

KINÉSITHÉRAPIE DU SPORT

INFORMATION

KSI

A photograph of a man in a gym setting. He is wearing a dark grey t-shirt and black shorts. He is sitting on a bench, leaning forward with his hands on his knees, looking tired or in pain. His mouth is slightly open, and he has a beard. The background is dark, suggesting a gym environment.

SURUTILISATION & FATIGUE NEUROMUSCULAIRE

AUTOMNE 2025

Sommaire

1. Dossier central scientifique – Rémy Hurdie p. 5

Sommeil et fatigue cognitive : comprendre, surveiller et gérer ces déterminants centraux pour la performance et la santé

2. Focus chercheur et terrain – Grégoire Millet p.12

Plongez au cœur de la SwissPeaks 700 !

3. Infographie – p. 22

Infographie Réseau Francophone Olympique de la recherche en médecine du sport (ReFORM)

4. Veille scientifique – p. 24

Sélection commentée de deux articles récents

5. Congrès & Formations à venir – p. 30

Des congrès et formations courtes ou longues proches de chez vous

Merci à nos partenaires



Édito



Quand la fatigue dépasse le muscle

Dans le sport de haut niveau comme dans la pratique amateur, la frontière entre performance et surutilisation est souvent ténue. Chercher à repousser ses limites, c'est accepter de flirter avec la fatigue — mais encore faut-il en comprendre les mécanismes, pour éviter qu'elle ne devienne pathologique.

Longtemps, la fatigue a été considérée comme une simple baisse de puissance musculaire, un phénomène local et réversible. Mais la recherche contemporaine nous invite à élargir notre regard : la fatigue neuromusculaire s'inscrit dans un continuum complexe, où interagissent les contraintes mécaniques, les réponses métaboliques, les régulations centrales et la dimension psychique de l'effort.

Ce numéro de *Kinésithérapie du Sport Information* propose d'explorer cette complexité. Rémy Hurdie nous plonge dans le rôle essentiel du **sommeil** dans les processus de récupération et de maintien de la performance : comment le déficit de sommeil altère-t-il la régulation motrice, la perception de l'effort et la capacité d'adaptation à la charge d'entraînement ?

Grégoire Millet, quant à lui, nous emmène sur les sentiers de l'**ultra-endurance**, laboratoire grandeur nature de la fatigue neuromusculaire. Ses travaux rappellent que la performance extrême repose autant sur la robustesse physiologique que sur la plasticité du système nerveux central.

Entre surcharge d'entraînement et sous-récupération, entre adaptation et effondrement, notre rôle de kinésithérapeutes est d'aider les athlètes à naviguer dans cette zone grise. Comprendre la fatigue neuromusculaire, c'est mieux prévenir la surutilisation — mais aussi accompagner l'athlète dans cette quête d'équilibre entre contrainte et adaptation, effort et repos, ambition et lucidité.

Parce qu'au fond, la véritable performance n'est peut-être pas de repousser sans cesse les limites, mais d'apprendre à les respecter.

Bonne lecture à toutes et à tous,

Andréa Braga – PT, MSc, S&C, Kinésithérapeute du sport

Pour nous suivre sur Instagram

Vibrez avec notre communauté au rythme de nos posts, stories et coulisses !

On vous attend sur Instagram @sfmks_officiel



Cette revue c'est avant tout la vôtre,
faites nous parvenir vos écrit.
Si vous avez des articles que vous
désirez partager dans le KSI
contactez-nous à contact@sfmks.fr

Bio express des auteurs de ce numéro



Rémy Hurdiel

Professeur des Universités à l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), où il dirige le département STAPS. Membre de l'unité de recherche URePSSS (ULR 7369) au sein de l'équipe Activité Physique, Muscle, Santé, il développe depuis plus de quinze ans des travaux sur les interactions entre sommeil, activité physique et la santé, dans des contextes allant de la performance d'ultra-endurance à la prévention en santé publique.

Ses recherches portent sur la modélisation biomathématique de la fatigue cognitive, la chronobiologie, et les interventions non médicamenteuses.



Loisirs – Passions : Voile, Cyclisme



Livre à conseiller : Magellan de Stefan Zweig



Musique préférée : Electro et roots reggae



Lieu de vacances : All over the world mais soit sur l'eau, soit au bord, un peu de ski aussi



Film préféré : Les films du Splendid



Devise inspirante : « Un gagnant est un rêveur qui n'abandonne jamais ». Nelson Mandela



Grégoire Millet – Professeur Ordinaire de physiologie de l'exercice et de physiologie environnementale à la Faculté de Biologie et de Médecine de l'Université de Lausanne, Suisse, la « capitale Olympique ». Ses domaines privilégiés de recherche sont: (1) Les réponses physiologiques et biologiques à l'exercice en conditions environnementales d'hypoxie ou de chaleur chez des patients ou des athlètes; (2) Optimisation de l'exercice intermittent; (3) Le couplage mécanique – physiologie des locomotions sportives ; en particulier dans les sports de montagne; (4) Analyse de la fatigue (variabilité de la fréquence cardiaque et fatigue neuromusculaire); (5) Ultra-endurance. Il est souvent présenté comme un des meilleurs experts mondiaux de l'hypoxie.

Il a publié plus de 550 articles dont 500 articles scientifiques dans des journaux indexés, 40 chapitres de livre et 6 livres sur l'entraînement en altitude (H-index = 93. Nombre de citations > 30000). Il est régulièrement invité dans des congrès internationaux, est membre de comités scientifiques de plusieurs journaux. Il est l'éditeur de "Frontiers in Sports and Active Living" et le directeur d'une collection de livres Suisses "je bouge...". Dans la première partie de sa vie, il a été successivement triathlète professionnel (Champion de France en 1986) puis entraîneur dans plusieurs équipes nationales (France, Royaume-Uni et Hong-Kong). A ce titre, il a participé à plusieurs Jeux Olympiques entre 2000 et 2008. Il a travaillé comme physiologiste à Aspire, Qatar pendant 4 ans. A titre personnel, passionné par les sports d'endurance, il a participé à plusieurs épreuves emblématiques dans plusieurs sports (Vasaloppet en ski de fond; Embrun et Hawaii Ironman en triathlon; Tor des Geants et SwissPeak700 en Trail) et fait plusieurs treks (Cho Oyu ; GR5 ; PCT).



Loisirs – Passions : Sports de Montagne (ski-alpinisme, randonnée)



Livre à conseiller : Professionnel: "La santé par la course à pied" (La clinique du coureur) et "Hypoxia Conditioning in Health, Exercise and Sport (Girard et al.) à titre perso, tous les livres de Emmanuel Carrère, en particulier "D'autres vies que la mienne".



Musique préférée : Jacques Brel, U2, Florent Pagny



Lieu de vacances : Partout en montagne; plus précisément les Portes du Soleil à cheval entre France et Suisse.



Film préféré : "Mystic River" (beaucoup se joue dans l'enfance) ; "Je vais bien, ne t'en fais pas" (l'amour inconditionnel pour ses enfants)



Devise inspirante : L'important n'est pas d'arriver, mais de partir.

VOTRE EXPERTISE MÉRITE D'ÊTRE AMPLIFIÉE.

www.kinedusport.com

Votre expertise mérite d'être amplifiée.

La SFMKS, c'est bien plus qu'une association : c'est un réseau d'experts, de formations, de ressources scientifiques et d'actions pour faire rayonner la kinésithérapie du sport.

Rejoignez-nous et donnez plus de force à votre pratique.



Le Lab, c'est vous, c'est nous, c'est l'avenir.



Plus qu'un espace de recherche, le SFMKS Lab est une communauté de kinés passionnés qui font bouger les lignes.

Ensemble, faisons émerger des idées, développons des outils et donnons de la voix à notre expertise.

Avantage abonnés

Vous avez libre accès à des outils cliniques exclusifs, aux webinaires, soirées online avec des intervenants de qualité, et bien plus encore !

50% de réduction sur les produits Vaudou

15% de remise sur l'ensemble des produits Kinvent

1. Dossier scientifique central – Rémy Hurdie

Sommeil et fatigue cognitive : comprendre, surveiller et gérer ces déterminants centraux pour la performance et la santé

Qu'il s'agisse d'un coureur d'ultra-trail affrontant les dénivelés nocturnes de l'UTMB, d'un cycliste solitaire traversant la France en quelques jours, d'un footballeur professionnel enchaînant matchs et déplacements, ou d'un navigateur isolé plusieurs semaines, tous partagent une même expérience : celle d'une fatigue qui dépasse les limites musculaires pour atteindre le cerveau. La fatigue cognitive se manifeste dans la vigilance, la coordination motrice, la lucidité stratégique et la prise de décision. Invisible, insidieuse, elle influence la performance aussi sûrement qu'une déshydratation ou un déficit énergétique, mais sans marqueur évident.

Dans les sports d'endurance extrême, la privation de sommeil, la charge mentale cumulative et la monotonie sensorielle entraînent une dérive progressive de la vigilance et de la flexibilité mentale. En football élite, la répétition des matchs, les déplacements et la pression tactique créent un stress cognitif chronique, altérant la réactivité et la récupération. Dans les expéditions polaires, la lumière constante et l'isolement désynchronisent les rythmes biologiques et perturbent les processus attentionnels. Ces contextes conduisent à une même interrogation : comment la fatigue cognitive se construit-elle, comment la mesurer, et comment la maîtriser ?

Nos travaux montrent que, dans ces environnements, la désynchronisation circadienne et la fragmentation du sommeil entraînent des baisses de vigilance proportionnelles à la dette de sommeil accumulée et aux rythmes de notre horloge biologique. Lors de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc (UTMB) ou de la Race Across France, nous avons observé que la chute de la flexibilité mentale précédait systématiquement la dégradation de la performance physique, illustrant que dans ce contexte de manque de sommeil, le cerveau fatigue probablement avant le muscle.

Les mécanismes biologiques de la vigilance et les fonctions du sommeil

La compréhension de la fatigue cognitive repose sur le modèle à deux processus d'Alexander Borbély (1982). Le processus homéostatique (S) reflète la pression de sommeil qui augmente avec le temps d'éveil. À mesure que les heures passent, les métabolites cérébraux (notamment l'adénosine) s'accumulent et augmentent la propension à dormir. Le sommeil dissipe cette pression en restaurant la connectivité neuronale et en régulant la dépense énergétique cérébrale.

En parallèle, le processus circadien (C), réglé par le noyau suprachiasmatique de l'hypothalamus, module la vigilance sur un cycle d'environ 24 heures. Synchronisé par la lumière, la température et l'activité, il détermine les variations naturelles de vigilance : pic matinal, baisse post-prandiale, regain en fin d'après-midi, puis déclin nocturne. L'équilibre entre ces deux processus conditionne directement la capacité de concentration, la coordination et la précision gestuelle. Quand cet équilibre se

rompt comme lors d'une course nocturne ou d'une privation de sommeil prolongée, la vigilance s'effondre.

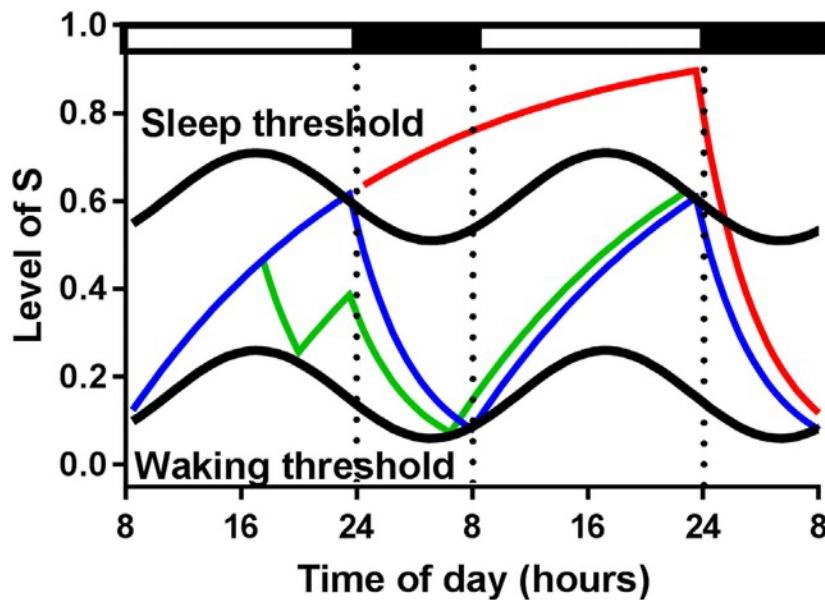


Figure 1 : Le modèle à deux processus de régulation du sommeil (Borbély, 1982). Simulation du processus homéostatique S selon différentes conditions expérimentales sur une période de deux jours. Les barres noires et blanches indiquent respectivement le rythme normal de sommeil et de réveil. La ligne bleue indique la condition de base avec 8 heures de sommeil et 16 heures d'éveil. Pendant la période où la ligne bleue augmente, l'individu est éveillé. Lorsqu'il atteint le seuil supérieur (la ligne noire sinusoïdale supérieure), l'individu se met en sommeil et la ligne diminue. Ce processus se poursuit jusqu'à ce qu'il atteigne le seuil inférieur et que l'individu se réveille à nouveau. La ligne verte indique les effets d'une sieste de 2 heures commençant vers 18 heures, suivie d'une nuit de sommeil normale. La ligne rouge indique la privation de sommeil (40 h de réveil continu en sautant une nuit) et le sommeil de récupération pendant la nuit suivante. Notez que le modèle suppose que les siestes et la privation de sommeil n'ont aucun effet sur la régulation circadienne le jour suivant (partie droite de la figure).

Les études de Van Dongen et al. (2003) ont montré qu'au-delà de 16 heures d'éveil, la performance cognitive diminue de manière exponentielle. Après 24 heures, le niveau d'attention devient équivalent à celui observé sous alcool. Dans nos recherches menées sur l'UTMB et d'autres courses d'endurance (Hurdiel et al., 2015 ; Hurdiel et al., 2018), la désynchronisation circadienne et le sommeil fragmenté expliquent les altérations de vigilance nocturne et les erreurs motrices rapportées par les athlètes et correspondant à un niveau d'intoxication à l'alcool équivalent à 1,5g/litre de sang ! Ces phénomènes se retrouvent aussi à moindre mesure dans les expéditions polaires (Hurdiel et al., 2012 ; De Blasiis et al., 2018), où la photopériode extrême perturbe la régulation circadienne.

Le sommeil n'est pas une phase de repos passif, mais un état actif de récupération. Pendant le sommeil profond, la sécrétion d'hormone de croissance favorise la réparation musculaire, tandis que le système lymphatique élimine les déchets

métaboliques du cerveau. Le sommeil paradoxal, quant à lui, consolide les apprentissages moteurs et émotionnels. Ainsi, un déficit de sommeil affecte directement la précision technique et la prise de décision. Les études de Fullagar et al. (2023) expliquent qu'un sommeil inférieur à six heures par nuit augmente significativement le risque de blessure et altère la récupération musculaire. De même, Perrotta et al. (2022) ont observé chez des coureurs d'ultra-marathon une augmentation de 30 % des temps de réaction et une baisse de 8 % de la mémoire après course, associées à des modifications cardiovasculaires. Ces observations rejoignent nos propres données de terrain : la fatigue cognitive est à la fois cérébrale, métabolique et systémique.

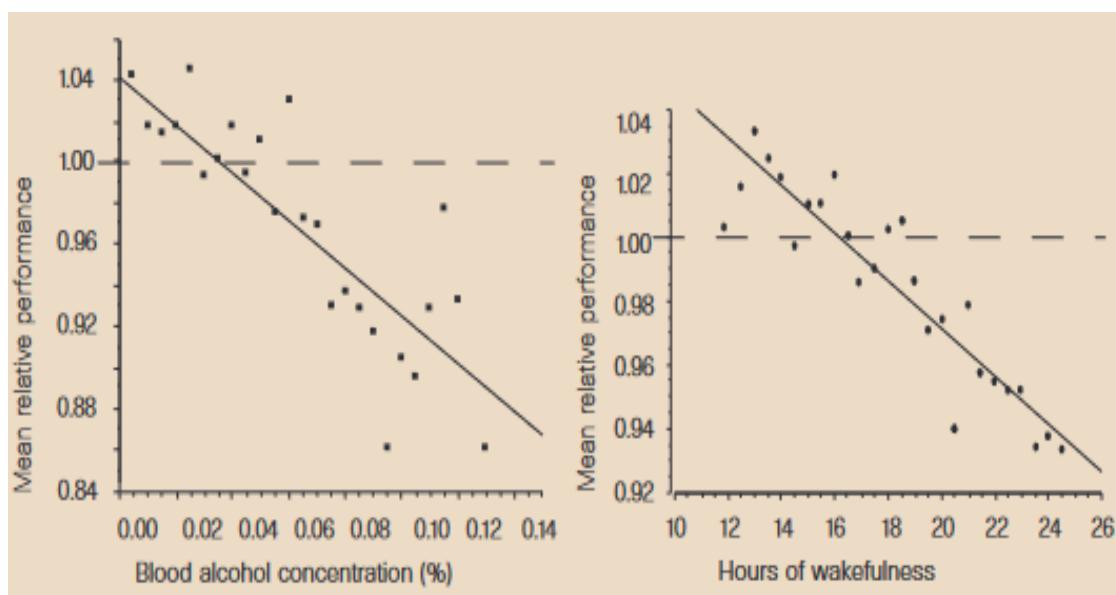


Figure 2. Diagramme de dispersion et régression linéaire de la moyenne de performance cognitive relative (i) entre la dixième et la vingt-sixième heure d'éveil continu ($R^2=0.92$) et (ii) pour des concentrations d'alcool dans le sang allant jusqu'à 0,14 % ($R^2=0.69$) (Dawson & Reid, 1997).

Du cerveau au geste sportif

Sur le plan neurophysiologique, la fatigue cognitive correspond à une désactivation progressive du cortex préfrontal, zone clé de la prise de décision et du contrôle attentionnel. Lorsque cette région s'épuise, la capacité à filtrer l'information, à anticiper et à inhiber les automatismes diminue. Chez le coureur d'ultra-trail, cette dérive se traduit par une perte de lucidité en descente, des erreurs d'appui ou des oubliés alimentaires. Chez le cycliste d'ultra-endurance, elle conduit à des décisions incohérentes sur le rythme ou les pauses. Dans le football élite, elle se manifeste par des erreurs tactiques en fin de match et une baisse de coordination collective, alors même que la fatigue musculaire reste modérée.



Figure 3. Accéléromètre au poignet, un participant du grand Raid de l'Ultra Marin (170km ; 1000m D+) réalisant un test de performances cognitives (3-min PVT, JoggleResarch© pour iPad) à Vannes à quelques minutes du Départ.

Dans certains cas, cette dérive cognitive peut aller jusqu'à des altérations perceptives transitoires. Nos observations à l'UTMB ont décrit des hallucinations visuelles et auditives chez des athlètes en privation de sommeil prolongée : silhouettes imaginaires, illusions de mouvement, distorsions visuelles nocturnes. Ces phénomènes, bien qu'impressionnants, ne relèvent pas d'une pathologie psychiatrique, mais d'un épuisement des mécanismes attentionnels et perceptifs ainsi que de l'intrusion des rêves dans l'éveil, signe d'une perte de contrôle qui ne peut pas favoriser la performance et le geste sportif. Allez dans de tels niveaux de privation de sommeil sont à bannir si on recherche la performance.

Repérer, surveiller et prévenir la fatigue cognitive

La fatigue cognitive se manifeste par des signes discrets, souvent perceptibles avant la baisse de performance. Le kinésithérapeute, au contact direct du sportif, est idéalement placé pour en repérer les prémisses. Une lenteur d'exécution, une variabilité motrice inhabituelle, des erreurs techniques répétées, une irritabilité ou un désengagement sont autant de signaux d'alerte. Des échelles simples comme la Karolinska Sleepiness Scale ou le questionnaire d'Epworth permettent d'évaluer rapidement la somnolence perçue et le Pittsburgh Sleep Quality Index peut être un outil simple de détection de problèmes de sommeil.

Les outils connectés, montres, bracelets ou bagues de suivi du sommeil (Garmin, Polar, Oura, Whoop...) apportent aujourd'hui des données précieuses sur la durée, la régularité et la fragmentation du sommeil. Bien qu'imparfaits surtout concernant l'analyse de stades de sommeil, ils offrent toutefois un suivi longitudinal utile et une prise de conscience par l'athlète lui-même. L'analyse conjointe de ces données et des observations cliniques permet de mieux anticiper les phases de vulnérabilité de fatigue cognitive.

Prévenir la fatigue cognitive revient donc à restaurer la régularité du sommeil et à réduire la charge mentale cumulative. Chez le sportif, cela passe par une durée de sommeil stable (7 à 9 heures), une exposition à la lumière naturelle le matin, la limitation des écrans avant le coucher et des siestes courtes pour restaurer la vigilance. La cohérence cardiaque, la respiration consciente et les routines de relaxation améliorent la transition veille-sommeil et facilitent la récupération mentale. Enfin, structurer les périodes d'effort et de repos, même en course extrême, demeure un levier essentiel. Les athlètes de l'UTMB ou de la Race Across France capables d'intégrer des micro-siestes planifiées conservent une vigilance plus stable, une meilleure prise de décision et un plaisir plus important en course.

Pour le kinésithérapeute du sport, intégrer cette dimension cognitive dans le suivi global de l'athlète, c'est prolonger la prévention musculaire jusqu'aux réseaux neuronaux. Observer, questionner, éduquer à la gestion du sommeil et à la récupération cognitive, c'est agir sur un déterminant invisible mais fondamental de la performance durable.

Conclusion

La fatigue cognitive relie le cerveau, le corps, les muscles et la performance. Elle ne se réduit pas à une simple lassitude mentale : elle est physiologique, mesurable et réversible. En agissant sur la vigilance, la perception et la coordination, elle influence directement le geste sportif et la santé de l'athlète. Pour le kinésithérapeute, comprendre et gérer cette fatigue, c'est prolonger son rôle vers une approche intégrative où la lucidité devient un paramètre central de la performance et de la récupération cognitive et musculaire.

Références

- Åkerstedt, T., Anund, A., Axelsson, J., & Kecklund, G. (2014). Subjective sleepiness is a sensitive indicator of insufficient sleep and impaired waking function. *Journal of Sleep Research*, 23(3), 242-254. <https://doi.org/10.1111/jsr.12158>
- Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology*, 1(3), 195-204.
- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193-213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)
- Dawson, D., & Reid, K. (1997). Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature*, 388(6639), 235-235. <https://doi.org/10.1038/40775>
- De Blasiis, K., Mauvieux, B., Elsworth-Edelsten, C., Pezé, T., Jouffroy, R., & Hurdie, R. (2019). Photoperiod Impact on a Sailor's Sleep-Wake Rhythm and Core Body Temperature in Polar Environment. *Wilderness & Environmental Medicine*, 30(4), 343-350. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2019.06.001>
- Fullagar, H. H., Vincent, G. E., McCullough, M., Halson, S., & Fowler, P. (2023). Sleep and sport performance. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 40(5), 408-416. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000638>

Hurdiel, R., McCauley, P., Van Dongen, H. P. A., Pezé, T., & Theunynck, D. (2013). Sommeil et prédition mathématique de performances cognitives en situation réelle de course au large en solitaire. *Science & Sports*, 28(4), 207-210. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2013.01.002>

Hurdiel, R., Monaca, C., Mauvieux, B., McCauley, P., Van Dongen, H. P., & Theunynck, D. (2012). Field study of sleep and functional impairments in solo sailing races. *Sleep and Biological Rhythms*, 10(4), 270-277. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2012.00570.x>

Hurdiel, R., Pezé, T., Daugherty, J., Girard, J., Poussel, M., Poletti, L., Basset, P., & Theunynck, D. (2015). Combined effects of sleep deprivation and strenuous exercise on cognitive performances during The North Face® Ultra Trail du Mont Blanc® (UTMB®). *Journal of Sports Sciences*, 33(7), 670-674. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.960883>

Hurdiel, R., Riedy, S. M., Millet, G. P., Mauvieux, B., Pezé, T., Elsworth-Edelsten, C., Martin, D., Zunquin, G., & Dupont, G. (2018). Cognitive performance and self-reported sleepiness are modulated by time-of-day during a mountain ultramarathon. *Research in Sports Medicine*, 26(4), 482-489. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1492401>

Johns, M. W. (1991). A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 14(6), 540-545. <https://doi.org/10.1093/sleep/14.6.540>

Perrotta, A. S., Jeklin, A. T., Bredin, S. S., Shellington, E. M., Kaufman, K. L., de Faye, A., ... & Warburton, D. E. (2022). Effect of an ultra-endurance event on cardiovascular function and cognitive performance in marathon runners. *Frontiers in physiology*, 13, 838704. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.838704>

Van Dongen, H. P. A., Maislin, G., Mullington, J. M., & Dinges, D. F. (2003). The Cumulative Cost of Additional Wakefulness: Dose-Response Effects on Neurobehavioral Functions and Sleep Physiology from Chronic Sleep Restriction and Total Sleep Deprivation. *Sleep*, 26(2), 117-126. <https://doi.org/10.1093/sleep/26.2.117>



KINVENT

ACCOMPAGNE LES PROFESSIONNELS DE LA SANTÉ
ET DU SPORT DANS LA RÉÉDUCATION DES PATIENTS.

1 APPLICATION
8 DISPOSITIFS CONNECTÉS
600 PROTOCOLES



TÉLÉCHARGEZ L'APP
KINVENT PHYSIO

DISPONIBLE SUR
Google Play



Disponible sur
App Store



www.kinvent.com

Email : info@kinvent.com | Tél : +33 4 67 13 00 33

2. Focus chercheur & terrain – Grégoire Millet

Nous vous proposons un focus chercheur & terrain avec l'intervention de Grégoire Millet.

1. Vous êtes à la fois chercheur en sciences du sport et pratiquant d'ultra-trail. Comment vos recherches nourrissent-elles votre pratique, et inversement ?

J'ai le privilège qu'une partie de mes recherches scientifiques portent sur des domaines en lien avec mes centres d'intérêt personnel ; globalement les sports de montagne ; l'influence des facteurs environnementaux, en particulier l'altitude ; les activités d'endurance voire d'ultra-endurance.

Ancien triathlète professionnel (champion de France de triathlon en 1986) puis entraîneur et/ou conseiller scientifique en triathlon pour plusieurs équipes nationales (France, GB, HongKong), j'ai été en responsabilité sur de nombreux championnats du monde et plusieurs Jeux Olympiques jusqu'en 2008. Je continue d'avoir une partie de mon activité professionnelle en lien avec le sport de haut-niveau mais qui se limite à de l'analyse, du conseil, de la formation d'entraîneurs et de la recherche physiologique. Par exemple, j'encadre en doctorat des jeunes physiologistes très fortement impliqués dans le ski nordique (ski de fond, biathlon) français ou le ski-alpinisme Suisse.

Concernant l'ultra-trail, j'ai participé plusieurs fois au Tor des Géants (340 km, 24000 D+) avec une place de 2^{ème} à 50 ans en 2012. Mon groupe de recherche de l'ISSUL (Institut des Sciences du Sport de l'Université de Lausanne) y a conduit des études scientifiques sur 10 éditions différentes entre 2011 et 2024, ce qui nous a permis d'en investiguer les effets sur de nombreuses fonctions humaines. Ce travail se traduit par la publication jusqu'ici de plus de 30 articles scientifiques (voir la figure 1 ci-dessous pour visualiser l'ensemble des fonctions étudiées)

Comprehensive scientific investigation of Mountain Ultratrail



Figure 1. Fonctions humaines sur Ultra-Trail en montagne.

Mon activité de recherche influence la façon que j'ai de me préparer. Ainsi pour performer sur le Tor des Geants en 2012, j'avais développé un modèle (Figure 2) s'appuyant sur trois grands mécanismes (1. Améliorer la vitesse verticale ; 2. Réduire le risque de blessures ; 3. Optimiser l'économie de déplacement).

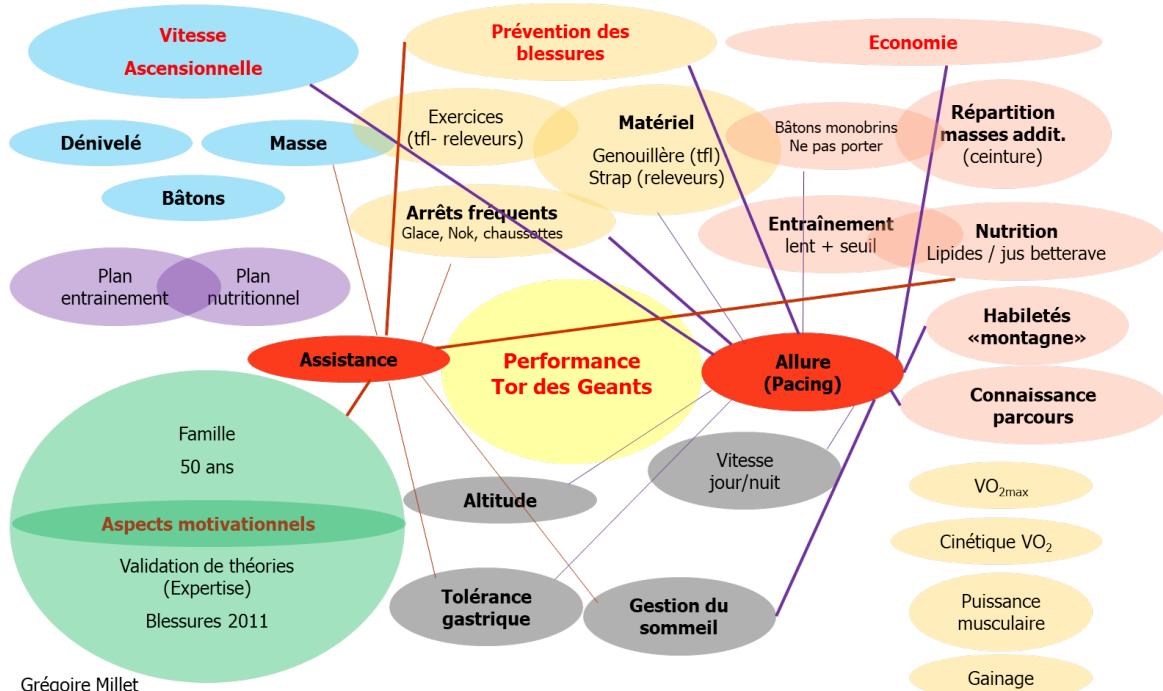


Figure 2. Modèle pour performer sur le Tor des Géants.

Ce modèle n'est pertinent que pour un individu et dans un cadre donné. Cette année, sur la SwissPeaks 700, il serait partiellement contreproductif puisque les exigences de l'épreuve sont différentes et que mes caractéristiques personnelles ont aussi changé (63 ans ; douleurs aux genoux...).

2. Vous venez de terminer la SwissPeaks 700 km. Pouvez-vous nous raconter ce qui vous a le plus marqué dans cette expérience, du point de vue scientifique et personnel ?

Le challenge personnel était de terminer l'épreuve sans assistance (700 km, 48000 D+) en limitant au maximum la privation de sommeil et donc la fatigue générale à l'arrivée. Je me suis donc préparé (avec de grosses contraintes de temps liées à mon activité universitaire) pour essayer d'avoir une vitesse verticale correcte et en majorant les expositions en altitude. La vitesse ascensionnelle me semble un élément essentiel pour pouvoir faire face aux imprévus qui sont incontournables sur de telles distances en milieu alpin. Ainsi, on garde une marge de sécurité pour pouvoir réguler son allure et ralentir si besoin (en descente, essentiellement en prévention des dommages musculaires ou articulaires) et pouvoir dormir suffisamment. L'exposition à l'altitude (qui est un de mes domaines d'expertise académique) permet de limiter la baisse de puissance aérobie et l'augmentation de la dépense énergétique observées quand on est mal acclimaté. Nous avons récemment développé des arguments visant à démontrer que la préparation pour des ultra-trails montagneux (ex. UTMB, SwissPeaks, Tor des Geants) ne peut faire l'impasse sur les facteurs propres à cet environnement (déplacement en montée/descente ; altitude ; facteurs climatiques). Ceci est particulièrement vrai pour les athlètes féminines qui ont des réponses spécifiques [1]

Ce qui m'a le plus interpellé est la différence qu'il y a sur ce type d'épreuve selon qu'on ait ou pas une assistance. Temps de sommeil, qualité de la récupération, nutrition, soutien logistique et psychologique, etc. Avec ou sans assistance, ce sont deux courses différentes. Sans doute devrait-on préciser plus clairement dans quelle catégorie on se situe à l'image des « records » (Fastest Known Time) sur les grands treks comme la Pacific Crest Trail qui différencie « en autonomie » vs « avec assistance ».

Grace au soutien exceptionnel des organisateurs et en particulier de Noémie Remacle, la SwissPeaks 700 et la SwissPeaks 380 ont servi de support à une nouvelle étude scientifique. Les jeunes chercheurs de mon équipe ont testé 30 coureurs de la SP700 avant le départ. 18 de ceux-ci sont Finishers et plusieurs paramètres physiologiques (fonction pulmonaire : spirométrie ; diffusion pulmonaire ; facteurs hématologiques : volume sanguin, masse totale en hémoglobine ; analyse métabolomique et lipidomique ; stress oxydant ..) ont été mesurés avant le départ,

au km 90 , au km 300 et au km 700 (immédiatement après l'arrivée). En complément, 30 coureurs de la SP380 ont été testés avant puis à l'arrivée de leur course.

A ma connaissance, au vu de la distance, du nombre de participants et du nombre de points de mesure, cette étude est de nature à nous éclairer sur plusieurs facteurs spécifiques et sur leur cinétique d'évolution au cours d'un ultra-trail.

A notre avis, les facteurs d'importance potentiellement délétères sont :

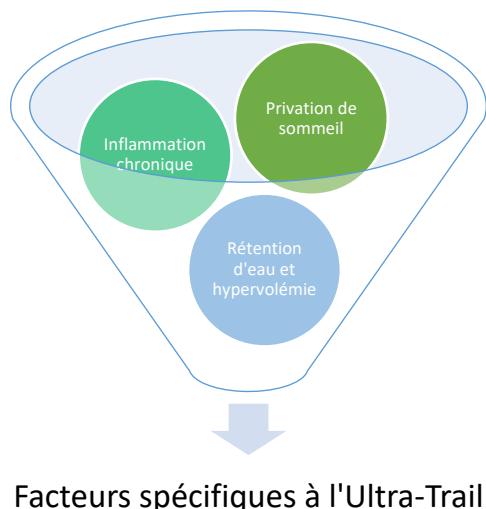


Figure 3. Facteurs spécifiques à l'Ultra-Trail.

Les interactions entre ces trois facteurs restent encore trop peu connues (Figure 3).

Nous avons spéculé que la fonction rénale, qui est essentielle en cas d'œdèmes comme réponse à l'inflammation, a des répercussions importantes sur la fonction cardiaque avec probablement des conséquences à long-terme [2, 3]

Fatigue et adaptation en ultra-endurance

3. Comment définiriez-vous la fatigue en ultra-endurance ? Est-ce d'abord une fatigue neuromusculaire, métabolique, centrale... ou une combinaison ?

Au-delà de la définition classique de la fatigue neuro-musculaire (fatigue centrale vs fatigue périphérique), la « fatigue » en ultra-trail pourrait être définie comme la réduction de la capacité d'une fonction physiologique par rapport aux valeurs de repos. En ce sens, nous parlerons de « fatigues » puisque nous avons montré que les altérations des fonctions neuromusculaire [4], cardiaque [5], hématologique [6] ventilatoire [7], du contrôle postural [8] ou de la biomécanique de course [9, 10]

avaient chacune leur propre rythme d'apparition ou de stabilisation. Le travail à mener est de mieux cerner les interrelations entre ces mécanismes jusqu'ici observés séparément.

4. Au fil de vos travaux et de vos expériences, quels sont selon vous les mécanismes clés de la fatigue au-delà de 100 heures d'effort cumulé ?

Les trois facteurs décrits ci-dessus (sommeil, inflammation, hypervolémie) me semblent essentiels et spécifiques des épreuves d'ultra-trail. On ne les retrouve pas sur la plupart des autres activités d'endurance.

Le pacing (gestion de son allure) est le levier le plus impactant sur lequel peut jouer un coureur. Moduler sa vitesse de déplacement peut permettre de ne pas trop restreindre le sommeil ou de limiter l'inflammation.

5. La perception de la fatigue semble parfois déconnectée des marqueurs physiologiques. Comment expliquez-vous cette dissociation ?

L'augmentation des volumes hydriques observés au niveau intravasculaire [11], cérébral [12] ou musculaire [13] modifie à la fois les propriétés des tissus et la sensibilité des récepteurs nociceptifs ; donc la perception. Ceci s'ajoute à un état de conscience altéré si on est en privation trop importante de sommeil qui peut s'accompagner d'une modification de l'activité électroencéphalographique [14].

6. Quels sont, selon vous, les meilleurs indicateurs pratiques de suivi de la fatigue pour un coureur d'ultra-trail (capteurs, questionnaires, mesures de terrain simples) ?

Nous devons distinguer le suivi de la fatigue pendant la course et le suivi de la fatigue post-trail pendant la période de récupération.

Pendant la course, il y a de nombreuses limites temporelles et logistiques permettant une évaluation exhaustive et précise de la fatigue. Aussi des mesures simples (échelle visuelle analogique ; applications dédiées sur le téléphone) permettent une quantification fréquente. A ma connaissance, tous les indicateurs pertinents hors-compétition (questionnaire, variabilité de fréquence cardiaque, test salivaire) sont inutilisable sur le terrain au cours d'un ultra.

Pendant la période de récupération, le monitoring de l'hydratation (gravité spécifique de l'urine avec un réfractomètre), du sommeil (questionnaire), des dommages musculaires (« pain pressure threshold »), de l'humeur (POMS) sont utiles. A mon avis, l'outil le meilleur reste la variabilité de la fréquence cardiaque

(VFC). Dans une étude pas encore publiée sur la récupération de coureurs de l'UTMB pendant 16 jours suivant l'épreuve, seul la VFC n'avait pas retrouvé son niveau initial deux semaines après l'arrivée, soulignant la fatigue neurovégétative très importante induite par l'ultra-trail... et par conséquent le risque à trop enchaîner les épreuves.

Prévention et gestion de la fatigue

7. Quelles stratégies (nutrition, sommeil, gestion du rythme, techniques de récupération) vous semblent les plus efficaces pour limiter l'impact de la fatigue lors d'épreuves extrêmes ?

Le sommeil reste le facteur le plus important si on est avec comme seul objectif d'être Finisher (comme je l'étais sur la SP700). Optimiser les techniques (autohypnose ; etc) permettant un endormissement rapide et un sommeil profond sur des périodes courtes (voir le travail de Rémy Hurdie) est bénéfique.

Coté nutritionnel, l'ingestion d'acides aminés branchés (Leucine, Valine, Isoleucine) pour ralentir les dommages musculaires – bien que discuté – me semble utile.

A titre personnel, je bois aussi du jus de betterave pour ses effets vasodilatateurs potentiellement positifs en altitude.

La gestion de l'allure reste toutefois le paramètre le plus important (voir ci-dessus) mais demande une grande expérience et d'être à l'écoute de ses signaux corporels.

8. Quelle place accordez-vous à l'entraînement spécifique de la résistance à la fatigue (ex. séances cumulées, travail nocturne, privation de sommeil) ?

Nous avons mis en garde contre ces techniques d'accoutumance à la privation de sommeil » qui – même peuvent être bénéfiques d'un point de vue subjectif - nous semblent contreproductives si utilisées fréquemment et de nature à péjorer la qualité de la préparation et d'augmenter les risques de surentrainement [15]

9. Peut-on « entraîner » la tolérance mentale à la fatigue, ou s'agit-il surtout d'une compétence acquise par l'expérience ?

Sans être spécialiste de psychologie, il me semble que cette tolérance mentale est fortement indexée sur les facteurs motivationnels (qui évoluent au cours de l'épreuve) eux-mêmes dépendant du « sens » (cohérence avec ses valeurs ; etc) que l'on peut trouver à ce qu'on fait.

A titre d'exemple, sur le Tor des Géants en 2012, c'est parce que je voulais mettre à profit tout ce qui m'avait animé (athlète, entraîneur, chercheur) depuis toujours

que j'ai investi dans la préparation de cette course, à un âge (50 ans) qui me laissait peu d'années pour espérer la gagner.

Perspectives de recherche

10. Quelles questions restent encore sans réponse sur la fatigue en ultra-endurance et que vous aimeriez explorer dans vos futurs travaux ?

Nous sommes aux balbutiements dans notre connaissance des conséquences de l'ultra-trail sur la santé des sportifs. La liste des questions est donc très longue. A court-terme (2026, 2027), nous aimerais davantage explorer la fonction rénale qui doit faire face à des « charges » très inusuelles. Une dysfonction rénale peut avoir des conséquences gravissimes (e.g. dans le cadre de la Rhabdomyolyse). En complément, nous souhaiterions mieux comprendre les mécanismes des troubles gasto-intestinaux qui sont une des premières causes d'abandon [16].

L'utilisation de « wearables » pouvant enregistrer en continu des signaux physiologiques pourrait compléter le recueil de biomarqueurs biologiques sur plusieurs points de mesure. La connaissance de la cinétique des « fatigues » reste trop parcellaire. Ceci permettrait de mieux comprendre les raisons des abandons, que nous ne pouvons que très partiellement faire à l'heure actuelle.

Finalement, la connaissance des différences physiologiques, biologiques, comportementales et psychologiques entre athlètes masculins et féminines et en quoi ceci affecte leur pacing, abandon ou performance en ultra-trail est un sujet qui nous passionne [1, 17-19]. Nous avons commencé une étude d'envergure sur cette thématique avec le support de l'UTMB.

11. Voyez-vous des parallèles entre la recherche en ultra-endurance et la préparation d'athlètes de haut niveau dans d'autres disciplines (sports collectifs, sports explosifs) ?

Deux domaines sont transférables à toutes les activités sportives :

1. Le développement technologique de biocapteurs embarqués permettant un recueil de data en situation écologique de compétition.
2. La connaissance des différences psychophysiologiques liées au sexe biologique.

12. Quel message souhaiteriez-vous transmettre aux kinésithérapeutes du sport qui accompagnent les athlètes dans ce type d'épreuves extrêmes ?

Prenez le temps d'étoffer vos connaissances sur les caractéristiques des courses d'ultra-trail qui peuvent être très diverses (ultra- sur route vs en montagne vs en plaine ; etc). Ainsi, nous avons précédemment montré que les blessures étaient

différentes selon les distances [20, 21]. Une formation complémentaire en biomécanique de la course-à-pied me semble aussi très pertinente pour mieux prévenir les blessures de votre patientèle d'ultra-traileurs.

Je conseille aussi de vous intéresser aux méthodes associant le stress environnemental (chaud, froid, hypoxie) à vos techniques de kinésithérapie pour la récupération des dommages musculaires. Nous venons de publier une revue de littérature exhaustive sur ce sujet [22]

Références

1. Millet, G.P., A. Callovini, and A. Raberin, *Sex-differences in Mountain Ultra-trail Performance: Look at the Scenery*. Sports Med Open, 2025. **11**(1): p. 86.
2. Burtscher, J., G.P. Millet, and M. Burtscher, *Cardiovascular Consequences of Acute Kidney Injury*. N Engl J Med, 2020. **383**(11): p. 1093.
3. Burtscher, J., et al., *Could Repeated Cardio-Renal Injury Trigger Late Cardiovascular Sequelae in Extreme Endurance Athletes?* Sports Med, 2022. **52**(12): p. 2821-2836.
4. Saugy, J., et al., *Alterations of Neuromuscular Function after the World's Most Challenging Mountain Ultra-Marathon*. PLoS One, 2013. **8**(6): p. e65596.
5. Maufrais, C., et al., *Progressive and biphasic cardiac responses during extreme mountain ultramarathon*. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2016. **310**(10): p. H1340-8.
6. Le Goff, C., et al., *Kinetics of Cardiac Remodeling and Fibrosis Biomarkers During an Extreme Mountain Ultramarathon*. Front Cardiovasc Med, 2022. **9**: p. 790551.
7. Vernillo, G., et al., *Changes in lung function during an extreme mountain ultramarathon*. Scand J Med Sci Sports, 2015. **25**(4): p. e374-80.
8. Degache, F., et al., *Postural Control Follows a Bi-Phasic Alteration Pattern During Mountain Ultra-Marathon*. Front Physiol, 2018. **9**: p. 1971.
9. Jeker, D., et al., *Changes in spatio-temporal gait parameters and vertical speed during an extreme mountain ultra-marathon*. Eur J Sport Sci, 2020. **20**(10): p. 1339-1345.
10. Degache, F., et al., *Running Mechanics During the World's Most Challenging Mountain Ultramarathon*. Int J Sports Physiol Perform, 2016. **11**(5): p. 608-14.
11. Krumm, B., et al., *Accelerated Red Blood Cell Turnover Following Extreme Mountain Ultramarathon?* Med Sci Sports Exerc, 2025. **57**(5): p. 904-911.
12. Zanchi, D., et al., *Extreme Mountain Ultra-Marathon Leads to Acute but Transient Increase in Cerebral Water Diffusivity and Plasma Biomarkers Levels Changes*. Front Physiol, 2016. **7**: p. 664.
13. Andonian, P., et al., *Shear-Wave Elastography Assessments of Quadriceps Stiffness Changes prior to, during and after Prolonged Exercise: A Longitudinal Study during an Extreme Mountain Ultra-Marathon*. PLoS One, 2016. **11**(8): p. e0161855.
14. Spring, J.N., et al., *Alterations in spontaneous electrical brain activity after an extreme mountain ultramarathon*. Biol Psychol, 2022. **171**: p. 108348.
15. Millet, G.P., E. Hermand, and R. Hurdie, *Comment on Gattoni et al: Sleep Deprivation Training as a Highway to Hell in Ultratrail*. Int J Sports Physiol Perform, 2022. **17**(10): p. 1455.
16. Millet, G.P., A. Raberin, and B. Krumm, *Comment on: "Sports Dietitians Australia and Ultra Sports Science Foundation Joint Position Statement: A Practitioner Guide to the Prevention and Management of Exercise-Associated Gastrointestinal Perturbations and Symptoms"*. Sports Med, 2025.
17. Millet, G.P. and D. Malatesta, *Sex differences in human running performance: what about mountain ultramarathon?* J Appl Physiol (1985), 2022. **133**(6): p. 1300-1301.

18. Raberin, A., et al., *Fitness Level- and Sex-Related Differences in Pulmonary Limitations to Maximal Exercise in Normoxia and Hypoxia*. Med Sci Sports Exerc, 2024. **56**(8): p. 1398-1407.
19. Raberin, A., et al., *Women at Altitude: Sex-Related Physiological Responses to Exercise in Hypoxia*. Sports Med, 2024. **54**(2): p. 271-287.
20. Millet, G.P. and P. Balducci, *Les effets immédiats des courses d'ultra-endurance : état des lieux et conséquences pour la santé*. Mains libres, 2017. **2**: p. 9-16.
21. Broglin, O., F. Fourchet, and G.P. Millet, *Influence de la distance de course sur les blessures musculo-squelettiques en ultra-trail*. Mains libres, 2017. **3**: p. 21-27.
22. Rousse, Y., et al., *Isolated and Combined Effects of Cold, Heat and Hypoxia Therapies on Muscle Recovery Following Exercise-Induced Muscle Damage*. Sports Med, 2025.

VAUDOU.

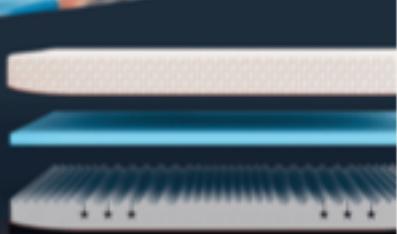
L'oreiller vous a plu ?
Attendez de découvrir nos matelas !



Matelas Vaudou,
partenaire de la SFMKS
depuis 2017



Découvrez notre gamme de matelas sur
www.matelasvaudou.fr



3. Infographie

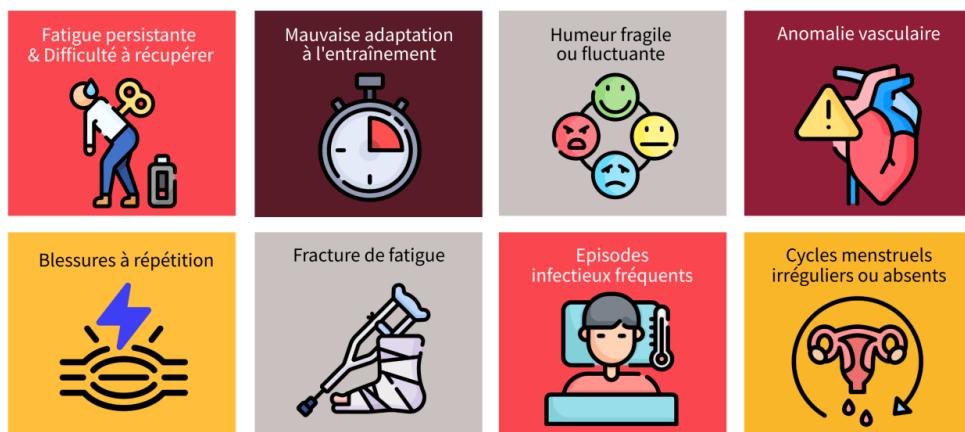
Déficit énergétique relatif dans le sport (RED-S) Position de consensus du Comité International Olympique

Référence: M. Mountjoy et al. BJSM 2018

Produit par @YLM SportScience



En cas d'apports énergétiques chroniques insuffisants, la faible disponibilité énergétique entraîne un ralentissement de certaines fonctions physiologiques avec des conséquences cliniques variables



Les profils à risque



Orientation diagnostique



Images fournies par FlatIcon

Les solutions potentielles



Soulagez les douleurs musculaires de vos sportifs avec Leukotape® K

Tensosport

Tensoplast®
Strappal®
Leukotape® K
Leukotape® P



N°1 des bandes adhésives de taping*

- Une référence : bande utilisée à l'INSEP**
- Adaptée à tous les sports



* Selon les données de l'échantillonage de l'Offisanté sur l'année 2024 en pharmacie, dans la catégorie de taping

** Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance

Prolongez vos conseils d'application,
avec ces vidéos tutos de Taping
Leukotape® K à destination des sportifs



Support destiné aux professionnels de santé uniquement. Lire attentivement les informations figurant sur l'emballage. Leukotape® K est un dispositif médical, produit de santé réglementé qui porte, au titre de cette réglementation, le marquage CE. Fabricant légal : BSN medical GmbH, Hamburg, Allemagne.

BSN-RADIANTE SAS - Locataire - Gérante - Capital social : 288 000 Euros - RCS Le Mans 652 880 519 - Siège social : 57, boulevard Démorieux 72100 LE MANS

ESSITY FRANCE - 151-161, boulevard Victor Hugo - 93400 Saint-Ouen-sur-Seine - 509 395 109 RCS Bobigny

13. Veille scientifique – Andréa Braga

Nous vous proposons deux synthèses d'articles récents sur la fatigue

La première synthèse est celle de l'article Ultramarathon runners and support crew: The influence of pre-race sleep and training profiles on performance in a 217-km mountain race (Daniel et al., *Sleep Medicine*, 2024)

1. Contexte

Les ultramarathons représentent des efforts extrêmes tant sur le plan physiologique que psychologique, et le rôle du sommeil (qualité, chronotype, latence d'endormissement) ainsi que du profil d'entraînement sur la performance reste encore sous-exploré. Les auteurs se sont intéressés non seulement aux coureurs, mais aussi à leur équipe d'encadrement (« support crew ») – un angle original.

2. Objectif

Évaluer l'influence du sommeil pré-course et des caractéristiques d'entraînement chez les athlètes d'ultramarathon et leurs accompagnateurs, puis analyser l'association de ces facteurs avec la performance dans une course de 217 km en milieu montagnard.

3. Méthodologie

- Population : 38 coureurs d'ultramarathon (distance 217 km) + 59 membres de l'équipe de soutien (support crew).
- Instruments : questionnaires recueillant le chronotype, la qualité de sommeil, la somnolence diurne, les données démographiques de base, et les caractéristiques d'entraînement pré-course.
- Analyse : comparaison entre coureurs ayant terminé (finishers) et non-terminé (non-finishers), et corrélations entre fréquence d'entraînement, qualité de sommeil, latence d'endormissement, et temps de course.

4. Résultats principaux

- Le chronotype le plus fréquent chez les deux groupes (athlètes et équipe de soutien) était le type « matinal ». La majorité avait une bonne efficacité de sommeil, mais malgré cela beaucoup rapportaient une qualité de sommeil médiocre.
- Les athlètes qui ont terminé la course présentaient une latence d'endormissement plus élevée que les non-finishers ($p < 0,001$).

- Les athlètes avec une meilleure qualité de sommeil s'entraînaient en moyenne un jour de plus par semaine que ceux avec une mauvaise qualité de sommeil ($p < 0,001$).
- La fréquence d'entraînement était fortement corrélée avec le temps de course ($r = -0,59$) : plus on s'entraînait, plus le temps de course était faible (meilleur).

5. Interprétations et implications pour la kinésithérapie du sport

- Bien que l'efficacité du sommeil soit globalement bonne, la qualité reste un problème dans ce type d'effort extrême – ce qui suggère que même les athlètes de très haut niveau peuvent présenter des altérations du sommeil avant course.
- La latence d'endormissement plus longue chez les finishers peut sembler paradoxale : cela pourrait refléter un état d'activation physiologique ou psychologique accru avant la course, ou un ajustement comportemental (ex. se coucher plus tard, préparation mentale) ; l'article ne permet pas de trancher.
- Le lien entre fréquence d'entraînement et performance confirme l'importance de la charge et de la régularité de l'entraînement dans la préparation de l'ultramarathon.
- Pour les kinésithérapeutes intervenant auprès de pratiquants ultrarunners ou endurants : intégrer une évaluation du sommeil (qualité, latence, chronotype) dans la préparation pré-compétitive peut être pertinent. Une approche holistique mêlant entraînement, récupération et sommeil pourrait optimiser la performance et prévenir l'épuisement ou la blessure.
- En rééducation ou suivi d'athlètes d'endurance prolongée, la qualité de sommeil peut également être un indicateur de récupération insuffisante ou de surmenage.

6. Limites

- Taille de l'échantillon relativement modeste ($n = 38$ pour les coureurs) et spécificité de la course (217 km montagne) : généralisation à d'autres distances/types d'effort limitée.
- L'étude s'appuie sur des données auto-rapportées : biais de rappel possible, qualité objective du sommeil non mesurée (pas de polysomnographie).
- La nature cross-sectionnelle limite les conclusions causales : on ne peut pas affirmer que meilleure qualité de sommeil cause de meilleures performances, seulement qu'elles sont associées.
- L'analyse ne permet pas (à ce stade du résumé) d'isoler l'impact spécifique de l'équipe d'encadrement sur la performance – bien que leur inclusion soit originale.

7. Conclusion

Cette étude met en lumière l'importance du sommeil et du profil d'entraînement dans un contexte d'ultramarathon, avec :

- une anticipation de la course avec un chronotype majoritairement matinal,
- une latence d'endormissement plus élevée chez les finisseurs,
- une meilleure qualité de sommeil associée à une fréquence d'entraînement supérieure,
- une corrélation négative entre fréquence d'entraînement et temps de course (meilleure performance).

Pour les professionnels de la kinésithérapie du sport, ces résultats renforcent l'idée que la préparation d'un effort d'endurance extrême ne doit pas se limiter à la mécanique et à la physiologie musculaire/biomécanique, mais inclure les variables « recovery » : sommeil, récupération, chronotype, état mental. En phase de préparation ou de suivi de l'athlète, envisager un volet « sommeil & récupération » pourrait s'avérer stratégique.

Références scientifiques

Daniel, N. V. S., Barreira, J., Bastos, A. M., Dos Santos, N. E., Franco, B., Esteves, A. M., & Belli, T. (2024). Ultramarathon runners and support crew: The influence of pre-race sleep and training profiles on performance in a 217-km mountain race. *Sleep medicine*, 120, 85–89. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2024.06.00>

La seconde synthèse est celle de Torri et al. (2023) intitulée Pathophysiology and Management of Fatigue in Neuromuscular Diseases.

Objectif de l'article

L'article propose une revue narrative dont l'objectif est de donner une vision d'ensemble des mécanismes physiopathologiques de la fatigue dans les maladies neuromusculaires, d'examiner les outils d'évaluation clinique et instrumentale de cette fatigue, et d'explorer les approches thérapeutiques (médicamenteuses, rééducatives/physiques) possibles.

Les auteurs ciblent en particulier : les dystrophies musculaires, les myopathies métaboliques et les maladies mitochondrielles primaires – avec un accent sur les myopathies mitochondrielles et la amyotrophie spinale (SMA). Cette focalisation est justifiée par le fait que, même si ces pathologies sont « rares »,

elles représentent collectivement un ensemble significatif de troubles neuromusculaires susceptibles d'être rencontrés en pratique clinique.

Principales notions et résultats

1. Définition et impact de la fatigue

- La fatigue est décrite comme un facteur majeur de qualité de vie et de fonction motrice chez les patients atteints de pathologies neuromusculaires.
- Elle est à distinguer de la simple « faiblesse musculaire » : on parle souvent de fatigabilité (i.e., l'épuisement ou la diminution des performances au cours d'un effort) et de fatigue perçue (sensation subjective de fatigue). Les auteurs insistent sur cette double dimension.

2. Mécanismes physiopathologiques principaux

Les auteurs recensent plusieurs « voies » contributrices selon les groupes de pathologies :

- Dans les **dystrophies musculaires**, on retrouve des altérations de la perfusion musculaire, de la microcirculation, de la régulation vasculaire au cours de l'effort, ce qui peut favoriser une fatigabilité prématuée.
- Dans les **myopathies métaboliques** : déficit de production énergétique, accumulation de métabolites intermédiaires, intolérance à l'effort, fatigabilité liée à un plafonnement précoce des réserves métaboliques.
- Dans les **maladies mitochondrielles primaires** : dysfonction mitochondriale, altération de la chaîne respiratoire, production d'énergie insuffisante pour répondre aux besoins musculaires plus élevés au cours de l'effort, stress oxydatif accru, altération du métabolisme musculaire.
- La revue souligne les interactions entre les mécanismes « centraux » (neuronaux, neuromusculaires) et « périphériques » (musculaires, métaboliques) dans la survenue de la fatigue.

3. Évaluation de la fatigue dans les maladies neuromusculaires

- Les auteurs passent en revue les outils d'évaluation subjective : échelles de fatigue (par exemple Fatigue Severity Scale, Multidimensional Fatigue Inventory) ; ainsi que les mesures objectives de performance (test de marche 6 minutes, ergométrie cycliste, etc.).
- Ils insistent sur l'importance de considérer la fatigabilité comme critère de résultat dans les essais cliniques et la pratique, notamment dans les pathologies neuromusculaires.
- Un tableau synthétique (table 2 de l'article) est proposé pour résumer les échelles et les mesures utilisées.

4. Approches thérapeutiques

- Les auteurs décrivent un spectre de prises en charge, réparti en interventions pharmacologiques et non-pharmacologiques.
- Pharmacologie / suppléments : par exemple, carnitine, créatine, co-facteurs mitochondriaux, enzyme-replacement dans certaines maladies quand applicable.
- Exercice physique / kinésithérapie : les auteurs soulignent que, malgré la complexité physiopathologique, l'activité physique adaptée reste une pierre angulaire, permettant d'améliorer la tolérance à l'effort, d'optimiser le métabolisme musculaire et d'entretenir la fonction motrice. Ils insistent sur la nécessité d'une individualisation (type, intensité, durée) et d'une supervision spécialisée.
- Ils mentionnent également l'importance de la prise en compte de la fatigue dans la planification rééducative (par ex. fractionnement des efforts, adaptation de la charge, repos).
- Enfin, sont évoquées les perspectives futures de recherche : par exemple, la meilleure caractérisation de la fatigabilité, l'élaboration d'algorithmes thérapeutiques ciblés, l'intégration de biomarqueurs mitochondriaux, métaboliques.

Apports pour la kinésithérapie du sport / rééducation sportive

Cette revue présente plusieurs points d'intérêt pour la pratique :

- Bien que l'article cible majoritairement des pathologies neuromusculaires « cliniques » (souvent rares), les mécanismes décrits (dysfonction mitochondriale, métabolique, microcirculatoire, fatigabilité) peuvent offrir des pistes de réflexion pour des athlètes ou sportifs présentant une fatigue excessive, un sur-entraînement, ou des troubles neuromusculaires émergents.
- La distinction entre fatigue perçue et fatigabilité est centrale : en sport, il est essentiel de dissocier ce que ressent le sportif et ce que ses capacités musculaires/neuromusculaires lui permettent réellement.
- L'évaluation de la fatigabilité peut être enrichie par des mesures objectives (test de marche, ergométrie, voire analyses métaboliques) au-delà des simples questionnaires. Cela peut conduire à un suivi plus précis en kinésithérapie sportive.
- Le rôle de la kinésithérapie et de l'exercice adapté est confirmé : même dans des pathologies complexes, l'activité physique reste un des piliers. Pour le sportif, cela souligne l'importance de la stratégie d'exercice (modulation des charges, périodisation, repos, récupération) dans la gestion de la fatigue.
- Enfin, l'article suggère que la prise en charge de la fatigue doit être pensée de façon holistique : métabolique, neuromusculaire, psychologique. En rééducation sportive, cela peut conduire à une approche pluridisciplinaire (kiné + nutrition + monitoring métabolique + stratégie de récupération).

Limites et pistes à approfondir

- Il s'agit d'une revue narrative, non d'une méta-analyse : les données présentées sont donc qualitatives et ne permettent pas de hiérarchiser les interventions selon un niveau de preuve élevé.
- Bien que la kinésithérapie/exercice soit mentionnée, l'article ne fournit pas de protocole précis adapté à la pratique sportive : il reste plutôt général.
- Certains mécanismes (ex : microcirculation musculaire, dysfonction mitochondriale) sont plus explorés dans un contexte pathologique que sportif. Une transposition prudente est donc recommandée.
- Pour l'avenir, l'article appelle à des études prospectives sur la fatigabilité, et à des biomarqueurs de fatigue – ce qui pourrait aussi bénéficier à la recherche en kinésithérapie du sport.

Conclusion

Cette revue de Torri et al. apporte une vision solide et structurée de la fatigue dans les maladies neuromusculaires, tant sur le plan physiopathologique que sur l'évaluation et la prise en charge. Pour le champ de la kinésithérapie du sport, elle fournit des repères utiles : la nécessité de considérer la fatigabilité, d'intégrer une approche de l'exercice adaptée, et de ne pas dissocier la dimension métabolique/neuromusculaire de la récupération. Elle appelle également à une réflexion plus fine sur les mécanismes de fatigue chez le sportif et sur les stratégies d'évaluation et de traitement.

Références scientifiques

Torri, F., Lopriore, P., Montano, V., Siciliano, G., Mancuso, M., & Ricci, G. (2023). Pathophysiology and Management of Fatigue in Neuromuscular Diseases. *International journal of molecular sciences*, 24(5), 5005. <https://doi.org/10.3390/ijms24055005>

Congrès en approche



The banner features a blue and white abstract background with a globe. At the top right is the date "8/12/2025". In the center, the acronym "SEPWOC" is written in large white letters inside a purple circle. Below it, the full name "Sport & Exercise Physiotherapy World Online Congress" is written in smaller white letters. A purple banner across the middle says "Celebrating 25 years of IFSPT". Below the banner are three circular icons: an orange one with "25 Hours", a purple one with "29 Countries", and a light blue one with "75 Speakers".

One global congress. One connected community.

● Tendon Injuries	● Paralympic Sport	● Ski Injuries
● ACL Injuries	● Professionalism in Sport	● Climber's Finger
● Ankle Injuries	● Safeguarding in Sport	● Youth Sport
● Women in Sports	● Shoulder Injuries	● Long-Term Athlete Health
● Hypermobility	● Specialisation in Sport	● Multimorbidity in Sport
● Groin Injuries	● Swimming Injuries	● Team Sports
● Injury Prevention	● Tennis Injuries	● Sport for All

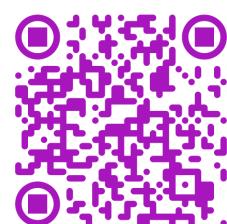


From Sunrise in New Zealand
to Sunset in Canada



ifspt.org/sepwoc

REGISTER HERE



WORLD CONGRESS OF SPORTS PHYSICAL THERAPY 2026

Switzerland
Bern 4-5 December 2026

BROUGHT TO YOU BY



IFSPT

SPORTFISIO

SWISS SPORT PHYSIOTHERAPY ASSOCIATION SSPA

Formations 2025-2026

DÉCEMBRE 2025

05 - 06 DÉCEMBRE

LA CHEVILLE TRAUMATIQUE : DE LA BLESSURE AU RETOUR AU SPORT (F.FOURCHET – B.PICOT) – NANTES COMPLET

Nantes

05 - 06 DÉCEMBRE

RETOUR AU SPORT, PRÉVENTION ET PERFORMANCE : ÉVALUATION, OUTILS DE DÉVELOPPEMENT, RAISONNEMENT CLINIQUE (Q.BOUILLARD – PY.FROIDEVAL – A.BLACHERE) – MDH CRETEIL

Maison du Handball (FFHB) Crêteil

JANVIER 2026

12 JANVIER AU 03 OCTOBRE

CERTIFICAT D'ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES EN KINÉSITHÉRAPIE DU SPORT (CECKS) – PARIS 2026 COMPLET

Maison du Handball (FFHB) Crêteil

23 - 24 JANVIER

LA CHEVILLE TRAUMATIQUE : DE LA BLESSURE AU RETOUR AU SPORT (F.FOURCHET – B.PICOT) – GENÈVE COMPLET

Jonction Thérapie - 5A rue du vélodrome - 1205 Genève

FÉVRIER 2026

02 FÉVRIER AU 24 OCTOBRE

CERTIFICAT D'ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES EN KINÉSITHÉRAPIE DU SPORT (CECKS) – CAPBRETON 2026 COMPLET

Capbreton

20 - 21 FÉVRIER

LES BLESSURES EN COURSE À PIED (F.FOURCHET – G.SERVANT) – MDH CRETEIL

Maison du Handball (FFHB) Crêteil

MARS 2026

23 MARS AU 12 DÉCEMBRE

CERTIFICAT D'ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES EN KINÉSITHÉRAPIE DU SPORT (CECKS) – BOURGES 2026

CREPS de la région Centre Bourges

AVRIL 2026

03 - 04 AVRIL

RETOUR AU SPORT, PRÉVENTION ET PERFORMANCE : ÉVALUATION, OUTILS DE DÉVELOPPEMENT, RAISONNEMENT CLINIQUE (Q.BOUILLARD – PY.FROIDEVAL – A.BLACHERE) – CREPS BOURGES

CREPS de la région Centre Bourges

06 AVRIL AU 14 NOVEMBRE

CERTIFICAT D'ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES EN KINÉSITHÉRAPIE DU SPORT (CECKS) – CHAMBÉRY 2026 COMPLET

Académie du Handball de Chambéry

SCAN ME



10 - 11 AVRIL

PRISE EN CHARGE EN PRATIQUE DES LÉSIONS MUSCULAIRES ET DES TENDINOPATHIES DU MEMBRE INFÉRIEUR (C.PRINCE – Q.MAZUEL) – TOULOUSE

Stade Toulousain Rugby

17 - 18 AVRIL

LCA ET MÉNISQUES (J.RIEIRA) – TOULON

24 - 25 AVRIL

RENFORCEMENT MUSCULAIRE ET OPTIMISATION DE LA PERFORMANCE (S.BARRUE-BELOU) – DIJON

JUIN 2026

1 - 2 JUIN

EPAULE DU SPORTIF (C.BIENAIME – N.FOUCHET) – NANTES

11 JUIN

GAINAGE ET RENFORCEMENT DU PIED POUR MIEUX TRAITER ET PRÉVENIR SES PATHOLOGIES (F.FOURCHET) – ST PAUL LES 3 CHÂTEAUX

La Clinik | Impasse du Tanin - ZA des Pâtis - 26130 Saint Paul Trois Châteaux

12 - 13 JUIN

LA CHEVILLE TRAUMATIQUE : DE LA BLESSURE AU RETOUR AU SPORT (F.FOURCHET – B.PICOT) – SAINT PAUL LES 3 CHÂTEAUX

La Clinik | Impasse du Tanin - ZA des Pâtis - 26130 Saint Paul Trois Châteaux

SCAN ME





Kinésithérapie du Sport Information

Dans ce numéro de *Kinésithérapie du Sport Information*, nous explorons les mécanismes complexes de la fatigue neuromusculaire et les conséquences de la surutilisation dans la pratique sportive, entre performance, adaptation et risque de blessure.

Souvent insidieuse, la fatigue neuromusculaire se manifeste bien avant la douleur ou la lésion. Elle altère la coordination, modifie les schémas moteurs et fragilise les tissus soumis à des contraintes répétées. Comprendre ces processus est essentiel pour anticiper la décompensation fonctionnelle et optimiser la récupération.

À travers des revues critiques de la littérature, des analyses cliniques et des retours de terrain, ce dossier thématique fait le point sur les outils d'évaluation de la fatigue et sur les stratégies de prévention aujourd'hui validées. Objectif : outiller le kinésithérapeute du sport pour mieux détecter, quantifier et gérer la charge d'entraînement.

Fatigue centrale ou périphérique ? Monitoring de la charge, récupération active, individualisation du suivi : ce numéro propose une synthèse opérationnelle pour replacer la notion de fatigue au cœur de la performance durable et de la santé de l'athlète.

La revue des professionnels de la
kinésithérapie du sport