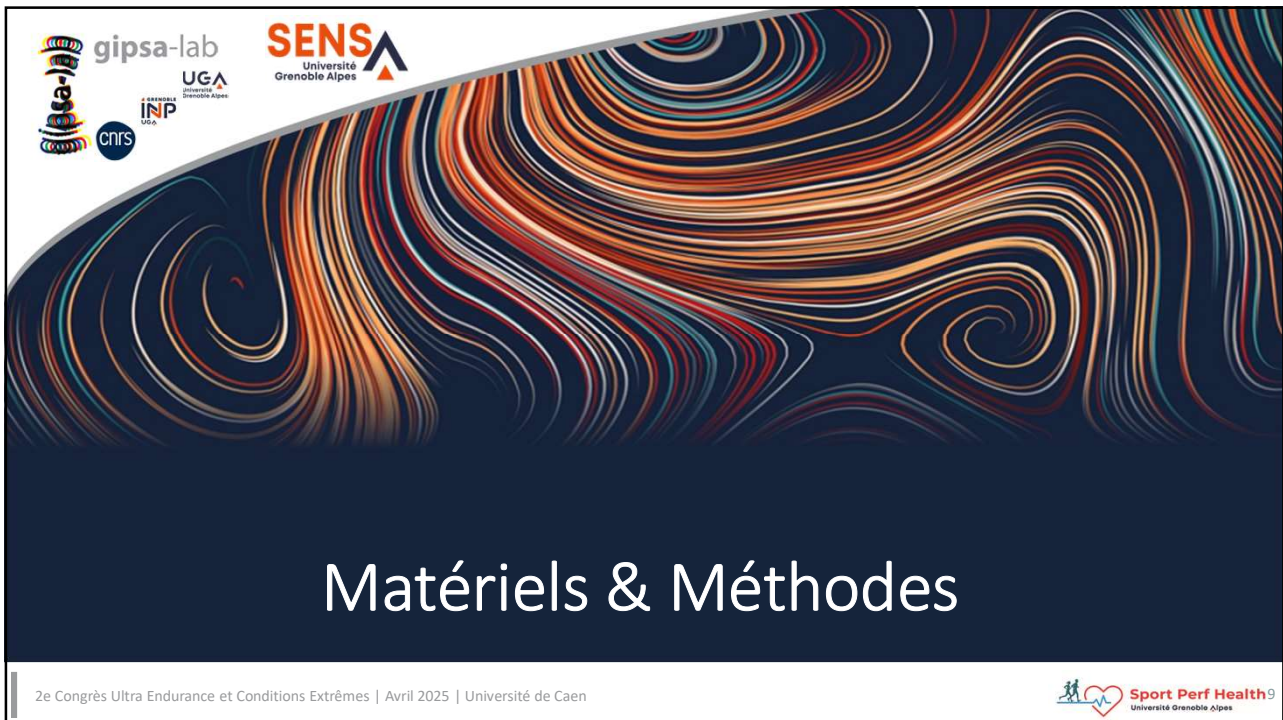
Cette étude vise à analyser les évolutions conjointes de la mécanique de course, la perception de l'effort, l'inconfort musculaire et articulaire et la valence affective en ultra-trail

Au regard, des variations de force musculaire en ultra-endurance, nous posons **l'hypothèse d'une variation puis d'une stabilisation** des paramètres spatiotemporels et du modèle masse-ressort

Il est attendu que les **données perceptives suivent une tendance similaire**, en particulier l'inconfort musculaire et articulaire

2e Congrès Ultra Endurance et Conditions Extrêmes | Avril 2025 | Université de Caen 8 




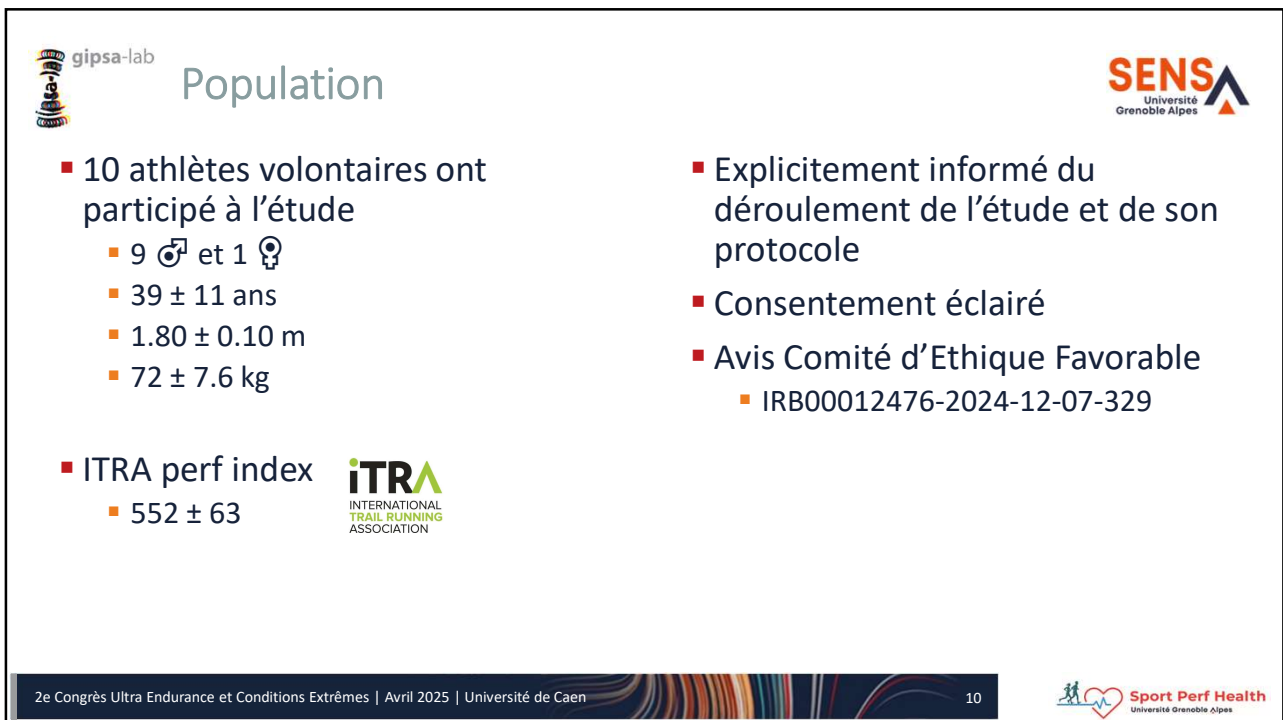
gipsa-lab
UGA
INP
cnrs

SENS
Université
Grenoble Alpes

Matériels & Méthodes

2e Congrès Ultra Endurance et Conditions Extrêmes | Avril 2025 | Université de Caen

 Sport Perf Health⁹
Université Grenoble Alpes



gipsa-lab

Population


SENS
Université
Grenoble Alpes

- 10 athlètes volontaires ont participé à l'étude
 - 9 ♂ et 1 ♀
 - 39 ± 11 ans
 - 1.80 ± 0.10 m
 - 72 ± 7.6 kg
- ITRA perf index
 - 552 ± 63
- Explicitement informé du déroulement de l'étude et de son protocole
- Consentement éclairé
- Avis Comité d'Ethique Favorable
 - IRB00012476-2024-12-07-329

ITRA
INTERNATIONAL
TRAIL RUNNING
ASSOCIATION

2e Congrès Ultra Endurance et Conditions Extrêmes | Avril 2025 | Université de Caen

10

 Sport Perf Health⁹
Université Grenoble Alpes



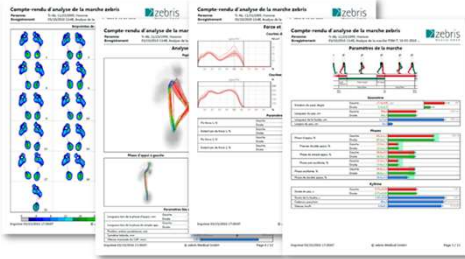
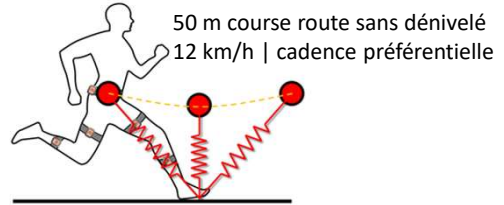
Mesures avant course



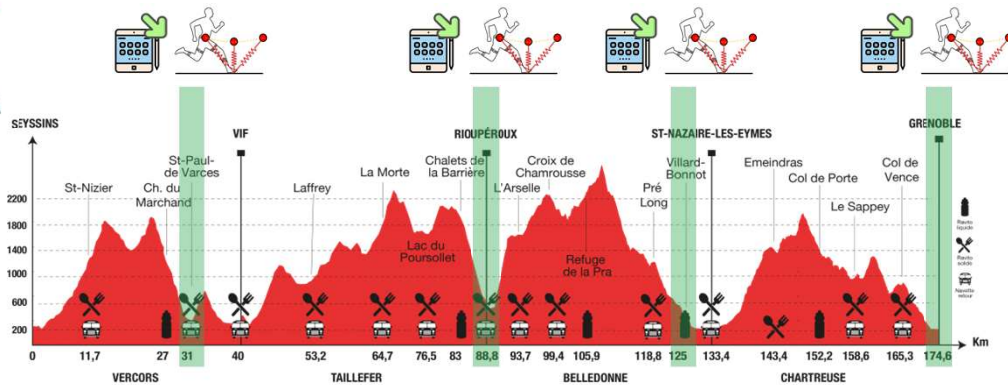
CUBE-APS
Campus Universitaire



12 km/h | cadence préférentielle
12 km/h | -10 % cadence préférentielle
12 km/h | +10 % cadence préférentielle



Pendant la course



50 m de course au sol (sans dénivelé)
12 km/h | cadence préférentielle



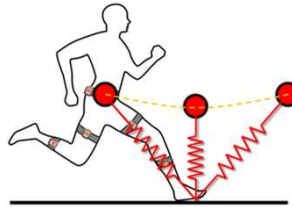
Positions GPS et vitesse pendant toute la durée de la course



Modélisation masse-ressort embarqué

Estimer la composante verticale de la force de réaction du sol

- 3 centrales inertielles Xsens DOT (fs = 120 Hz)
- Sacrum
 - Chaque face latérale de la jambe



Farley & Gonzalez, 1996

Δy : double intégration de a_y

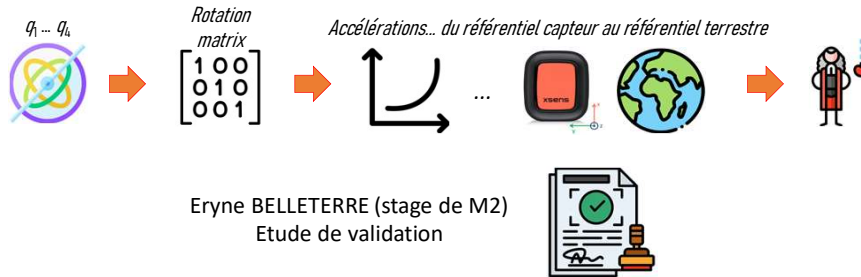
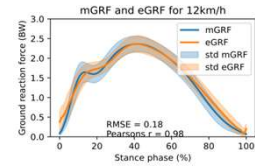
$$\Delta L = L - \sqrt{L^2 - \left(\frac{v_{fc}}{2}\right)^2} + \Delta y_c$$

$$k_{vert} = F_{max} \cdot \Delta y_c^{-1}$$

$$k_{leg} = F_{max} \cdot \Delta L^{-1}$$

Scheltinga et al., 2022

$$eGRF = (m_b \times g) + \sum_{i=1}^3 m_b \times WF_i \times (a_{z,i})$$



Données perceptives

Sports Medicine
<https://doi.org/10.1007/s40279-019-01229-z>

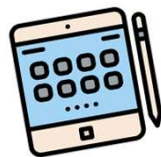
REVIEW ARTICLE



Rating of Perceived Effort: Methodological Concerns and Future Directions

Israel Halperin^{1,2} · Aviv Emanuel³

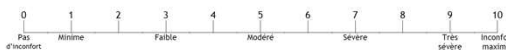
"Rather than measuring solely RPE as commonly done, exercise sciences will benefit from incorporating other single-item scales that measure affect, fatigue and discomfort, among others"



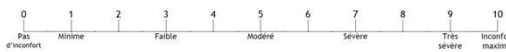
Veillez indiquer votre perception d'effort moyenne pendant toute la descente.



Veillez indiquer votre inconfort musculaire moyen du bas du corps pendant toute la descente.



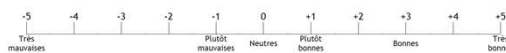
Veillez indiquer votre inconfort artirculaire moyen du bas du corps pendant toute la descente.



A cet instant, veuillez indiquer quel niveau de fatigue générale vous ressentez ?



Veillez indiquer la qualité moyenne des émotions liées à l'effort effectué pendant toute la descente ?





Données perceptives



Sports Medicine
https://doi.org/10.1081/140279-019-01010
REVIEW ARTICLE

Rating of Perceived Exertion
Directions

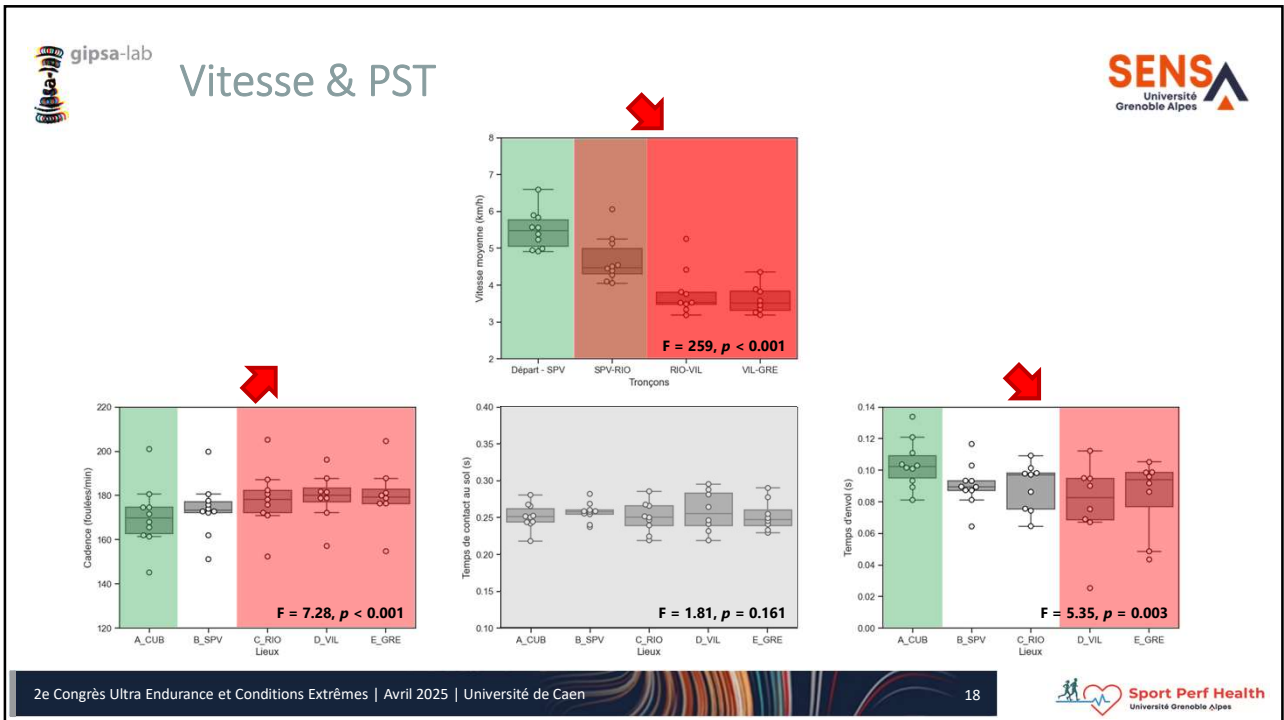
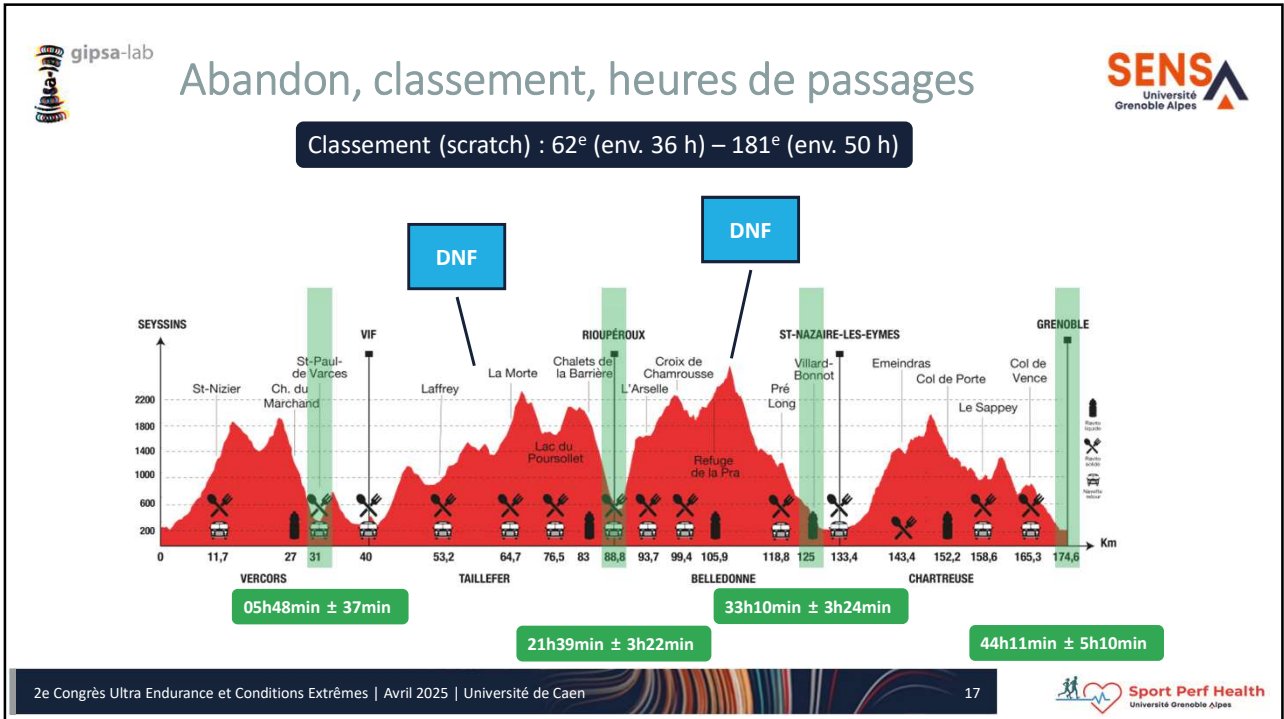
Israel Halperin^{1,2} · Aviv Emanuel^{1,2}

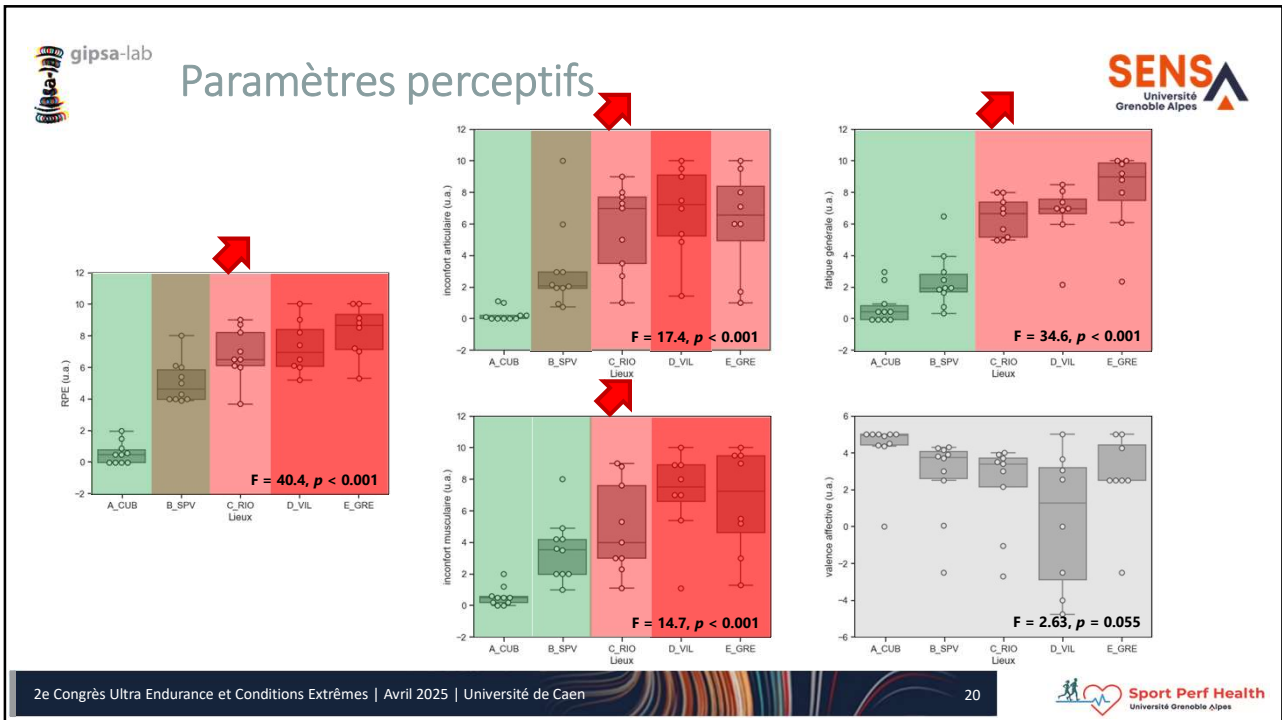
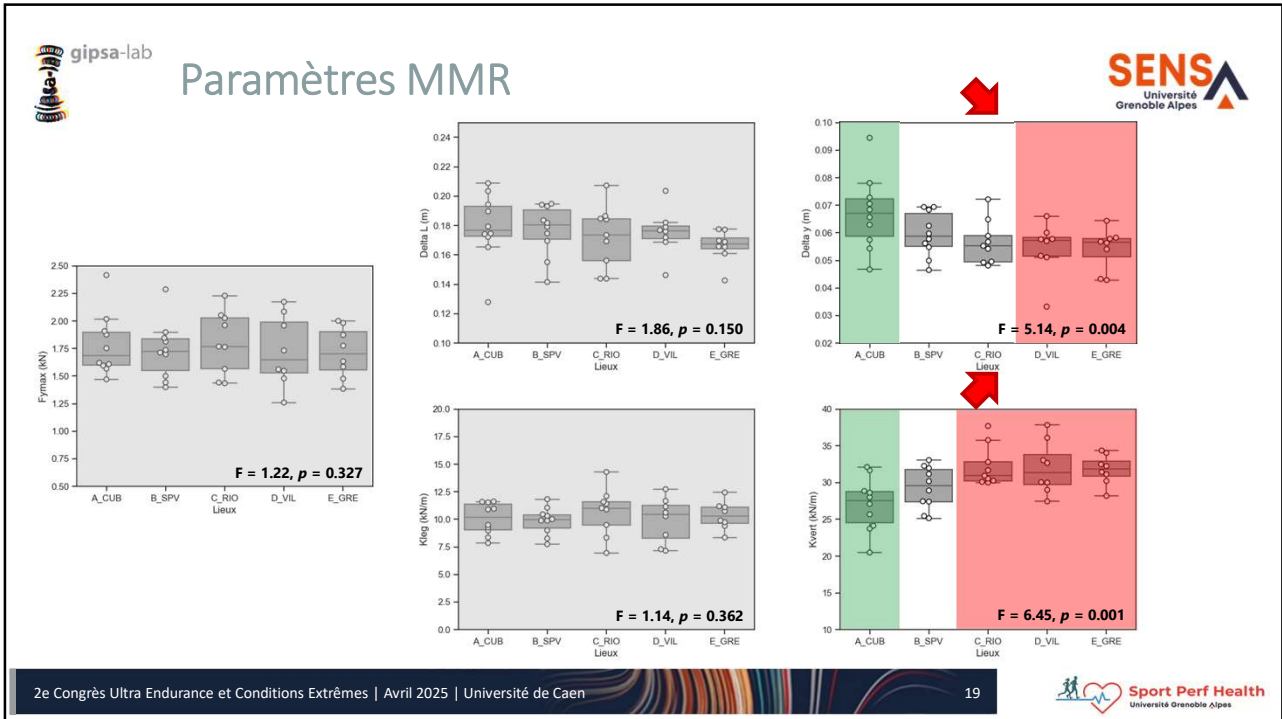
"Rather than exercise science, it's a single-item measure of perceived exertion."



Résultats







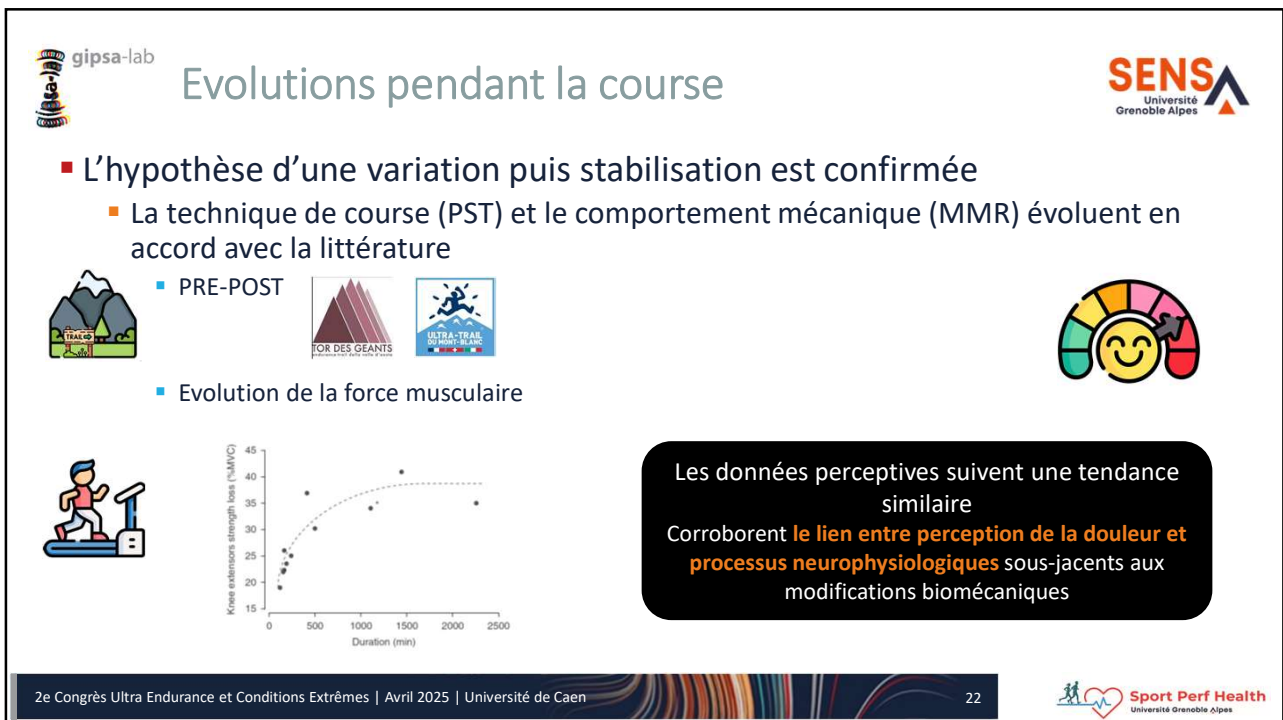


gipsa-lab UGA Université Grenoble Alpes SENS Université Grenoble Alpes INP UGA CNRS

Discussion

2e Congrès Ultra Endurance et Conditions Extrêmes | Avril 2025 | Université de Caen





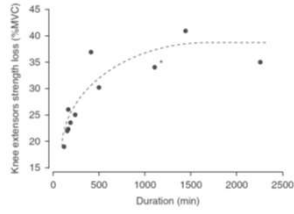
Sport Perf Health¹ Université Grenoble Alpes



gipsa-lab SENS Université Grenoble Alpes

Evolutions pendant la course

- L'hypothèse d'une variation puis stabilisation est confirmée
 - La technique de course (PST) et le comportement mécanique (MMR) évoluent en accord avec la littérature
- PRE-POST
 - Evolution de la force musculaire

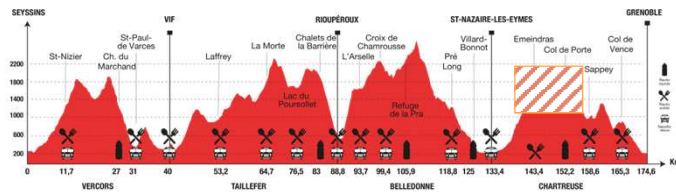
Les données perceptives suivent une tendance similaire
Corroborent **le lien entre perception de la douleur et processus neurophysiologiques** sous-jacents aux modifications biomécaniques

2e Congrès Ultra Endurance et Conditions Extrêmes | Avril 2025 | Université de Caen

22 Sport Perf Health¹ Université Grenoble Alpes

Perspectives

- Augmenter la taille de l'échantillon
 - Statistiques plus avancées pour identifier les potentiels liens
- Vérifier que la stabilisation n'est pas liée au changement de parcours



- Données métaboliques musculaires

Un travail collectif



financé par
IDEX Université Grenoble Alpes
 Programme « investissement d'avenir » (ANR-15-IDEX-02)

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-15-IDEX-02

ULTRA
 TOUR
 DES
 4
 MASSIFS
Ut4M





julien.frere@gipsa-lab.fr

Merci de votre attention