



HAL
open science

Impact d'une course de trail à étapes sur le sommeil : étude UT4M-Sleep 2018

Thibault Fouquet

► **To cite this version:**

Thibault Fouquet. Impact d'une course de trail à étapes sur le sommeil : étude UT4M-Sleep 2018. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03276395

HAL Id: dumas-03276395

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03276395v1>

Submitted on 2 Jul 2021

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.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance.

La propriété intellectuelle du document reste entièrement celle du ou des auteurs. Les utilisateurs doivent respecter le droit d'auteur selon la législation en vigueur, et sont soumis aux règles habituelles du bon usage, comme pour les publications sur papier : respect des travaux originaux, citation, interdiction du pillage intellectuel, etc.

Il est mis à disposition de toute personne intéressée par l'intermédiaire de [l'archive ouverte DUMAS](#) (Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance).

Si vous désirez contacter son ou ses auteurs, nous vous invitons à consulter la page de DUMAS présentant le document. Si l'auteur l'a autorisé, son adresse mail apparaîtra lorsque vous cliquerez sur le bouton « Détails » (à droite du nom).

Dans le cas contraire, vous pouvez consulter en ligne les annuaires de l'ordre des médecins, des pharmaciens et des sages-femmes.

Contact à la Bibliothèque universitaire de Médecine
Pharmacie de Grenoble :
bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

Année : 2021

IMPACT D'UNE COURSE DE TRAIL A ETAPES SUR LE SOMMEIL
-
ETUDE UT4M-SLEEP 2018

THÈSE
PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR EN MÉDECINE
DIPLOME D'ÉTAT

Thibault FOUQUET

[Données à caractère personnel]

THESE SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE
GRENOBLE

Le 22/06/2021

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE

Président du jury :

M. Patrick IMBERT, PU-PH

Membres :

M. Sébastien BAILLIEUL, MD, PhD (Directeur de thèse)

M. Samuel VERGES, PhD (Co-directeur de thèse)

M. Stéphane DOUTRELEAU, MD, PhD

Doyen de la Faculté : Pr. Patrice MORAND

Année 2020-2021

ENSEIGNANTS DE L'UFR DE MEDECINE

CORPS	NOM-PRENUM	Discipline universitaire
PU-PH	ALBALADEJO Pierre	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
PU-PH	APTEL Florent	Ophtalmologie
PU-PH	ARVIEUX-BARTHELEMY Catherine	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH	BAILLET Athan	Rhumatologie
PU-PH	BARONE-ROCHETTE Gilles	Cardiologie
PU-PH	BAYAT Sam	Physiologie
MCF Ass.MG	BENDAMENE Farouk	Médecine Générale
PU-PH	BENHAMOU Pierre-Yves	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BERGER François	Biologie cellulaire
MCU-PH	BIDART-COUTTON Marie	Biologie cellulaire
PU-PH	BLAISE Sophie	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
PR Ass. Méd.	BOILLOT Bernard	
MCU-PH	BOISSET Sandrine	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH	BONAZ Bruno	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PU-PH	BONNETERRE Vincent	Médecine et santé au travail
PU-PH	BOREL Anne-Laure	Nutrition
PU-PH	BOSSON Jean-Luc	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	BOTTARI Serge	Biologie cellulaire
PR Ass.MG	BOUCHAUD Jacques	Médecine Générale
PU-PH	BOUGEROL Thierry	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	BOUILLET Laurence	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
MCU-PH	BOUSSAT Bastien	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	BOUZAT Pierre	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
PU-PH émérite	BRAMBILLA Christian	Pneumologie
PU-PH émérite	BRAMBILLA Elisabeth	Anatomie et cytologie pathologiques
MCU-PH	BRENIER-PINCHART Marie Pierre	Parasitologie et mycologie
PU-PH	BRICAULT Ivan	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	BRICHON Pierre-Yves	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
MCU-PH	BRIOT Raphaël	Thérapeutique-médecine de la douleur ; Addictologie
PU-PH émérite	CAHN Jean-Yves	Hématologie
PU-PH émérite	CARPENTIER Patrick	Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire
PR Ass.MG	CARRILLO Yannick	Médecine Générale
PU-PH	CESBRON Jean-Yves	Immunologie
PU-PH	CHABARDES Stephan	Neurochirurgie
PU-PH	CHABRE Olivier	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	CHAFFANJON Philippe	Anatomie
MCF Ass.MG	CHAMBOREDON Benoît	Médecine Générale
PU-PH	CHARLES Julie	Dermato-vénérologie
MCF Ass.MG	CHAVET Marion	Médecine Générale
PU-PH	CHAVANON Olivier	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	CHIQUET Christophe	Ophtalmologie
PU-PH	CHIRICA Mircea	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH	CINQUIN Philippe	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	CLAVARINO Giovanna	Immunologie
PU-PH	COHEN Olivier	Histologie, embryologie et cytogénétique
PU-PH	COURVOISIER Aurélien	Chirurgie infantile
PU-PH	COUTTON Charles	Génétique
PU-PH	COUTURIER Pascal	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
PU-PH	CRACOWSKI Jean-Luc	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PU-PH	DEBATY Guillaume	Médecine d'Urgence
PU-PH	DEBILLON Thierry	Pédiatrie
PU-PH	DECAENS Thomas	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PR Ass. Méd.	DEFAYE Pascal	Cardiologie
PU-PH	DEGANO Bruno	Pneumologie ; addictologie
PU-PH	DEMATTEIS Maurice	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PU-PH émérite	DEMONGEOT Jacques	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	DERANSART Colin	Physiologie
PU-PH	DESCOTES Jean-Luc	Urologie
PU-PH	DETANTE Olivier	Neurologie
MCU-PH	DIETERICH Klaus	Génétique
MCU-PH	DOUTRELEAU Stéphane	Physiologie
MCU-PH	DUMESTRE-PERARD Chantal	Immunologie
PU-PH	EPAULARD Olivier	Maladies infectieuses ; Maladies tropicales
PU-PH	ESTEVE François	Biophysique et médecine nucléaire
MCU-PH	EYSSERIC Hélène	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH	FAUCHERON Jean-Luc	Chirurgie viscérale et digestive
MCU-PH	FAURE Julien	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	FERRETTI Gilbert	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	FEUERSTEIN Claude	Physiologie
PU-PH	FONTAINE Éric	Nutrition
PU-PH	FRANCOIS Patrice	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-MG	GABOREAU Yoann	Médecine Générale
PU-PH	GARBAN Frédéric	Hématologie ; Transfusion
PU-PH	GAUDIN Philippe	Rhumatologie
PU-PH	GAVAZZI Gaétan	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
PU-PH	GAY Emmanuel	Neurochirurgie
MCU-PH	GILLOIS Pierre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	GIOT Jean-Philippe	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; Brûlologie
MCU-PH	GRAND Sylvie	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH émérite	GRIFFET Jacques	Chirurgie infantile
MCU-PH	GUZUN Rita	Nutrition
PU-PH	HAINAUT Pierre	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH émérite	HALIMI Serge	Nutrition
PU-PH	HENNEBICQ Sylviane	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
PU-PH	HOFFMANN Pascale	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
PU-PH émérite	HOMMEL Marc	Neurologie
PU-MG	IMBERT Patrick	Médecine Générale

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH émérite	JOUK Pierre-Simon	Génétique
PU-PH	KAHANE Philippe	Physiologie
MCU-PH	KASTLER Adrian	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	KRAINIK Alexandre	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	LABARERE José	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-PH	LABLANCHE Sandrine	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
MCU-PH	LANDELLE Caroline	Bactériologie – virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH	LANTUEJOL Sylvie	Anatomie et cytologie pathologiques
PR Ass. Méd.	LARAMAS Mathieu	Cancérologie ; radiothérapie
MCU-PH	LARDY Bernard	Biochimie et biologie moléculaire
MCU - PH	LE GOUELLEC LE PISSART Audrey	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	LECCIA Marie-Thérèse	Dermato-vénérologie
MCF Ass.MG	LEDOUX Jean-Nicolas	Médecine Générale
PU-PH émérite	LETOUBLON Christian	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH	LEVY Patrick	Physiologie
PU-PH	LONG Jean-Alexandre	Urologie
MCU-PH	LUPO Julien	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH	MAIGNAN Maxime	Médecine d'urgence
PU-PH	MAITRE Anne	Médecine et santé au travail
MCU-PH	MALLARET Marie-Reine	Bactériologie – virologie ; Hygiène hospitalière
MCU-PH	MARLU Raphaël	Hématologie ; Transfusion
PR Ass. Méd.	MATHIEU Nicolas	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
MCU-PH	MAUBON Danièle	Parasitologie et mycologie
PU-PH	MAURIN Max	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
MCU-PH	MC LEER Anne	Histologie, embryologie et cytogénétique
MCU-PH	MONDET Julie	Histologie, embryologie et cytogénétique
PU-PH	MORAND Patrice	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH	MOREAU-GAUDRY Alexandre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	MORO Elena	Neurologie
PU-PH	MORO-SIBILOT Denis	Pneumologie ; addictologie
MCU-PH	MORTAMET Guillaume	Pédiatrie
PU-PH	MOUSSEAU Mireille	Cancérologie ; radiothérapie
PU-PH émérite	MOUTET François	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
MCF Ass.MG	ODDOU Christel	Médecine Générale
PR Ass. Méd.	ORMEZANO Olivier	Cardiologie
MCU-PH	PACLET Marie-Hélène	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	PAILHE Régis	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	PALOMBI Olivier	Anatomie
PU-PH	PARK Sophie	Hématologie ; Transfusion
PU-PH	PASSAGIA Jean-Guy	Anatomie
PR Ass.MG	PAUMIER-DESBRIERES Françoise	Médecine Générale
PU-PH	PAYEN DE LA GARANDERIE Jean-François	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
MCU-PH	PAYSANT François	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	PELLETIER Laurent	Biologie cellulaire
PU-PH	PELLOUX Hervé	Parasitologie et mycologie
PU-PH	PEPIN Jean-Louis	Physiologie
PU-PH	PERENNOU Dominique	Médecine physique et de réadaptation

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	PERNOD Gilles	Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire
PU-PH	PIOLAT Christian	Chirurgie infantile
PU-PH	PISON Christophe	Pneumologie ; Addictologie
PU-PH	PLANTAZ Dominique	Pédiatrie
PU-PH	POIGNARD Pascal	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH	POLACK Benoît	Hématologie ; Transfusion
PU-PH	POLOSAN Mircea	Psychiatrie d'adultes ; Addictologie
PU-PH	RAMBEAUD Jean-Jacques	Urologie
PU-PH	RAY Pierre	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
PR Ass. Méd.	RECHE Fabian	Chirurgie viscérale et digestive
MCU-PH	RENDU John	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH émérite	RIALLE Vincent	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	RIETHMULLER Didier	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
PU-PH	RIGHINI Christian	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH émérite	ROMANET Jean Paul	Ophthalmologie
PU-PH	ROSTAING Lionel	Néphrologie
PU-PH	ROUSTIT Matthieu	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
MCU-PH	ROUX-BUISSON Nathalie	Biochimie et biologie moléculaire
PR Ass.MG	ROYER DE VERICOURT Guillaume	Médecine Générale
PU-PH émérite	SARAGAGLIA Dominique	Chirurgie orthopédique et traumatologie
MCU-PH	SATRE Véronique	Génétique
PU-PH	SAUDOU Frédéric	Biologie cellulaire
PU-PH	SCHMERBER Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	SCHWEBEL Carole	Médecine intensive-réanimation
PU-PH	SCOLAN Virginie	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	SEIGNEURIN Arnaud	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH émérite	STAHL Jean-Paul	Maladies infectieuses ; Maladies tropicales
PU-PH	STANKE Françoise	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
MCU-PH	STASIA Marie-José	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	STURM Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
PU-PH	TAMISIER Renaud	Physiologie
PU-PH	TERZI Nicolas	Médecine intensive-réanimation
PU-PH	THEVENON Julien	Génétique
MCU-PH	TOFFART Anne-Claire	Pneumologie ; Addictologie
PU-PH	TONETTI Jérôme	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	TOUSSAINT Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	VALMARY-DEGANO Séverine	Anatomie et cytologie pathologiques
PU-PH	VANZETTO Gérard	Cardiologie
PU-PH	VUILLEZ Jean-Philippe	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	WEIL Georges	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	ZAOUI Philippe	Néphrologie
PU-PH émérite	ZARSKI Jean-Pierre	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

PU-PH : Professeur des Universités - Praticiens Hospitaliers
 MCU-PH : Maître de Conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers
 PU-MG : Professeur des Universités de Médecine Générale
 MCU-MG : Maître de Conférences des Universités de Médecine Générale
 PR Ass. Méd. : Professeur des Universités Associé de Médecine
 PR Ass.MG : Professeur des Universités Associé de Médecine Générale
 MCF Ass.MG : Maître de Conférences Associé de Médecine Générale

Le serment d'Hippocrate

Texte revu par l'Ordre des médecins en 2012

“ Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque. ”

Remerciements

A Monsieur le Professeur Patrick Imbert

Je suis très sensible à la considération que vous me faites en acceptant de présider ce jury de thèse. Vous m'avez accompagné durant cet internat en me laissant l'opportunité de me former à la médecine du sport. Vous avoir à la présentation de ce travail né de ce projet professionnel est un véritable honneur. Veuillez trouver ici le témoignage de mon respect et de ma reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Sébastien Baillieux

Sébastien, je te serai éternellement reconnaissant pour la confiance que tu m'accordes depuis maintenant plus d'un an. Je ne pouvais rêver d'un meilleur directeur de thèse. Un immense merci pour ta disponibilité, ton efficacité et ta gentillesse. Tes nombreuses compétences ont été des aides considérables pour la réalisation de ce travail. L'homme et le médecin que tu es m'ont toujours inspiré le plus profond respect, puisse ce travail être digne de ta confiance.

A Messieurs les Docteurs Stéphane Doutreleau et Samuel Vergès

Vous me faites tous les deux l'honneur de juger mon travail de thèse en votre qualité d'expert dans la physiologie du sport. Stéphane, merci pour tout ton apprentissage débuté il y a bientôt deux ans. Samuel, merci pour la confiance que tu m'as accordé pour m'intégrer à ce projet. A tous les deux, merci pour votre disponibilité et vos conseils avisés durant ce travail. En espérant continuer de profiter de votre expertise dans le futur, veuillez trouver dans ces quelques lignes l'expression de ma profonde gratitude.

L'étude UT4M 2018 est dirigée par la Chaire Universitaire « Sport, Altitude, Santé » de la Fondation Université Grenoble Alpes et dont le promoteur est le CHU de Grenoble- Alpes.

Remerciements

A ma Maman et à ma petite sœur, mes deux plus grandes supportrices, les deux piliers de ma vie. Merci d'avoir su me supporter pendant toutes ces longues années d'études, seul votre amour inconditionnel l'aura permis.

A mon père, qui m'a accompagné et encouragé tout au long de la réalisation de cette thèse.

A mes grands-parents, pour leur confiance inébranlable.

A mes amis, Victor-Emmanuel et nos immanquables rendez-vous du dimanche soir, Steven et Cyrille et nos traditionnels road-trip. A Arnaud, Thibault, Rémi, Loic, Maxime et Rudy, amis d'enfance qui malgré le temps et la distance auront toujours su être là pour moi quand j'en avais besoin.

A mes co-internes, devenus pour la plupart partenaires de Bastille et de ski de fond ! J'ai notamment une pensée particulière pour Vincent avec qui j'ai partagé tant de sentiers, à Céline et nos cinés Annéciens, à Romina ma petite Modalve préférée, à Rémi et Blandine qui m'auront tant fait souffrir dans ces lacets de Bastille, à Loic et Thibaud avec qui nous avons traversé avec brillo le terrible couvre-feu Albertvillois, à Elina et Léa qui auront largement contribué au meilleur semestre de mon internat aux Urgences Sud. Merci à vous tous !

A ces chefs devenus proches, Alice, Adrien, Elliott, merci pour votre apprentissage mais aussi pour tout le reste. Avoir croisé votre route aura un impact majeur sur ma future carrière. Je vous en serai toujours reconnaissant.

A ces chefs qui auront su, chacun à leur manière, contribuer à mon épanouissement dans cette profession, merci au Dr Loiseleur, au Dr Duplan, au Dr Le Masle-Lastiolas, au Dr Banihachemi et enfin au Dr De Jesus.

Table des matières

Glossaire	11
Résumé	12
Abstract	14
Introduction	16
I. Sommeil, sport et activité physique	20
A) Impact d'une activité physique sur les rythmes circadiens et le sommeil	20
B) Paramètres de l'exercice influençant le sommeil	23
1) Paramètres liés à l'exercice (horaire, intensité, durée)	23
2) Conditions environnementales	26
C) Impact du sommeil sur la performance	26
II. UT4M Sleep 2018 : Sommeil et Trail, étude de l'impact d'une course à étapes sur le sommeil	29
A) Introduction	29
B) Matériel et Méthodes	31
1) Protocole expérimentale	31
2) Population d'étude	34
3) Modalité de recrutement	35
4) Analyse du sommeil et évaluations analogiques	36
5) Analyse statistique	
C) Résultats	36
1) Population d'étude	36
2) Analyse du sommeil	37
2.1 <u>Macro-architecture du sommeil</u>	38

2.2.	<u>Indices de continuité du sommeil</u>	40
2.3.	<u>Micro-architecture du sommeil</u>	42
3)	Évaluations analogiques	44
D)	Discussion	46
E)	Conclusion	49
III.	De l'importance d'une bonne hygiène de sommeil	50
A)	Le sommeil du sportif: un facteur de performance et de prévention	50
1)	Rôle du sommeil chez le sportif	51
1.1	<u>Métabolisme et énergétique</u>	51
1.2.	<u>Hormonal</u>	51
1.3.	<u>Immunitaire</u>	52
2)	Surentraînement : cause ou symptôme ?	52
3)	Facteurs influençant les troubles du sommeil chez le sportif	54
4)	Recommandations chez le sportif élite	57
4.1	<u>Optimiser la durée totale de sommeil</u>	57
4.2.	<u>Optimiser l'hygiène de vie et l'hygiène alimentaire</u>	59
B)	Le sommeil du pratiquant d'activité physique dans la consultation de médecine générale	63
1)	Déterminer sa durée de sommeil	65
2)	Favoriser des horaires réguliers	65
3)	Ne pas planifier de séances d'entraînements intenses tardives	66
4)	Gérer l'exposition lumineuse	66
5)	Développer une routine pré-coucher	67
6)	Optimiser l'environnement nocturne	68
7)	Gérer les réveils nocturnes	69
	Bibliographie	72
	Annexes	82

Glossaire

TST : Temps de Sommeil Total

PST : Période de Sommeil Totale (= temps passé au lit)

SO : Durée d'endormissement (Sleep Onset)

WASO : Durée des éveils nocturnes (Wake after Sleep Onset)

SE : Efficacité du sommeil (Sleep Efficiency, TST/PST)

REM Sleep : Sommeil paradoxal (Rapid Eye Movement sleep)

Light duration : Durée sommeil lent léger

N3 duration : Durée sommeil lent profond (Stage 3 sleep)

SWS : Ondes lentes du sommeil (Slow wave sleep)

Résumé

Le trail, compétition pedestre se déroulant en environnement naturel est une discipline en plein essor en France. Cet essor se traduit par une augmentation du nombre de pratiquants et une multiplication des courses aux formats variés en termes de kilométrage et de dénivellation. Certaines de ces courses sont organisées par étapes, représentant des contraintes physiologiques spécifiques, du fait de la répétition quotidienne d'efforts. Le sommeil, élément majeur de la récupération et de la performance est à ce jour peu étudié dans ce contexte.

L'objectif principal du présent travail est d'évaluer l'impact d'une épreuve de trail par étapes sur l'évolution des paramètres objectifs du sommeil en compétition et au cours des nuits suivant la course. Notre hypothèse est que ces épreuves par étapes seraient associées à une détérioration progressive de la durée et de la qualité de sommeil, et à leur normalisation dans les jours suivant l'épreuve. Cette étude observationnelle transversale a été conduite du 21 au 28 Août 2018 au cours de L'Ultra Tour des 4 Massifs (UT4M) challenge, épreuve de trail se déroulant sur les massifs environnant Grenoble, constituée de 4 étapes de 40 kilomètres, réparties sur 4 jours de course. 20 traileurs ont été inclus et 16 ont bénéficié d'un enregistrement du sommeil au moyen d'un dispositif ambulatoire validé (Bandeau DREEM), au cours des 2 nuits précédant la course, des 4 nuits au cours de la course et pendant 2 nuits consécutives après course (récupération). Comparativement à la pré-course, une réduction significative du temps de sommeil total était observée en course. Les athlètes malgré des heures de lever précoces imposées par la course n'adaptèrent pas

leurs heures de coucher en conséquence. Les indices de fragmentation du sommeil augmentaient tout au long de la course sans toutefois altérer l'efficacité du sommeil. Les pourcentages de sommeil lent léger et lent profond augmentaient durant les premières nuits de course. Le pourcentage de sommeil paradoxal diminuait significativement en course, et un rebond de sommeil paradoxal était observé lors des nuits de récupération. Ce dernier peut être expliqué par un processus homéostatique de rattrapage du sommeil paradoxal lors des nuits de récupération du fait de la privation de sommeil induite en course.

Les horaires de coucher des traileurs mettent en lumière le manque de connaissance et de mise en pratique des règles élémentaires d'hygiène de sommeil qui auraient impliqué d'ajuster l'heure de coucher en fonction de l'heure prévisionnelle de lever afin de couvrir les besoins intrinsèques de sommeil. La réduction du temps de sommeil total pourrait avoir un impact négatif sur la vigilance diurne, le risque de blessure et la sécurité des coureurs. Dans le cadre d'une démarche préventive et d'une pratique sportive en santé, le professionnel de santé a un rôle de prévention par la communication des stratégies à mettre en place pour garantir une hygiène de sommeil la plus adaptée possible en compétition et en phase de préparation et de récupération.

Abstract

Trail running, a pedestrian competition taking place in a natural environment, is a rapidly growing discipline in France. This growth is reflected in the rapid increase in the number of participants and the multiplication of races with various formats in terms of mileage and altitude difference. Some of these races are organised in stages, representing specific physiological constraints, due to the daily repetition of strenuous efforts. Sleep, a major determinant of recovery and performance, has so far been little studied in this context.

The main objective of the present work was to evaluate the impact of a trail race by stages on the evolution of objective sleep parameters during the competition and during the nights following the race. Our hypothesis is that these stage events would be associated with a progressive deterioration of sleep duration and quality, and their normalization in the days following the event. This cross-sectional observational study was conducted from August 2018, 21st to 28th during the Ultra Tour des 4 Massifs (UT4M) challenge, a trail event taking place in the mountain ranges surrounding Grenoble, consisting of 4 stages of 40 kilometres, spread over 4 race days. 20 runners were included and 16 of them benefited from a sleep recording using a validated ambulatory device (DREEM band), during the 2 nights preceding the race, the 4 nights during the race and during 2 consecutive nights after the race (recovery). Compared to pre-race, a significant reduction in total sleep time was observed during the race. Athletes despite early wake-up times imposed by the race did not adapt their bedtimes accordingly. Sleep fragmentation indices increased throughout the race without

altering sleep efficiency. The percentages of light and deep slow wave sleep increased during the first nights of the race. The percentage of REM sleep decreased significantly during the race, and a rebound of REM sleep was observed during the recovery nights. The latter can be explained by a homeostatic process of catching up on REM sleep during the recovery nights due to the sleep deprivation induced during the race.

The bedtimes of the runners highlight the lack of knowledge and practice of the elementary rules of sleep hygiene which would have implied adjusting the bedtime according to the expected time of rising to cover the intrinsic sleep needs. The reduction in total sleep time could have a negative impact on daytime alertness, injury risk and runner safety. As part of a preventive approach and a healthy sport practice, the health professional has a preventive role by communicating strategies to be put in place to guarantee the most adapted sleep hygiene possible in competition and in the preparation and recovery phase.

Introduction

Le sommeil est un état de vigilance défini comme une suspension réversible, transitoire et partielle des interactions sensorielles et comportementales avec l'environnement d'un sujet. The American Academy of Sleep Medicine a conclu dans son rapport de 2015 qu'une bonne hygiène de sommeil était un des piliers de notre santé (1). Si nous passons près d'un tiers de notre vie à dormir, la qualité et la durée de sommeil ont longtemps été des dimensions négligées du soin et des campagnes de santé publique comparativement aux comportements majeurs de santé que sont la nutrition et l'activité physique.

Pour la première fois en 2017 le temps moyen de sommeil de la frange active de la population française est passée en dessous des 7 heures minimales quotidiennes habituellement recommandées pour une bonne récupération (6h42 par nuit en moyenne) (2). Cette baisse correspond à une perte de 1h30 de sommeil par nuit de sommeil en à peine 50 ans (3). L'accélération des rythmes de vie liée aux contraintes sociales et au développement des activités numériques (télévisions, écrans) prennent le pas sur une durée optimale de sommeil. Si de multiples facteurs peuvent expliquer cette évolution, il est à noter qu'elle est tout particulièrement marquée dans les grandes communautés urbaines. L'augmentation de la taille des villes entraîne des durées de trajets entre domicile et travail toujours plus longs et influent sur l'heure de lever. A cela se rajoute dans nos sociétés modernes le « *jet-lag* social », inadéquation entre besoins endogènes et rythme de vie.

Le sommeil est un état physiologique actif, dont le rôle principal est homéostasique. Il participe également à la régulation du système immunitaire, aux processus de mémorisation, à la réparation tissulaire et est essentiel à la rythmicité circadienne des sécrétions hormonales.

La régulation de l'alternance veille-sommeil est sous la dépendance d'une double régulation :

- i) Circadienne : ce cycle endogène individuel a une rythmicité proche de 24 heures. Les progrès récents de la génétique ont permis d'identifier une quinzaine de « gènes horloges » régulant le rythme circadien. Plusieurs sécrétions hormonales suivent ce rythme : la mélatonine, sécrétée par la glande pinéale en situation de baisse d'intensité lumineuse, favorise les mécanismes à l'origine de la transition entre veille et sommeil. La température corporelle, qui peut être influencée par l'activité physique, connaît aussi une variation circadienne et a également une implication directe sur le maintien du sommeil. Plusieurs facteurs environnementaux et/ou comportementaux ont une influence directe sur la régulation circadienne du sommeil, en particulier l'alimentation et l'activité physique.
- ii) Homéostasique, définie sur le plan comportemental par « la pression de sommeil » et qui résulterait pour partie de l'accumulation au niveau du système nerveux central d'adénosine, nucléoside dont la concentration

augmente au cours de la journée, avant d'être éliminée au cours du sommeil.

Physiologiquement, une nuit de sommeil présente une structure ultradienne, composée de 3 à 6 cycles de sommeil d'une durée respective comprise entre 60 et 90 minutes (voir **Figure 1**). Ces cycles sont eux-mêmes composés de différents stades de sommeil identifiés par l'enregistrement de l'activité électroencéphalographique. Les deux grands états de vigilance distincts au cours du sommeil sont le sommeil lent et le sommeil paradoxal (ou REM sleep pour Rapid Eye Movement Sleep). Le sommeil lent recouvre le sommeil lent léger (stade N1 et N2) et le sommeil lent profond (stade N3, « Slow-Wave Sleep »)

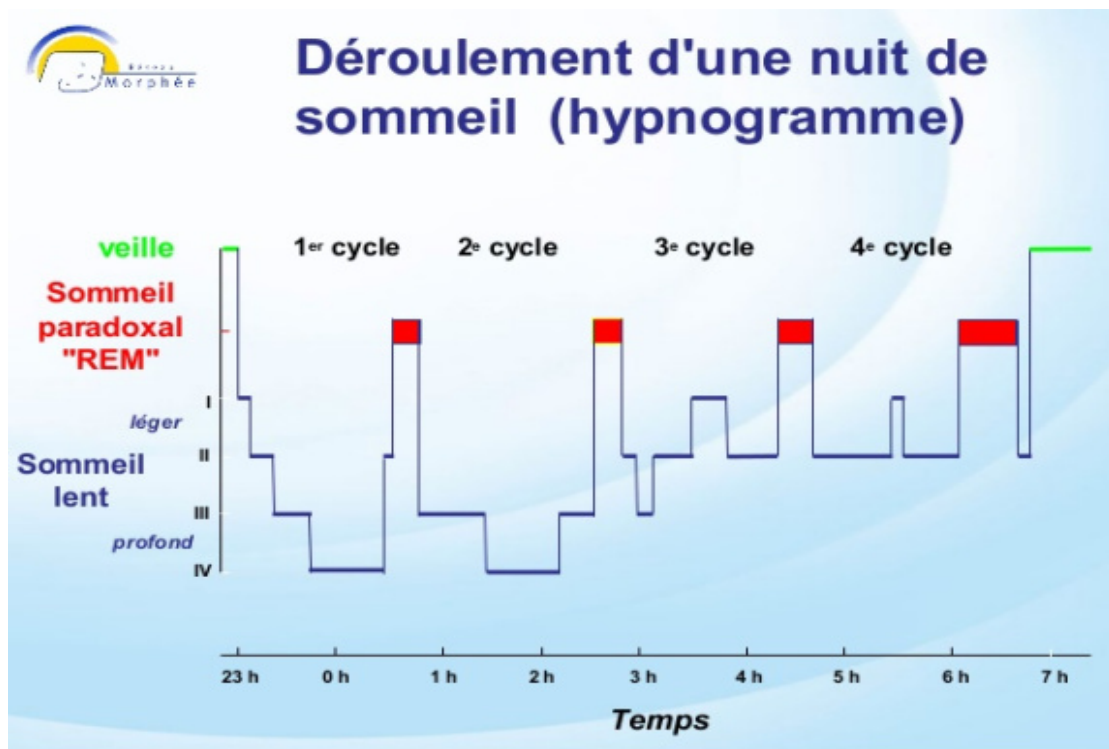


Figure 1 : Hypnogramme

Au sein d'un cycle de sommeil, la proportion des différents stades de sommeil varie selon le moment de la nuit : le sommeil lent profond prédomine en première partie de nuit alors que le sommeil paradoxal devient majoritaire en fin de nuit. La durée de sommeil lent profond est dépendante de la durée d'éveil précédente. En période de privation chronique de sommeil, c'est le sommeil lent profond qui reste le plus préservé en quantité.

Sommeil et activité physique sont deux comportements de santé étroitement liés qui entretiennent une relation bidirectionnelle. Le sommeil est un déterminant de la performance sportive et de la récupération (4, 5) et sa perturbation en qualité ou quantité pourrait contribuer à l'apparition d'un syndrome de surentraînement (6). Le sport peut à la fois améliorer ou dégrader la qualité de sommeil selon les conditions dans lesquelles il est pratiqué. La promotion d'une bonne hygiène de sommeil semble primordiale au sein de cette population de pratiquants d'activité physique, la dernière partie du présent travail sera l'occasion de faire un rappel des règles élémentaires d'hygiène de sommeil à destination du pratiquant d'activités physiques et sportives (Voir aussi **Figure 14** pour synthèse).

I. Sommeil, sport et activité physique

A) Impact d'une activité physique sur les rythmes circadiens et le sommeil

Les résultats expérimentaux quant aux répercussions de l'activité physique sur le sommeil mettent en évidence des relations complexes dépendant des caractéristiques de l'activité, qu'elle soit aigue ou chronique, d'endurance ou de résistance, d'intensité légère ou élevée (voir **Tableau 1**).

L'effet de l'exercice physique modéré sur les rythmes circadiens serait comparable à celle de la lumière à haute intensité : une session de 3h d'activité physique modérée à 50% de la VO_2max produirait les mêmes effets de synchronisation des rythmes circadiens que 3 heures d'exposition à la lumière naturelle (7).

La majorité des études évaluant les répercussions de l'activité physique utilisent des questionnaires ou des enregistrements d'actimétrie comme méthode d'analyse du sommeil et des rythmes veille-sommeil. Hurdziel *et al.* ont ainsi montré qu'un programme d'entraînement de 12 semaines suivant les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, soit 150 minutes par semaine d'activité d'endurance à intensité modérée, entraînait une diminution significative du score sur le questionnaire d'Index de Qualité du Sommeil de Pittsburgh (voir le score en Annexe 1) de $9,1 \pm 1,7$ à $4,8 \pm 2,0$ (8), traduisant une meilleure qualité de sommeil.

Tableau 1 : Impact d'une activité physique sur le sommeil

Article	Protocole expérimental	Évaluation du sommeil	Principaux résultats
Abd El-Kader S and Al-Jiffri O. Afr Health Sci. 2019	40 sédentaires 61-67 ans, 2 bras : programme aérobie de 6 mois (A) vs groupe contrôle (B) -> effet sur l'inflammation de bas grade	Polysomnographie, marqueur-pro inflammatoire (IL-6, TNF alpha), IL 10	Augmentation significative du temps de sommeil total, de l'efficacité du sommeil et diminution de la durée d'endormissement et des réveils nocturnes après 6 mois d'exercice de type aérobie. Le taux de TNF- α et IL-6 a significativement diminué alors que le taux d'IL-10 a significativement augmenté dans ce groupe
Hurdiel R, et al. Res Sports Med. 2017	19 sujets 18-24 ans, 2 bras : activité physique selon recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé vs sédentarité, suivi de 12 semaines	Actimétrie et index de qualité du sommeil de Pittsburgh	Diminution du score de Pittsburgh de 9,1 à 4,8 dans le groupe activité physique
Uchida S, et al. Frontiers in Neurology. 2012	Revue de la littérature		L'impact du sport sur le sommeil ne se résume pas à l'activité électroencéphalographique mais à différents facteurs comme le système nerveux autonome, l'activité endocrine et métabolique ainsi que la stimulation du système immunitaire
Driver HS and Taylor SR. Sleep medicine reviews. 2000	Méta analyse	Polysomnographie	L'exercice augmente le temps de sommeil total, augmente le taux de slow wave sleep, retarde l'apparition (10 min) et réduit la durée (2-5 min) du sommeil paradoxal
Youngstedt SD, et al. Sleep. 1997	Méta analyse	Polysomnographie	L'exercice n'a pas d'effet sur la latence d'endormissement mais augmente le temps total de sommeil en petite quantité (10 min), sommeil lent profond statistiquement augmenté mais peu (1,6 min), latence d'apparition du sommeil paradoxal retardée de 11,6 min et quantité diminuée de 6min. Intensité de l'exercice augmente la durée des éveils nocturnes
Kubitz KA, et al. Sports Med. 1996	Méta analyse	Polysomnographie	L'exercice réalisé de façon aigu ou chronique augmente le temps de sommeil total et le taux de slow wave sleep, diminue la durée de sommeil paradoxal et retarde son apparition
Van Reeth O, et al. Am J Physiol. 1994	17 sujets, propre-cas témoin : 3 heures d'activité physique d'intensité légère (50% VO ₂ max) vs journée sans activité physique	TSH, Cortisol, mélatonine, T° corporelle	2,5 heures d'activité d'intensité légère (50% de la VO ₂ max) produiraient les mêmes effets sur les rythmes circadiens que 3 heures d'expositions à la lumière à haute intensité
Vuori I, et al. Acta Physiol Scand Suppl. 1988	Observationnelle, de cohorte 1600 sujets	Questionnaires	Effet bénéfique d'une activité en début de nuit d'intensité légère à modérée par rapport à une activité plus tardive d'intensité élevée

TSH : Thyroid- Stimulating hormone

T° : Température

VO₂max : Consommation Maximale d'Oxygène

TNF : Tumor Necrosis Factor

IL : Interleukine

De par les contraintes logistiques qu'elles impliquent, les études avec mesures objectives du sommeil par polysomnographie (PSG) sont rares mais mettent en évidence des modifications de la macro et de la microarchitecture du sommeil. Driver *et al.* (9) a mis en évidence dans une méta-analyse qu'une activité physique aigue de type aérobie s'accompagne d'une augmentation du TST de 10,0 minutes et augmente la proportion de sommeil lent profond la nuit suivant l'activité. La latence de sommeil paradoxal est quant à elle retardée de 10,0 minutes et sa durée est réduite (2,0 - 5,0 minutes par nuit). La revue de Youngstedt *et al.* (10) retrouve un impact plus limité de l'activité physique sur le sommeil profond, avec une augmentation de la durée d'uniquement 1,6 minutes. L'allongement de la latence de sommeil paradoxal (11,6 minutes) et sa diminution en durée (6,0 minutes) est confirmée dans ce travail. Aucun effet sur la latence d'endormissement n'est retrouvé. Kubitz *et al.* (11) précisent dans une autre revue de la littérature que la durée d'endormissement est diminuée lors d'une pratique aigue ou chronique et que les différents effets sus-cités étaient très largement dépendants de caractéristiques individuelles (âge, niveau d'activité physique habituel) mais aussi liés à l'activité physique en question. En effet, les études sont souvent réalisées sur une population de patients avec une bonne qualité de sommeil limitant l'extrapolation et la validité externe des résultats. L'une des difficultés à rendre compte des effets de l'activité physique sur le sommeil provient des multiples protocoles d'exercices proposés dans les études (type d'activité et durée) et du délai entre l'activité physique et le coucher. Or les conséquences sur le sommeil dépendent directement de ces paramètres, limitant les capacités à décrire de manière précise l'impact de l'activité physique sur le sommeil.

B) Paramètres de l'exercice influençant le sommeil

1) Paramètres liés à l'exercice (horaire, intensité, durée)

Si l'impact bénéfique de l'activité physique sur les paramètres du sommeil semble établi à certaines conditions, les effets sont modulés par les caractéristiques de l'activité en elle-même et de l'environnement dans laquelle elle est pratiquée (voir **Tableau 2**). Les effets spécifiques des activités d'ultra-endurance seront abordés dans l'introduction de l'article UT4M SLEEP 2018 (*Cf. infra*).

Dès 1988, Vuori *et al.* (12) ont cherché à identifier quels paramètres de l'activité influençaient le sommeil dans un échantillon de 200 personnes. Ces données recueillies par questionnaires révélèrent que les effets positifs, à savoir une latence d'endormissement plus brève ainsi qu'un sommeil perçu comme plus réparateur, étaient favorisés par une pratique en fin d'après-midi par rapport à une pratique tard en soirée. Une intensité légère ou modérée était également préférable à une intensité élevée (12). Les travaux de Youngsted (13) basés sur des enregistrements par PSG montrent qu'une activité physique réalisée 4 heures avant le coucher n'augmenterait que légèrement la durée d'endormissement et aurait le même effet d'allongement du temps de sommeil total et de stabilisation du sommeil (diminution de la durée des réveils nocturnes). L'activité physique reste conseillée même si cette dernière ne peut être réalisée qu'en fin de journée. L'horaire de pratique a cependant d'autres conséquences notamment si celle-ci est réalisée le matin en extérieur car s'y ajoute l'effet de la lumière à haute intensité qui participe au renforcement du rythme circadien et améliore le sommeil.

Tableau 2 : Paramètres de l'exercices influençant le sommeil

Article	Protocole expérimental	Évaluation du sommeil	Principaux résultats
Hauswirth C, et al. Medicine and science in sports and exercise. 2014	27 triathlètes, 2 bras : entraînement normal vs surentraînement. Étude de 6 semaine composée d'une semaine d'entraînement modéré, 3 semaines de surentraînement et 2 semaines de récupération	Actimétrie	Diminution de la durée totale de sommeil (-7.9% ± 6.7%) et des indices de qualité du sommeil durant la période intensive avec une amélioration progressive des paramètres lors de la phase de récupération
Lahart I, et al. J Sports Sci Med. 2013	4 cyclistes réalisant la Race Cross America soit 4850km en 6 jours et 11 heures d'effort	Actimétrie	Plus grande quantité et meilleure qualité de sommeil avec une stratégie de sommeil de 6 heures par rapport à une stratégie de 2 fois 3 heures. Qualité de sommeil diminuée au fur et à mesure de la course.
Hulton T, et al. Int J Sports Med. 2010	4 cyclistes réalisant la Race Cross America soit 4850km en 6 jours et 11 heures d'effort	Actimétrie	Quantité totale de sommeil très largement diminuée lors d'une épreuve de plusieurs jours avec de grosses variations interindividuelles et une quantité de sommeil qui diminue au fur et à mesure que la course avance
Fietze I, et al. Chronobiology international. 2009	24 danseurs de ballets en entraînement intensif durant 67 jours	Actimétrie, journal de sommeil, Score d'Epworth, Score de Pittsburgh	Réduction du temps de sommeil total de 418+/-43 min à 391+/-42 min et du temps passé au lit. Augmentation de la durée d'éveil nocturne. Pas de changement du temps d'endormissement. Pas d'association retrouvée avec le journal de sommeil et les scores de sommeil.
Youngstedt SD. Clin Sports Med. 2005	Pratique exercice physique modéré 4 heures avant le coucher vs nuit contrôle -> évaluation de l'heure de pratique	Polysomnographie	Augmentation du temps total de sommeil, diminue la durée des éveils nocturnes, augmente seulement légèrement la latence d'endormissement par rapport au groupe contrôle
Jurimae J, et al. Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia. 2004	21 rameurs professionnels : stage de 6 jours intensif (augmentation de 100% de la charge)	Recovery Stress Questionnaire for Athletes	Diminution de la qualité du sommeil subjective, augmentation de la sensation de fatigue
Taylor SR, et al. Medicine and science in sports and exercise. 1997	Nageuses de compétition, propre cas-témoin : début de saison vs phase d'entraînement intensive vs phase de réduction d'entraînement pré-compétition	Polysomnographie	Pas de différences dans les paramètres du sommeil dans les 3 phases d'entraînement sauf mouvement plus fréquent lorsque entraînement intensif
Driver HS, et al. Med Sci Sports Exerc. 1994	8 triathlètes entraînés 23-42 ans, propre cas-témoin : nuit contrôle vs 15km vs 42,2km vs ultra-triathlon -> variation l'intensité	Polysomnographie	Pas de modification de l'architecture du sommeil sur le 15km et le 42km vs nuit contrôle, différence lors du triathlon avec augmentation du temps passé éveillé, diminution du sommeil paradoxal et durée d'apparition du sommeil paradoxal doublée, pas de modification des ondes lentes sur les 4 groupes Conclusion : sommeil paradoxal = bon indicateur de l'état de stress dans lequel le corps se trouve
Montgomery I, et al. J Sports Med Phys Fitness. 1985	Marathon couru le matin vs marathon couru la journée -> effet de l'heure de pratique	Polysomnographie	Modification de l'architecture du sommeil lorsque marathon couru dans l'après-midi (augmentation sommeil profond, retard d'apparition du sommeil paradoxal), pas de modification lorsque marathon couru le matin
Torsvall L, et al. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1984	6 sujets, propre cas-témoin : nuit contrôle vs 15-20km vs 30-43km vs nuit de récupération post 30-43km -> effet de la durée de l'exercice	Polysomnographie	- 30-43 km : diminution et retard d'apparition du sommeil paradoxal et augmentation du sommeil lent léger. Toutes les données sont revenues à l'équilibre lors de la seconde nuit - 15-20km : pas d'effet sur les paramètres du sommeil Conclusion : l'exercice affecte principalement le sommeil paradoxal

VO2 max : Consommation Maximale d'Oxygène

Concernant l'activité physique en elle-même, celle-ci peut être caractérisée par deux paramètres importants : sa durée et son intensité. Dans sa revue de la littérature Youngsted (13) évoque une durée minimale d'une heure d'activité physique à basse intensité pour retrouver un allongement du TST significatif (11,0 minutes). Au-delà de 2 heures, cet allongement se porte à 15,0 minutes. Les études investiguant l'intensité de l'exercice semblent converger sur l'effet potentiellement néfaste des hautes intensités et de la charge d'entraînement sur le sommeil. Il a d'abord été montré par questionnaires (RESTQ-Sport : The Recovery-Stress-Questionnaire for Athletes) qu'une augmentation de la charge d'entraînement de 100% durant 6 jours chez 21 rameurs australiens était associée à une baisse de l'indice de qualité du sommeil (14). Ces données se confirment lorsque l'actimétrie est prise comme méthode d'évaluation : une étude allemande s'intéressant aux danseuses de ballet a analysé par actimétrie au poignet 24 danseuses durant 67 jours de répétitions intensives avant la première d'un nouveau spectacle (60 minutes d'échauffement suivi de 90 minutes d'exercices de ballet et 6h30 de répétitions). Le temps de sommeil total était significativement ($p < 0,001$) diminué de $418,0 \pm 43,0$ min à $391,0 \pm 42,0$ min. La durée d'éveils nocturne était aussi augmentée avec une efficacité du sommeil diminuée de $81 \pm 4\%$ à $79 \pm 5\%$ (15). Une étude contrôlée réalisée sur une population de triathlètes, randomisée en deux groupes, l'un avec un programme d'entraînement très intensif l'autre avec un programme classique, mettait également en évidence une diminution du TST ($-7,9\% \pm 6,7\%$), du SE ($-1,6\% \pm 0,7\%$) et du temps passé au lit ($-7,6\% \pm 6,6\%$) dans le groupe d'entraînement intensif. L'étude s'est également attachée à suivre l'évolution des paramètres durant deux semaines de récupération mettant en évidence une normalisation de ces paramètres à 2 semaines (16).

2) Conditions environnementales

Les conditions environnementales dans lesquelles sont pratiquées l'activité physique peuvent aussi avoir une influence sur le sommeil. En effet, pour un même effort (course de 40 minutes), une augmentation de la proportion du sommeil lent profond (N3) et une diminution de la proportion du sommeil paradoxal (REM Sleep) était mise en évidence si cet effort était réalisé en conditions chaudes (augmentation de la température centrale de 2,3°C). En revanche, en condition froide (entraînant une augmentation de la température centrale de seulement 1,0°C), aucune modification n'était observée par rapport au groupe témoin (17).

C) Impact du sommeil sur la performance sportive

Les différents stades de sommeil ont des propriétés physiologiques propres. En ce qui concerne l'activité physique, le sommeil lent a pour caractéristique la sécrétion concomitante d'hormone de croissance utile à la réparation tissulaire (18). Une bonne hygiène de sommeil en qualité et quantité permet aussi une bonne régulation du système nerveux autonome puisqu'il a été montré qu'une courte durée de sommeil (< 6 heures par nuit) était associée à une hausse du tonus sympathique et à une baisse du tonus parasympathique (19).

L'impact du sommeil sur les performances sportives, que ces dernières soit d'ordre aérobie ou anaérobie a été mis en évidence dans de nombreux travaux. Martin (20) a montré qu'une privation de sommeil de 36 heures réduisait la durée d'exercice (intensité : 80% de VO_2) jusqu'à épuisement de 11% ($p=0,05$). A l'inverse, l'effet d'une privation de

sommeil sur des exercices en force ne semble pas avoir d'effet significatif. Blumert *et al.* (21) a montré que les performances d'haltérophiles lors de l'arraché ou lors de squats n'étaient pas significativement altéré après une nuit blanche. De même, l'effet d'une privation de 60 heures n'a pas montré d'effet sur la force musculaire maximale en isométrique et en isocinétisme chez des hommes sans comorbidité (22). Mah *et al.* (23) se sont intéressés à l'effet que pouvait avoir une extension de sommeil de 2 heures par nuit durant 7 semaines sur les performances de précision et de sprint d'une équipe de basket : l'adresse au shoot à 3 points était améliorée de 9,2%, ($p < 0,001$) et le temps au sprint amélioré ($16,2 \pm 0,61$ s contre $15,5 \pm 0,54$ s, $p < 0,001$).

Point synthèse :

- 1) Le sommeil est sous la dépendance d'une double régulation circadienne et homéostatique pouvant être modulée par des facteurs environnementaux ou comportementaux
- 2) L'impact de l'activité physique sur le sommeil est sous la dépendance des nombreux paramètres de l'exercice, de l'environnement dans lequel il est pratiqué et des interactions avec les caractéristiques individuelles des sujets
- 3) Une activité physique d'endurance à intensité modérée semble être associée à une meilleure qualité de sommeil
- 4) Une activité physique régulière à intensité élevée semble être délétère à une bonne qualité de sommeil

Si l'exercice aigu intense semble néfaste à une bonne qualité de sommeil, l'étude de l'impact d'une activité sportive soutenue et répétée sur le sommeil est encore à ce jour peu décrite. La course de trail à étapes de l'UT4M (Ultra Tour des 4 Massifs) se déroulant au départ de Grenoble sur 4 jours successifs (4 x 40 km) offre la possibilité unique d'étudier ces répercussions. De plus, l'évolution de la durée et de la qualité du sommeil post-course (en récupération) est à ce jour peu étudiée. L'hypothèse de travail principale était que cette épreuve par étapes serait associée à une détérioration progressive de la durée et de la qualité de sommeil, et à leur normalisation dans les jours de récupération suivant l'épreuve. La progression des connaissances dans ce domaine pourrait permettre de mieux informer les coureurs et les responsables sportifs ou médicaux quant aux contraintes spécifiques relatives à ce genre de pratique sportive, dans une perspective de pratique en santé.

II. UT4M SLEEP 2018 : Sommeil et Trail, étude de l'impact d'une course à étapes sur le sommeil

A) Introduction

Selon l'International Trail Running Association, le trail (sentier en anglais) est « une compétition pédestre, dans un environnement naturel, avec le minimum possible de routes cimentées ou goudronnées (20% maximum) ». Il s'agit d'une discipline en plein essor mondialement, et plus particulièrement en France. Cela se traduit par une augmentation du nombre de pratiquants et une multiplication des courses aux formats variés en termes de kilométrage et de dénivellation. Certaines de ces courses sont organisées par étapes, représentant des contraintes physiologiques spécifiques, du fait de la répétition quotidienne d'efforts intenses (24), en particulier en termes de fatigue et de récupération (25). Le sommeil, élément majeur de la récupération et de la performance est à ce jour peu étudié dans ce contexte.

Le sommeil est un des piliers de la performance pour les courses d'ultra-endurance (26). Une privation de sommeil aiguë, la nuit précédant un effort est associée à une baisse des performances physiques (20), une augmentation de la perception de l'effort (27) et à des effets néfastes sur la vigilance et l'attention des coureurs (28, 29). En chronique, la privation de sommeil apparaît comme un facteur important d'apparition d'un syndrome de surentraînement (6).

Sommeil et performance sportive entretiennent une relation duelle. Ainsi, l'activité physique a des conséquences directes sur le sommeil (11). Cet effet est également renforcé en cas d'activité physique régulière. Depuis, plusieurs méta-analyses corroborent ces résultats (12, 13) et ont identifié différents facteurs dans l'activité

physique réalisée pouvant avoir une incidence sur la structure du sommeil : une activité aérobie à intensité modérée semble promouvoir une meilleure qualité de sommeil, tandis qu'une activité longue et intense pratiquée tard dans la journée est associée à une dégradation de la qualité de sommeil.

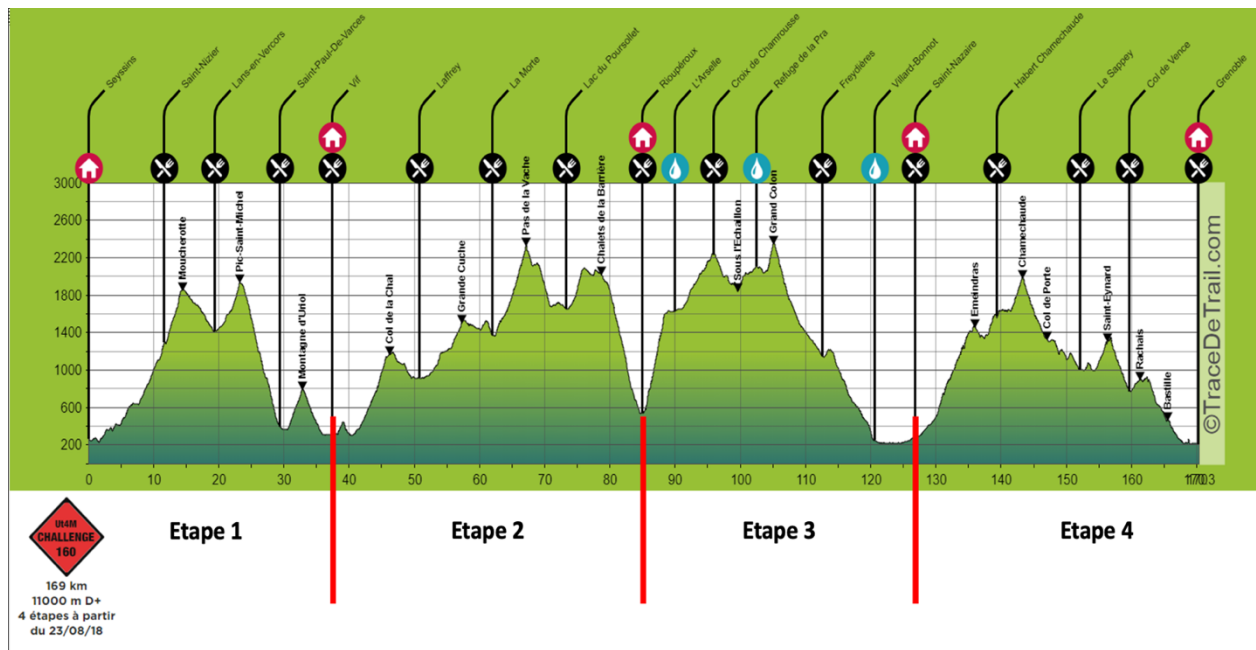
L'intensité et la durée de la pratique sportive semble jouer un rôle majeur dans les effets observés sur la qualité du sommeil. En étudiant les modifications électro-encéphalographiques du sommeil de 8 coureurs entraînés après 3 formats de courses différents (15 km soit une moyenne 1h 05 min d'effort, 42,2 km soit une moyenne de 3h 29 min d'effort et une course d'ultra-triathlon composée de 21 km de canoë, 96 km de vélo et 42 km de course soit une moyenne de 10h 36 min d'effort), Driver *et al.* (30) ont mis en évidence une perturbation du sommeil uniquement après la course d'ultra-triathlon : il existait une augmentation significative des temps d'éveils et une diminution et un retard d'apparition du sommeil paradoxal. Le sommeil profond n'était par contre pas impacté. Concernant les effets spécifiques d'une course à étapes, une étude conduite aux USA lors de la Race across America, épreuve cycliste de 4850km d'environ 6 jours, met en évidence une détérioration progressive du sommeil au cours de l'épreuve, notamment une diminution de la durée totale de sommeil et une augmentation de la latence d'endormissement, de la durée totale d'éveil intra-sommeil (WASO : Wakefulness After Sleep Onset) et des mouvements durant la nuit (31). Plusieurs facteurs tels que l'inflammation systémique, le stress oxydatif induit par ces efforts long (32, 33) ainsi que les modifications de la balance du système nerveux autonome (34) semblent impliqués dans la physiopathogénie de ces troubles. Ainsi durée d'effort élevée et répétition des efforts apparaissent comme deux facteurs potentiellement délétères pour le sommeil.

Si le sommeil apparaît comme un des facteurs négligés de la performance dans ces courses à étapes, notre connaissance des perturbations induites par ces épreuves reste limitée. Peu d'études se sont intéressées aux modifications du sommeil associées à une épreuve de trail longue distance par étapes telles que l'UT4M (Ultra Tour des 4 Massifs) se déroulant au départ de Grenoble : 4 jours, 4 x 40 km. L'objectif principal du présent travail est d'évaluer l'impact d'une épreuve de trail par étapes sur l'évolution des paramètres objectifs du sommeil en compétition et en récupération dans les jours qui suivent la course. Notre hypothèse est que ce type d'épreuve est associé à une détérioration progressive de la durée et de la qualité de sommeil, et à leur normalisation dans les jours suivant l'épreuve. Des critères de stress subjectifs induits par l'épreuve potentiellement à l'origine de ces perturbations (intensité d'effort, douleurs musculaires) seront également investigués.

B) Matériel et Méthodes

1) Protocole expérimental

Étude observationnelle prospective, monocentrique, conduite du 21 au 28 Août 2018 dans le cadre de l'événement UT4M (<https://ut4m.fr>). La présente étude s'est focalisée sur l'UT4M Challenge 160 (<https://ut4m.fr/fr/courses/les-13-courses/ut4m-160-challenge>), totalisant 169 km et présentant 11510 mètres de dénivelé positif couru en 4 étapes de 40km sur 4 jours consécutifs, du 23 au 26 Août 2018. Le détail des étapes est présenté dans la **figure 2**, de même que leurs difficultés calculées par le kilomètre-effort (somme de la distance et du dénivelé positif en utilisant le barème suivant : 1 kilomètre = 1 point ; 100m de dénivelé positif = 1 point d'après l'ITRA <https://itra.run/content/measuring-tools>).



	Étape 1	Étape 2	Étape 3	Étape 4	Total
Kilomètre (km)	39	46,9	41,1	42	169
Dénivelé (m)	2770	3510	2690	2540	11510
Vitesse moyenne (km/h)	5,9 ± 0,3	5,2 ± 0,3	5,2 ± 0,3	5,8 ± 0,3	5,3 ± 0,3
KE (points)	66,7	82,0	68,0	67,4	284,1

KE = kilomètre-effort, 1km = 1 point ; 100m de dénivelé positif = 1 point

Figure 2 : Profil et détail des étapes UT4M Challenge 160 2018

L'étude du sommeil s'est déroulée en 3 phases : (i) Pré-course : 1 nuit d'enregistrement (V1, contrôle) ; (ii) Course : 5 nuits d'enregistrements, dont quatre nuits post-épreuve (V2 à V6) ; (iii) Récupération : 2 nuits d'enregistrements consécutives (V7 et V8). Le schéma expérimental est présenté en **figure 3**.

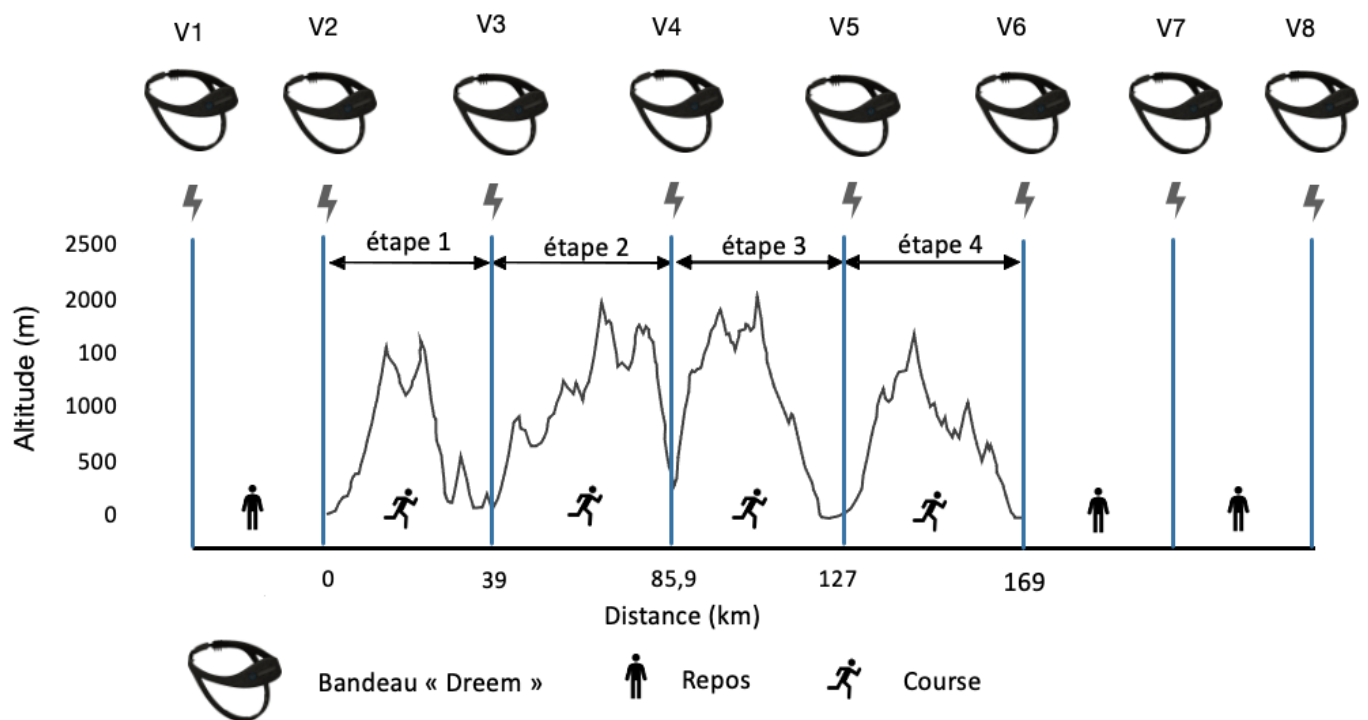


Figure 3 : Schéma expérimental

L'étude UT4M 2018 a reçu un avis favorable du Comité de Protection des Personnes (CPP) du Sud-ouest et Outre-mer II le 06 Juillet 2018 ainsi que de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL). Elle a été conduite en accord avec la déclaration d'Helsinki (modifiée à Fortaleza en 2013 Cf. version intégrale <http://www.wma.net>) et en respectant les recommandations de Bonnes Pratiques Cliniques (BPC, ICHE6). Chaque participant a reçu une information et leur consentement éclairé a été signé avant participation à l'étude.

2) Population d'étude

Les critères d'inclusions étaient :

- Homme ou femme
- Age : 18-55 ans
- Inscrit à l'UT4M Challenge
- Absence de maladie chronique : cardiovasculaire, respiratoire, métabolique ou neuromusculaire
- Plus de 3 ans de pratique du trail (au moins 1 course >40 km/an terminée)
- Certificat médical de non contre-indication à la pratique du trail
- Sujets disponibles à Grenoble avant et dans les 15 jours après la course
- Sujets assujettis à un régime de sécurité social
- Sujets aptes à signer le consentement éclairé

Les critères de non-inclusion étaient :

- Pathologies cardiorespiratoires, métaboliques et neurologiques
- Traitements médicamenteux susceptibles d'interagir avec les mesures de l'étude
- Sujets présentant des troubles du sommeil chroniques
- Sujets non échogènes
- Personnes refusant de signer la fiche d'information et l'accord de participation
- Pathologies psychiatriques ou antécédent de troubles du comportement
- Personnes sous tutelle ou non assujetties à un régime de sécurité sociale
- Femme enceinte, parturiente, mère allaitante
- Personne privée de liberté par décision judiciaire ou administrative

- Personne faisant l'objet d'une mesure de protection légale, ne pouvant pas être incluse dans les essais cliniques

3) Modalités de recrutement

Notre équipe collabore avec l'équipe organisatrice de l'UT4M afin de mettre en place cet appel à volontaires. Ce dernier a ensuite été relayé sur le site internet de l'évènement et via les réseaux sociaux et un mail descriptif de l'étude a été envoyé à chaque participant de l'UT4M Challenge.

4) Analyse du sommeil et évaluations analogiques

Les enregistrements du sommeil ont été réalisés à l'aide d'un système portable d'électro-encéphalogramme (EEG) à électrodes sèches (Dreem Headband Rythm, Paris, France). Ce dispositif a démontré sa capacité à déterminer de manière automatisée les stades de sommeil avec une sensibilité et une spécificité comparables à la polysomnographie (35). Les enregistrements du sommeil ont tous été visuellement contrôlés concernant la qualité du signal.

Les paramètres collectés et analysés sont : le temps de sommeil total (min), la proportion des différentes phases du sommeil exprimée en pourcentage du temps de sommeil total et en durée (min) (sommeil lent léger, sommeil lent profond, sommeil paradoxal), l'évolution de l'efficacité du sommeil en pourcentage (TST/PST), la latence d'endormissement en durée (min), le nombre d'éveils intra-sommeil, la durée d'éveil intra-sommeil (min).

Les participants ont évalué à l'arrivée de chaque étape et en récupération, leur état de fatigue générale et l'intensité des sensations douloureuses au niveau des cuisses et des mollets à l'aide d'échelles visuelles analogiques sur 10 points [0 : absence de douleur à 10 : douleur maximale imaginable].

5) Analyse statistique

Les données sont présentées en médianes [Quartile 1 ; Quartile 3]. Les nuits précédant et suivant une étape (V2-V3-V4-V5-V6) ont été comparées à la nuit contrôle V1. Les nuits de récupération V7-V8 ont été comparé à la dernière nuit de course V6.

En raison du faible effectif de la population et de la distribution des données, des tests statistiques non paramétriques ont été utilisés : tests de Kruskal-Wallis pour mesures répétées et en cas de significativité tests de Wilcoxon pour données appariées avec correction de Holm pour comparaisons multiples. Le seuil de significativité a été fixé pour un $p < 0,05$ ou $p \text{ corrigé} < 0,01$ en cas de comparaisons multiples.

C) Résultats

1) Population de l'étude

Sur les 498 participants à l'UT4M Challenge 160, 20 sujets ont été inclus dans l'étude. Quatre participants (20%) ont dû abandonner au cours de l'épreuve (**figure 4**). L'âge moyen des 16 participants était de $38,2 \pm 7,5$ ans et la durée moyenne d'expérience dans le milieu du trail était de $4 \pm 1,4$ années. Leur IMC moyen était de $23,0 \pm 1,9$.

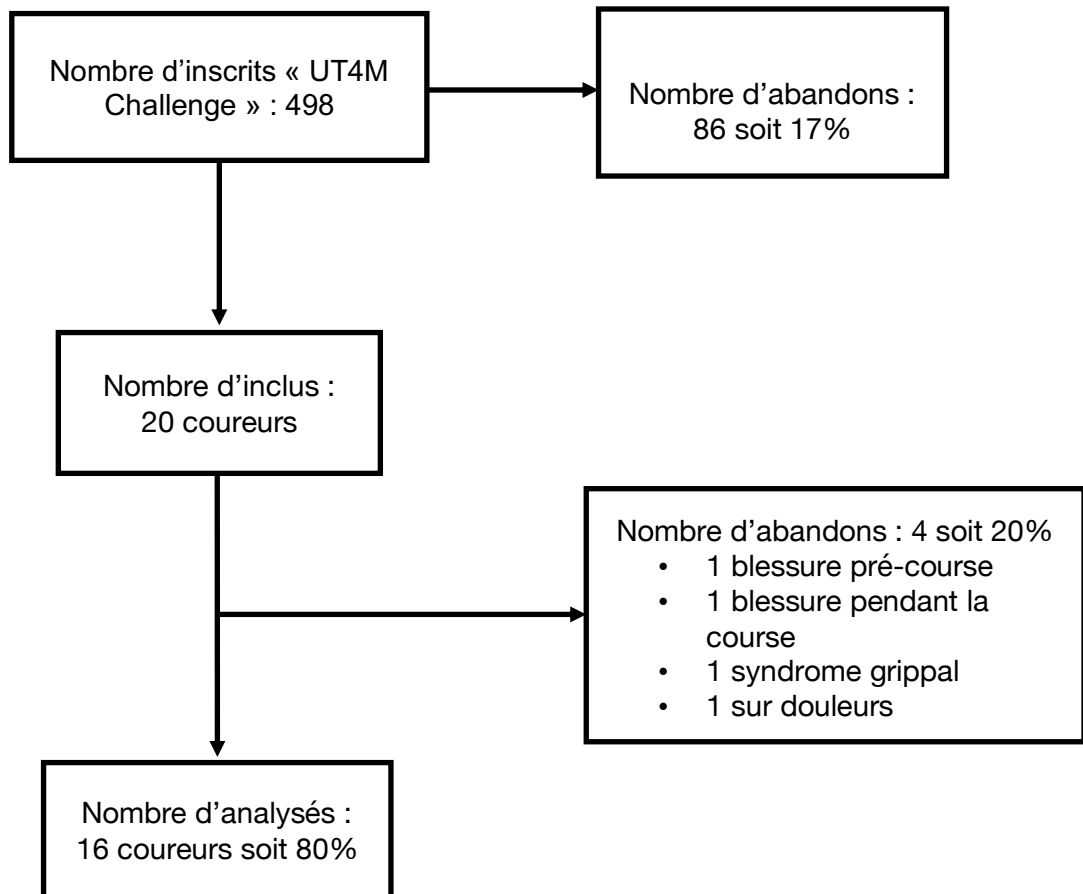


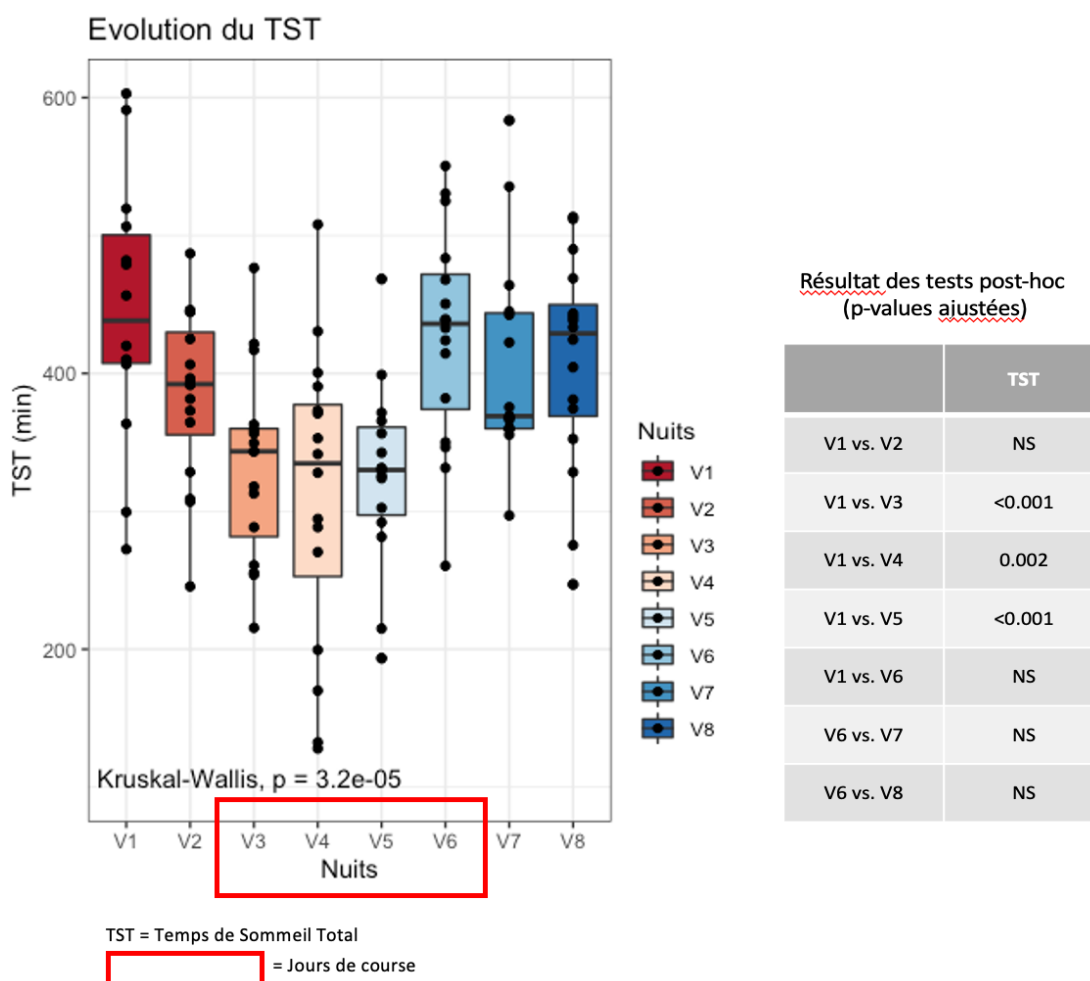
Figure 4 : Flow Chart « UT4M Sommeil »

2) Analyse du sommeil

L'ensemble des données sommeils est présenté en **Annexe 2**.

2.1 Macro-architecture du sommeil

Comparativement au sommeil enregistré en pré-course, une réduction significative du TST est observée dès la première nuit post-course V3 (voir **Figure 5**). La durée totale de sommeil reste ensuite relativement stable tout au long de l'épreuve. Un rebond de TST est présent lors des nuits de récupération pour retrouver des valeurs comparables aux valeurs pré-course.



Des tests non paramétriques de Wilcoxon avec correction de Holm pour comparaisons multiples ont été réalisés en cas de significativité des tests de Kruskal-Wallis.

Figure 5 : Évolution du temps de sommeil total (min) avant, pendant et après l'épreuve

La course imposait aux coureurs un lever plus précoce. Pour autant, les heures de coucher restent elles relativement similaires en pré-course, en course ou en récupération (**Figure 6**).

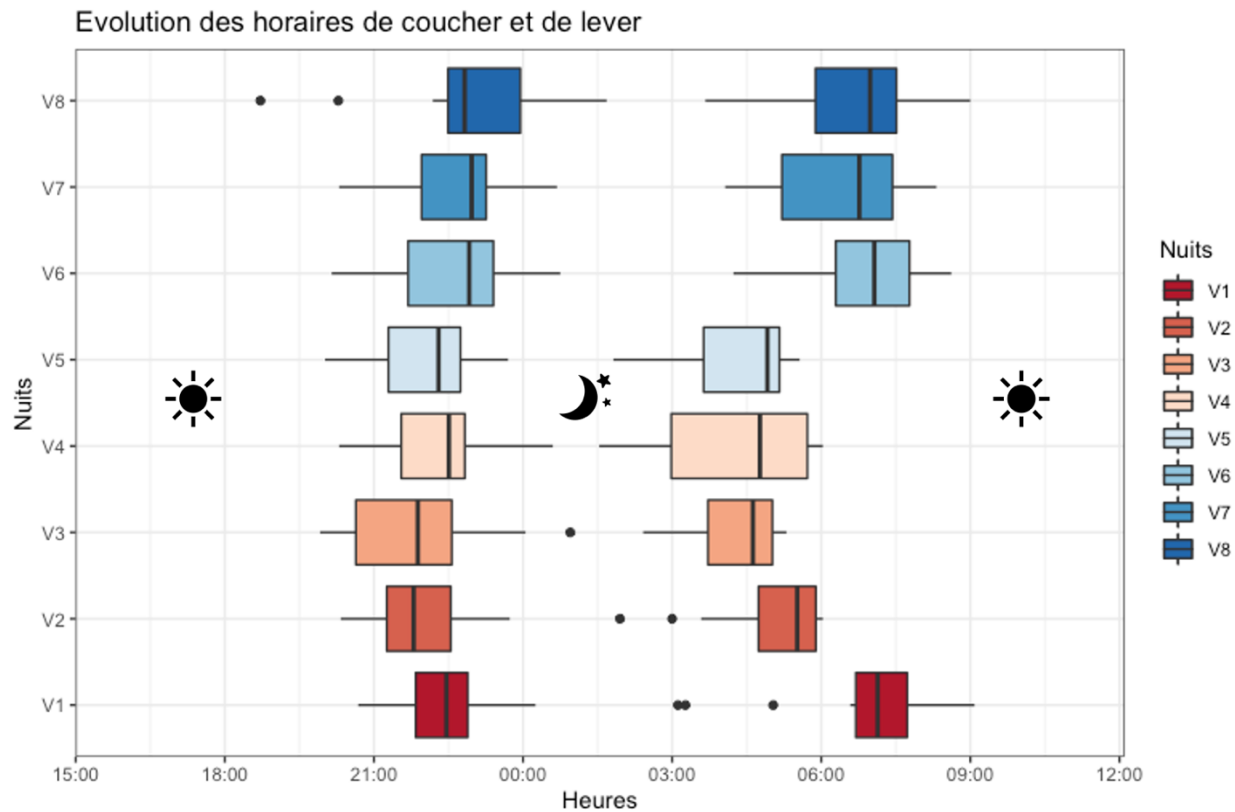
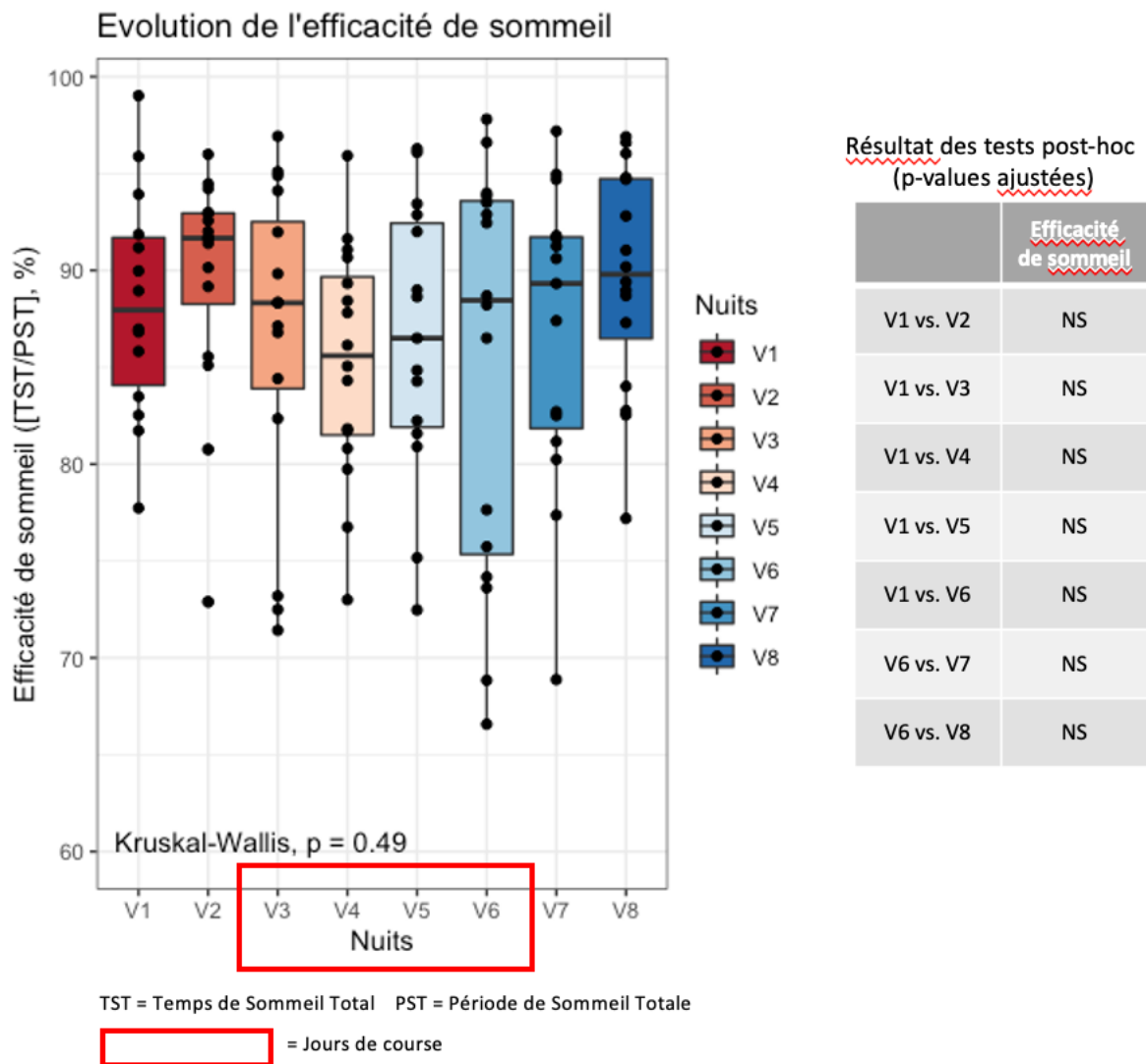


Figure 6 : Évolution des heures de coucher et de levers des participants

Cette diminution de sommeil total n'est pas accompagnée d'une détérioration de l'efficacité du sommeil, stable durant la course comme en récupération (**Figure 7**).



Des tests non paramétriques de Wilcoxon avec correction de Holm pour comparaisons multiples ont été réalisés en cas de significativité des tests de Kruskal-Wallis

Figure 7 : Évolution de l'efficacité de sommeil (%) avant, pendant et après l'épreuve

2.2 Indices de continuité de sommeil

La latence d'endormissement (**Figure 8**) n'est pas significativement modifiée au cours de l'épreuve. Le temps d'éveil-intra sommeil et le nombre de micro-éveils n'augmentent pas de manière significative au cours de la course (**Figure 9**).

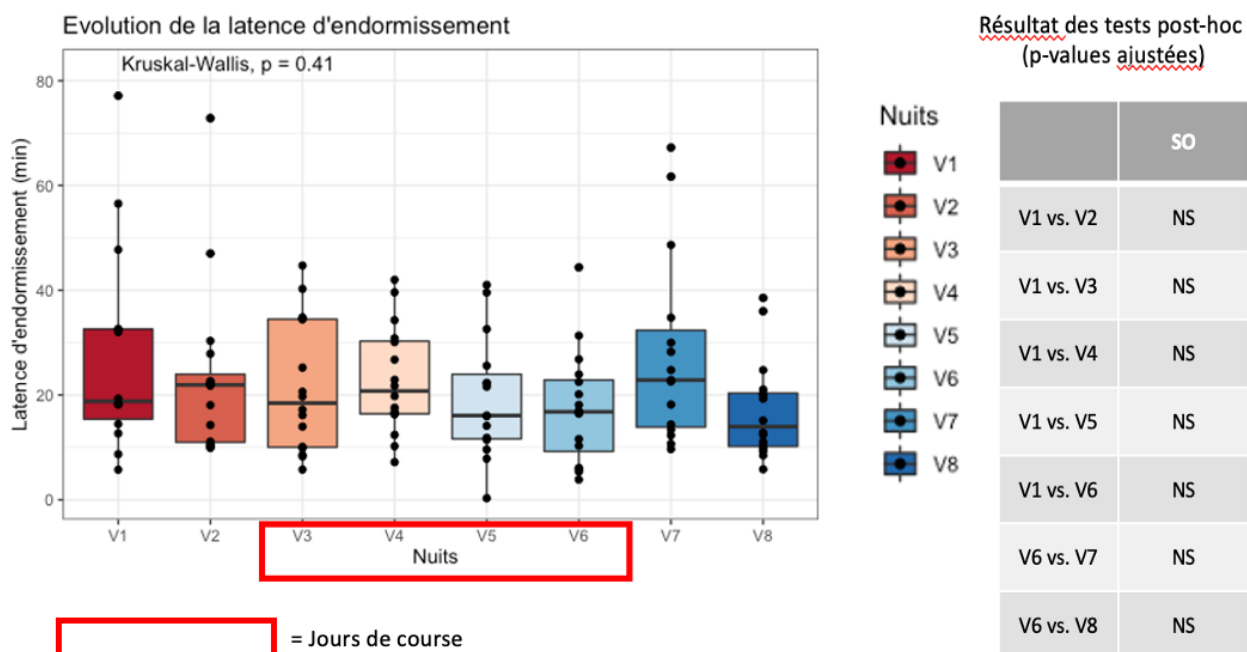


Figure 8 : Évolution de la latence d'endormissement (min) avant, pendant et après l'épreuve

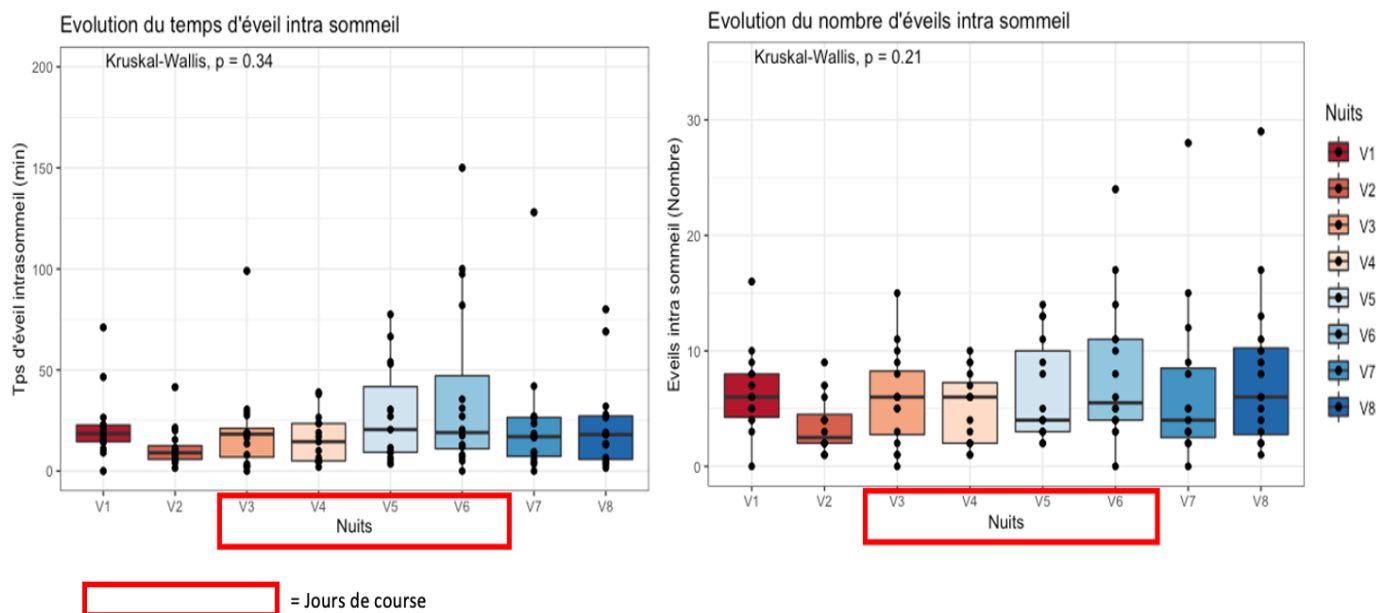
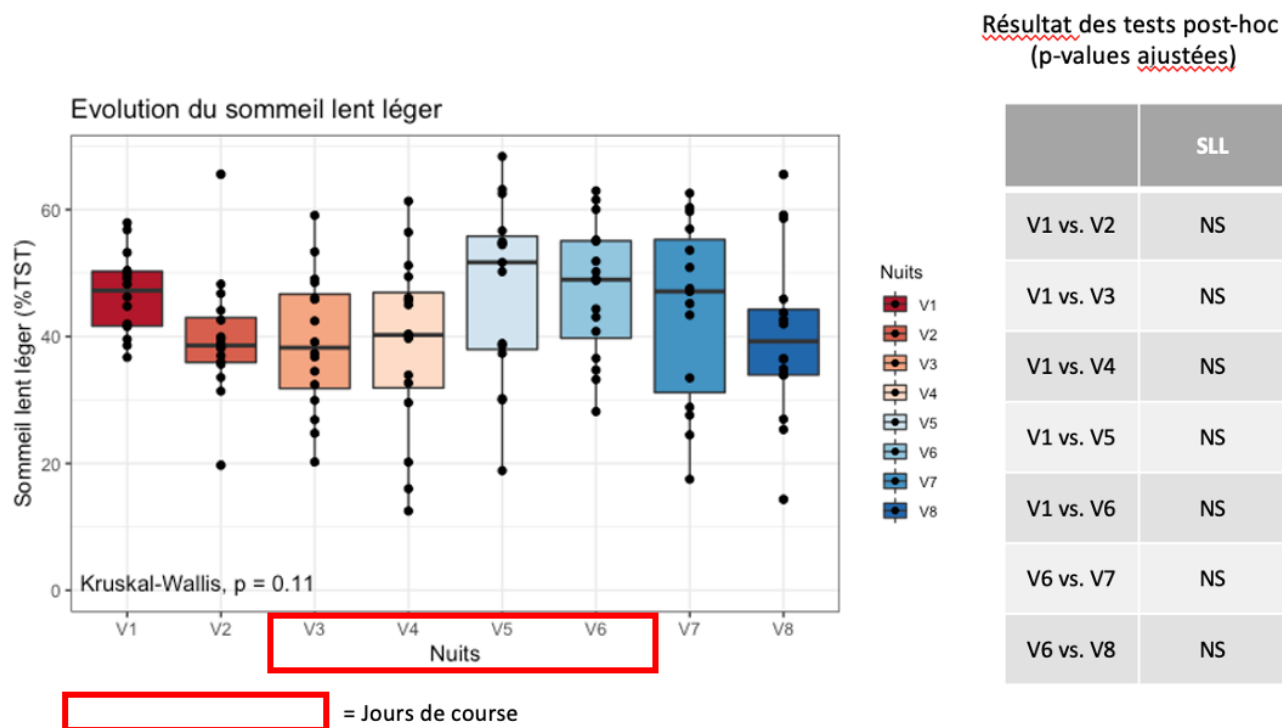


Figure 9 : Évolution du temps d'éveil intra-sommeil (min) et du nombre de micro-réveil avant, pendant et après l'épreuve

2.3 Micro-architecture du sommeil

Nous n'observons pas de modification du sommeil lent léger au cours de la course ou en récupération (Voir **Figure 10**).

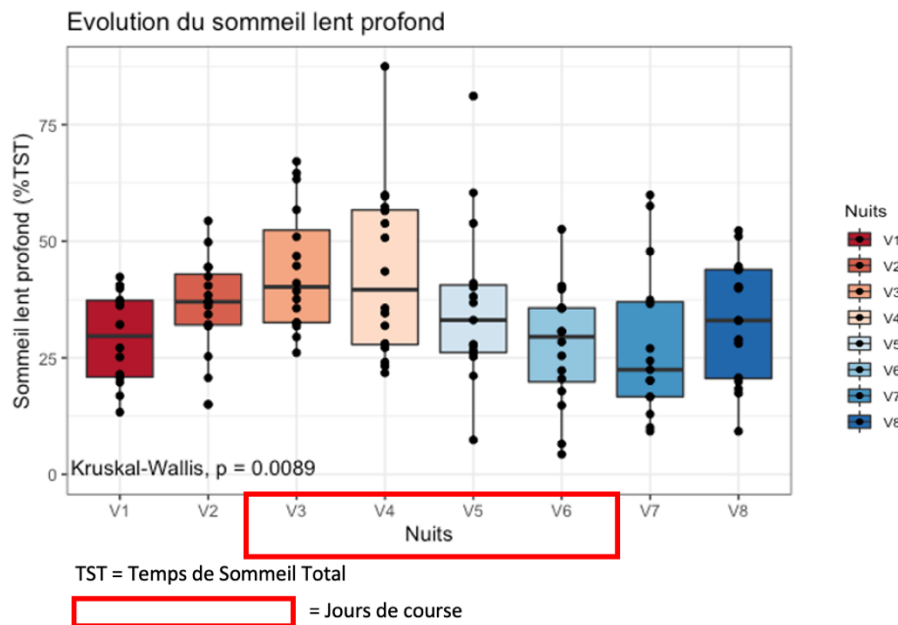


TST = Temps de Sommeil Total

Des tests non paramétriques de Wilcoxon avec correction de Holm pour comparaisons multiples ont été réalisés en cas de significativité des tests de Kruskal-Wallis

Figure 10 : Proportion de sommeil lent léger par rapport au Temps Total de Sommeil (%) avant, pendant et après l'épreuve

Le sommeil lent profond augmente de manière significative lors des 2 premières nuits de course, avec un retour aux valeurs pré-course dès V5 et au cours des nuits suivantes (voir **Figure 11**). La proportion de sommeil paradoxal diminue significativement dans les nuits suivant les étapes pédestres. Un rebond de la quantité de sommeil paradoxal est observé dès la première nuit de récupération (voir **Figure 12**).

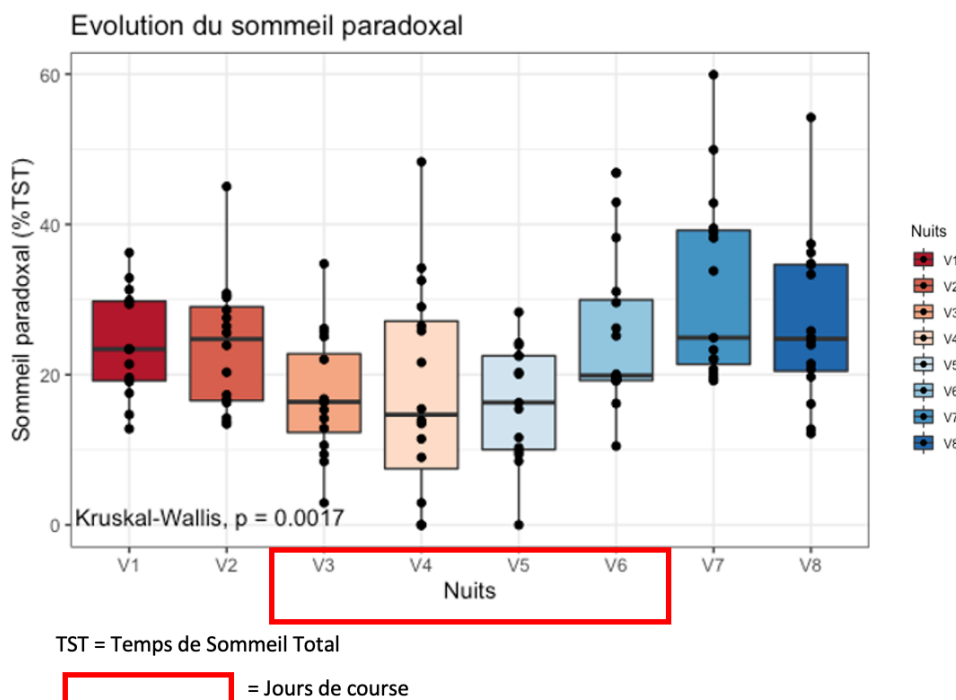


Résultat des tests post-hoc
(p-values ajustées)

	SLP
V1 vs. V2	0.01
V1 vs. V3	<0.01
V1 vs. V4	<0.01
V1 vs. V5	NS
V1 vs. V6	NS
V6 vs. V7	NS
V6 vs. V8	NS

Des tests non paramétriques de Wilcoxon avec correction de Holm pour comparaisons multiples ont été réalisés en cas de significativité des tests de Kruskal-Wallis

Figure 11 : Proportion de sommeil lent profond par rapport au TST (%) avant, pendant et après l'épreuve



Résultat des tests post-hoc
(p-values ajustées)

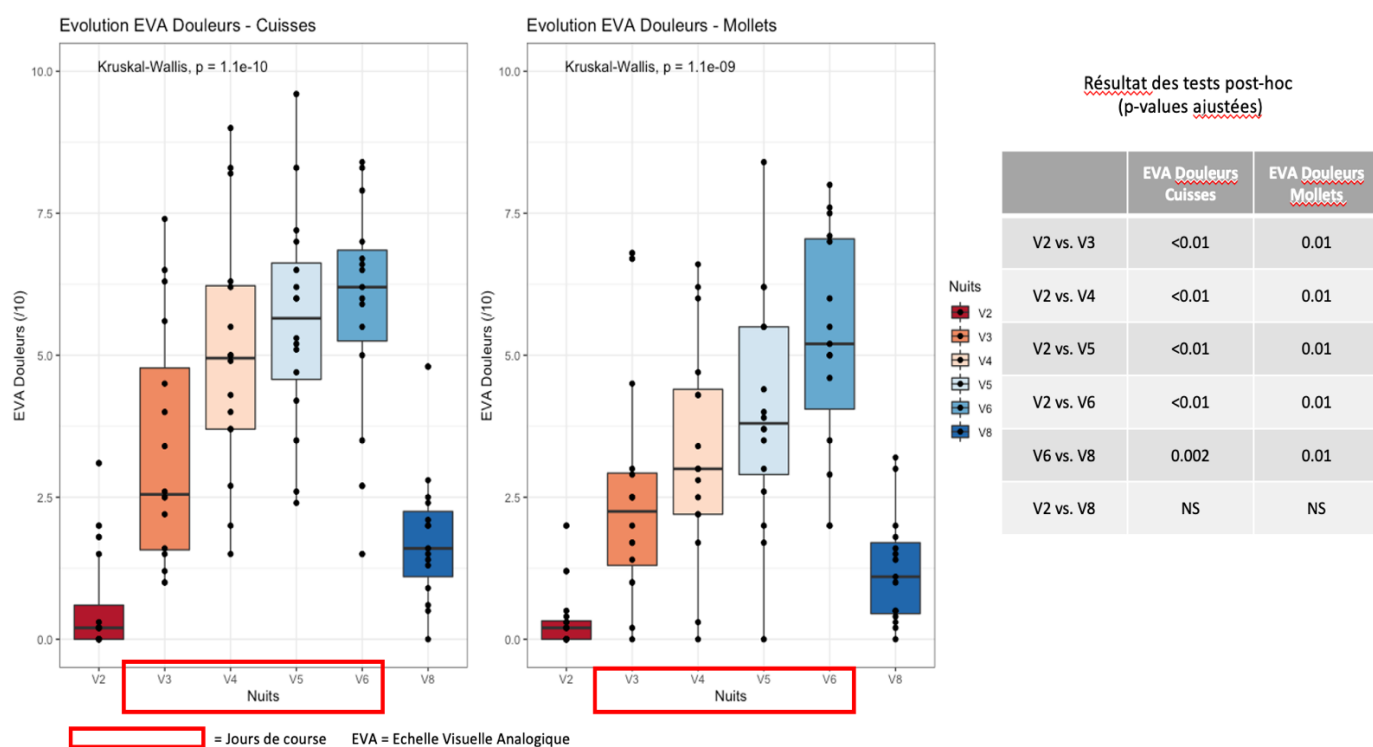
	SP
V1 vs. V2	NS
V1 vs. V3	0.004
V1 vs. V4	0.02
V1 vs. V5	0.02
V1 vs. V6	NS
V6 vs. V7	NS
V6 vs. V8	NS

Des tests non paramétriques de Wilcoxon avec correction de Holm pour comparaisons multiples ont été réalisés en cas de significativité des tests de Kruskal-Wallis

Figure 12 : Proportion de sommeil paradoxal par rapport au TST (%) avant, pendant et après l'épreuve

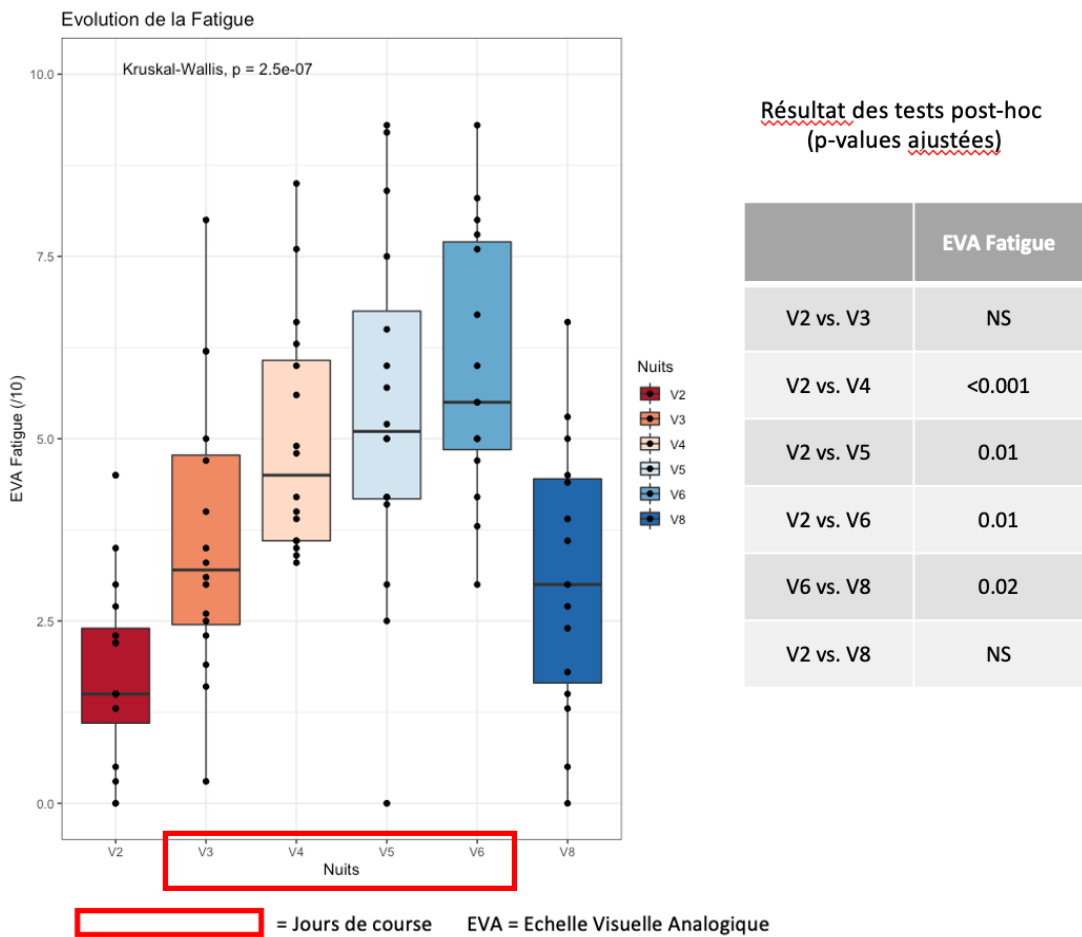
3) Évaluations analogiques

Les différents paramètres collectés à l'arrivée des étapes (fatigue générale, douleurs musculaires de mollets, douleurs musculaires de cuisses) augmentent de manière significative tout au long de l'épreuve comparativement aux valeurs pré-courses et se normalisent 2 jours après la dernière étape (V8) (voir **Figure 13 et 14**).



Des tests non paramétriques de Wilcoxon avec correction de Holm pour comparaisons multiples ont été réalisés en cas de significativité des tests de Kruskal-Wallis

Figure 13 : Évolution EVA Douleurs cuisses et mollets avant, pendant et après l'épreuve



Des tests non paramétriques de Wilcoxon avec correction de Holm pour comparaisons multiples ont été réalisés en cas de significativité des tests de Kruskal-Wallis

Figure 14 : Évolution EVA Fatigue générale avant, pendant et après l'épreuve

D) Discussion

L'étude UT4M Sleep est originale du fait de son format (course à étapes) et de l'enregistrement objectif des paramètres de sommeil après chaque étape de course et un suivi à court terme en récupération. Après un effort soutenu et répété, une réduction significative du temps de sommeil total sans altération de son efficacité est observée. Nos résultats ne mettent pas en évidence d'altération marquée de la microarchitecture du sommeil à l'exception du sommeil lent profond et du REM Sleep. Ces paramètres se normalisent très rapidement en récupération.

Ces résultats sont concordant avec les résultats des études concernant l'ultra-triathlon et la Race Cross America, en particulier concernant la diminution du temps total de sommeil au cours de l'épreuve et la diminution du sommeil paradoxal. Une étude suédoise (36) étudiant des sujets après un 20 km et après un 40 km en course à pied retrouve cette diminution de sommeil paradoxal et son retard d'apparition uniquement chez les participants du 40 km. Par ailleurs, peu de modifications avaient été retrouvées sur le sommeil lent profond ce qui laissait dire aux auteurs que l'exercice d'endurance affectait surtout le sommeil paradoxal. Driver et al. (30) émet l'hypothèse que l'évolution de la proportion de sommeil paradoxal comme marqueur de stress induit par l'exercice, était plus sensible que l'évolution du sommeil lent.

De plus, la diminution du « REM Sleep » peut être mis en lien par le réveil matinal des coureurs. En effet, les dernières heures de sommeil sont connues pour être les plus riches en sommeil paradoxal. Ainsi ce réveil matinal peut être perçu comme un modèle expérimental de restriction de sommeil et en particulier de restriction de sommeil paradoxal. Nous avons aussi noté que malgré le réveil précoce imposé aux coureurs, ces derniers pratiquaient des heures de coucher similaires par rapport aux nuits de pré-

course et de récupération. Cela permet de mettre en lumière le manque de connaissance et de pratique d'une bonne hygiène de sommeil qui aurait impliqué d'ajuster l'heure de coucher en fonction de l'heure prévisionnelle de lever afin de couvrir leurs besoins intrinsèques de sommeil.

Concernant le rebond de sommeil paradoxal observé en phase de récupération, à l'image des processus homéostatiques qui existent pour les Slow Wave Sleep (37), un rattrapage du REM Sleep est en jeu lors des nuits de récupération. Aussi, lors d'une expérience visant à comparer l'effet d'une restriction versus une fragmentation de sommeil (38), il avait été montré que la restriction de sommeil, qui se caractérisait entre autres par une baisse de sommeil paradoxal, affichait un rattrapage du REM Sleep lors des nuits de récupérations. Ainsi, la dette de REM Sleep accumulée durant les jours de course du fait de l'activité physique et du réveil précoce, serait compensée dès la première nuit de récupération post-course.

Ce résultat avait aussi été retrouvé sur un modèle de sommeil polyphasique expérimenté par les navigateurs solitaires à la voile lors de course transocéanique (39). Hurdie a montré grâce à des enregistrements EEG portables que le rythme de sommeil polyphasique était bien établi au 4^{ème} jour de course et que la qualité intrinsèque du sommeil s'est améliorée au fur et à mesure de l'épreuve avec une restauration d'abord du sommeil lent profond puis du sommeil paradoxal. Ce dernier restait cependant moins représenté en course et un rebond de sommeil paradoxal était aussi retrouvé lors de la première nuit de récupération. Faire un parallèle entre la voile et les courses de trail de longues distances permet de poser des perspectives d'applications de ce modèle de sommeil polyphasique avec des siestes contrôlées lors des courses longues distances.

Une autre hypothèse envisagée serait que l'inflammation systémique engendrée par un effort intense et prolongé pourrait participer, d'un point de vue neurobiologique aux modifications de la microarchitecture du sommeil observées. En effet, dans les études expérimentales précliniques, une stimulation de la production d'IL-6, interleukine pro-inflammatoire produite par les monocytes, entraînait une augmentation conséquente du taux de sommeil paradoxal et une diminution ondes lentes du sommeil (40, 41). Le taux de production d'IL-6 en réponse à un exercice est dépendant « de l'intensité mais surtout de la durée de l'exercice » (42). Nous formulons l'hypothèse que la part inflammatoire d'un exercice long et intense pourrait avoir un impact sur la microarchitecture du sommeil. D'autres études sont nécessaires toutefois pour confirmer cette hypothèse.

Les forces de notre étude résident dans le caractère unique du modèle expérimental à savoir une course à étapes avec des efforts répétés, standardisés et reproductibles en durée, kilométrage et dénivelé durant les 4 jours de compétitions. Une autre force de notre étude réside dans l'utilisation d'une technique objective d'enregistrement du sommeil. L'une des limites principales outre le faible nombre de sujets est de ne pas avoir contrôlé si les participants de l'étude avaient pratiqué des siestes au cours de la journée qui auraient des répercussions sur les enregistrements nocturnes. Des mesures biologiques de l'inflammation et une évaluation répétée de l'EVA notamment avant le coucher auraient pu être des données précieuses pour objectiver l'impact de la répétition des efforts et faire un éventuel lien avec les indices de fragmentation du sommeil.

E) Conclusion

Dans le domaine du sport, le sommeil représente un élément majeur de la performance et de la récupération. L'impact d'une activité sportive soutenue et répétée sur la macro- et la microarchitecture du sommeil est encore à ce jour peu étudié. Ces épreuves impactent de manière significative la qualité et la durée de sommeil, avec une part comportementale marquée, cible des actions de prévention à développer. Ainsi, la mise en évidence de ces paramètres est fondamentale pour mettre à disposition des coureurs ainsi que de leurs encadrant sportif et médicaux les informations nécessaires à une pratique raisonnable, performante et saine. Le professionnel de santé a ainsi un rôle de prévention, par une information du pratiquant d'activité physique et sportive sur l'hygiène de sommeil à adopter en compétition comme dans l'entraînement quotidien, dans une perspective globale de pratique en santé.

III. De l'importance d'une bonne hygiène de sommeil

A) Le sommeil du sportif : un facteur de performance et de prévention

L'entraînement efficient du sportif repose sur une périodisation des charges de travail et une planification des plages de récupération. Cette dernière apparaît aujourd'hui comme un élément indispensable dans la réussite sportive. Bien que de plus en plus de techniques soient aujourd'hui disponibles pour les athlètes (cryothérapie, massages, contentions...), le sommeil y joue un rôle central. A court terme, il est essentiel à la récupération, à l'adaptation physiologique du corps lors des périodes d'entraînements intensifs et à la consolidation des apprentissages techniques. Il est aussi indispensable à la performance et à la vigilance. L'altération de la qualité et de la quantité de sommeil serait impliquée à plus long terme, dans la physiopathogénie du syndrome de surentraînement (43).

Dans la dernière partie de ce travail de thèse, une synthèse des recommandations existantes chez le sportif élite et leur transposition au pratiquant d'activité physique seront proposées. Certaines stratégies doivent être connues des athlètes afin d'optimiser au mieux leur sommeil. Néanmoins, de nombreux profils à risque existent, notamment parmi la population de sportifs amateurs, incitant à une prise en charge individualisée pour une meilleure efficacité.

1) Rôle du sommeil chez le sportif

Dans le milieu sportif, les fonctions de restauration physiologique et cognitive du sommeil en font un allié indispensable de la performance. Le rôle du sommeil dans la récupération du sportif sera détaillé dans les paragraphes suivants.

1.1 Métabolisme et énergétique

D'un point de vue énergétique, le sommeil est un moment privilégié pour la restauration des stocks de glycogène. Ce dernier est un glucide complexe présent dans le foie et les muscles. Il permet de libérer rapidement des molécules de glucose dans le sang pour fournir de l'énergie nécessaire à l'effort musculaire. Avoir des stocks de glycogène au maximum de leurs capacités est un enjeu majeur dans de nombreux sports d'endurance où des stratégies diététiques sont même mises en place afin d'optimiser son stockage. Skein *et al.* (44) a montré qu'un déficit de sommeil entraînait un stockage glycogénique moindre par rapport à une nuit contrôlée ($209,0 \pm 60 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ versus $274,0 \pm 54 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) en contrôlant pour les prises alimentaires dans les deux groupes. Les performances se retrouvaient ainsi amoindries à la fois sur des sprints itératifs de 15 mètres (1 sprint par minute pendant 50 minutes) mais également sur un effort d'endurance avec une course de 30 minutes.

1.2 Hormonal

Un autre rôle du sommeil ayant une application directe chez le sportif est le profil de sécrétion endocrinienne favorisé notamment durant le sommeil lent profond, prépondérant en première partie de nuit. Durant cette phase de sommeil, une sécrétion accrue d'hormone de croissance est observée permettant entre autres la réparation de tissus endommagés par l'effort (45). Parallèlement, on note une diminution de sécrétion

du cortisol, hormone stéroïde principalement catabolique. En cas de sommeil perturbé, la réponse endocrinienne se retrouve altérée, favorisant une balance protéique négative (45) (diminution des mécanismes de réparation tissulaire protéiques et augmentation des mécanismes cataboliques). Lorsque la capacité de réparation des dommages musculaires est amoindrie au long cours, le risque de blessure musculaire qu'encourt le sportif pourrait être augmenté.

1.3 Immunitaire

Un autre facteur important concerne la réponse immunitaire. En effet, en période d'entraînement intense ou lors des épreuves au long cours, il a été montré une modification de la réponse immunitaire chez les athlètes. Cette dernière concerne à la fois des composantes de l'immunité innée (cellules NK et neutrophiles) et de l'immunité adaptative (cellules B et cellules T). Cela entraîne une susceptibilité accrue aux infections ORL ou respiratoires. Ce phénomène est bien connu des sportifs d'endurances (46) notamment des cyclistes lors des grands Tours. Or le rôle du sommeil sur la fonction immunitaire est maintenant bien documenté et plusieurs études ont montré qu'une privation chronique de sommeil affectait négativement le système immunitaire (47).

2) Surentraînement : cause ou symptôme ?

Lorsque la charge d'entraînement dépasse les capacités d'adaptation et de récupération de l'athlète de façon chronique, un syndrome de surentraînement peut apparaître (48). Les anglo-saxons distinguent le terme « *d'overreaching* » qui correspond à un état temporaire de déséquilibre entre l'entraînement et la récupération dans l'optique d'induire une adaptation du corps à la charge d'entraînement (*overreaching* fonctionnel), de l'*overtraining* qui correspond à un syndrome de surentraînement installé avec baisse

des performances sportives de façon chronique. Il existe un continuum entre ces deux états dénommé « *overreaching* non fonctionnel ». L'*overtraining* est un processus multifactoriel se caractérisant par une baisse inexplicée des performances physiques malgré le maintien (voir l'augmentation) du niveau d'entraînement. Il touche préférentiellement la jeune femme, les pratiquants d'activités d'endurance et les sujets présentant un apport calorique insuffisant au vu de leurs dépenses énergétiques. Au long d'une carrière, 60% des athlètes élités d'endurance en course à pied connaîtront un épisode d'*overreaching* non fonctionnel contre 33% chez des coureurs à pieds amateurs (49).

Ce syndrome est caractérisé par un ensemble de signes à la fois physiques et psychiques et un sommeil de mauvaise qualité est une des plaintes les plus souvent rapportées (50). La baisse d'efficacité du sommeil est effectivement bien documentée par des études utilisant l'actimétrie comme méthode de mesure. Elle passe de 95% à 82% entre une population de nageurs témoins et surentraînés (51). Une autre étude menée cette fois chez des triathlètes avec un programme de 4 semaines entraînant un *overreaching* non fonctionnel, révèle que les athlètes surentraînés présentaient une baisse du TST de $-7.9\% \pm 6.7\%$, de l'efficacité du sommeil de $-1.6\% \pm 0.7\%$ et du temps passé immobile dans le lit de $-7.6\% \pm 6.6\%$ ($p < 0,05$) (52). D'un point de vue physiopathologique, un sommeil de qualité altéré pourrait être également impliqué dans la survenue d'un syndrome de surentraînement (53). Cette relation potentiellement réciproque rend difficile la lecture de la relation de cause à effet.

D'autres facteurs peuvent influencer négativement le sommeil de l'athlète surentraîné notamment le stress et l'anxiété, symptômes du syndrome de surentraînement. La détection précoce n'est pas aisée vu la non-spécificité des signes cliniques et un examen

clinique le plus souvent normal. Il n'existe pas encore aujourd'hui de consensus sur la démarche diagnostique à effectuer, ni sur les examens paracliniques à pratiquer, y compris concernant le bilan biologique nutritionnel ou hormonal (54). La Société Française de Médecine du Sport propose un questionnaire à 54 items afin d'aider les professionnels de santé à dépister un syndrome de surentraînement (voir Annexe 2). L'enjeu étant d'avoir une détection précoce des sujets dans un état d'*overreaching* non fonctionnel débutant afin d'éviter d'entrer dans une phase d'*overtraining* qui compromettrait la santé de l'athlète, et dans une moindre mesure, sa saison sportive.

Symptôme ou facteur déclenchant, le sommeil semble être un marqueur potentiel de syndrome de surentraînement et peut être aujourd'hui considéré comme un indicateur subjectif de l'état de surentraînement d'un athlète (51). Il constitue également un levier de prise en charge. Ainsi un questionnaire à destination des athlètes a récemment vu le jour : Athlete Sleep Screening Questionnaire (55). Cet outil a vocation d'évaluer l'hygiène de sommeil des sportifs tout en dépistant des troubles du sommeil débutant et les athlètes présentant un profil à risque. La meilleure prévention pour les athlètes reste de suivre un plan d'entraînement programmant des plages de récupération en adéquation avec les séances d'entraînement et laissant la place à une bonne hygiène de sommeil au quotidien.

3) Facteurs influençant les troubles du sommeil chez le sportif

(Tableau 3)

Le sportif ne possède pas toujours un sommeil optimal du fait des contraintes spécifiques liées aux phases de préparation ou aux phases de compétitions. En période d'entraînement intensif, nous avons vu que le sommeil pouvait se retrouver

significativement altéré. En compétition, d'autres facteurs peuvent se combiner tel que le programme des compétitions (séries qualificatives tôt le matin ou matchs programmés en soirée), décalage horaire avec le pays d'origine, exposition à une nouvelle altitude ou une nouvelle température ambiante, une chambre à coucher non familière, le stress pré-compétition... Autant d'éléments pouvant désorganiser un sommeil pourtant crucial pour le sportif. Cela se traduit chez les athlètes par des nuits en compétition souvent courtes (<7 heures de sommeil) et composées d'un sommeil fragmenté (56) engendrant une sensation de sommeil non réparateur et de somnolence diurne (57).

Certains facteurs endogènes sont important à rappeler. Tout d'abord, le sexe féminin a été retrouvé comme facteur de risque dans l'occurrence de troubles du sommeil dans une étude s'intéressant à une population d'athlète français (58). Un autre élément important pouvant avoir un impact sur l'hygiène de sommeil de l'athlète vient de son chronotype, fortement influencé par la génétique. Brièvement, le chronotype matinal a tendance à se lever et se coucher tôt, et à présenter des performances optimales physiques et psychiques dès les premières heures du jour. A l'inverse le chronotype du soir a tendance à se lever plus tard, expérimente un réveil difficile et voit ses performances augmenter au fur et à mesure de la journée. Enfin, la majeure partie de la population (60%) se retrouve entre ces deux situations extrêmes et est défini par un chronotype intermédiaire. Horne et Ortsberg ont conçu un questionnaire de typologie circadienne (voir Annexe 3) afin d'évaluer son chronotype. Plusieurs études ont montré que les sportifs de haut niveau pratiquent des disciplines où les horaires habituels d'entraînements coïncident avec leur chronotype de base (59). Ainsi, dans les disciplines nécessitant des horaires d'entraînements matinaux, le chronotype matinal est très largement majoritaire (72%) (60). Une autre étude a mis en évidence que les chronotypes du soir avaient paradoxalement besoin de plus de sommeil que les chronotypes du matin

(61). Ils ont également tendance à varier de façon importante leurs horaires de lever notamment le week-end par rapport à la semaine.

A cela se combine des facteurs exogènes. Concernant les horaires de compétitions, il a été montré que les nuits suivant des matchs programmés en nocturne pour des raisons souvent économiques étaient associées avec une heure de coucher retardée et une durée de sommeil totale diminuée comparée à des matchs joués en journée (62, 63). Parfois c'est l'heure de lever qui se trouve très avancée soit par des nécessités techniques (skieurs alpins devant reconnaître la piste avant la course déjà programmée le matin pour bénéficier « d'une neige dure ») soit par des habitudes culturelles (sessions d'entraînement de natation souvent programmées très tôt dans la journée). Concernant le stress pré-compétition, il est intéressant de noter que les athlètes de sports individuels sont plus susceptibles de souffrir de difficultés d'endormissement que les athlètes de sports collectifs (64, 65). Ainsi, l'origine des troubles du sommeil de l'athlète semble être multifactorielle, dépendant à la fois de caractères individuels, environnementaux et culturels selon les sports pratiqués.

Individuels	Entraînements	Compétitions
Sport individuel	Période d'entraînement intensive	Décalage horaire important
Sexe féminin	Horaires des entraînements	Horaires des compétitions
Problèmes psychiatriques	Stage d'altitudes	Stress pré-compétition
Chronotype du soir	Syndrome de surentraînement	Sollicitations médiatiques

Tableau 3 : Facteurs de risques d'apparition de troubles du sommeil chez l'athlète

4) Recommandations chez le sportif élite

De nouvelles recommandations concernant le sommeil du sportif élite sont parues en 2021 dans le *British Journal of Sport Medicine* (66). Axées sur la promotion de l'hygiène de sommeil, ces recommandations mettent en avant les paramètres à la fois associés au sommeil (optimisation de la durée totale de sommeil, environnement nocturne, routines pré-coucher, sieste) mais aussi sur des stratégies d'hygiènes de vie à mettre en place tout au long de la journée. Malgré son importance, la promotion d'une bonne hygiène de sommeil est peu abordée par les staffs techniques en raison du manque de connaissance sur le sujet (67). Diffuser et promouvoir ces recommandations au sein du milieu sportif est un pré-requis essentiel à un changement durable de comportement dans l'objectif d'une pratique en santé.

4.1 Optimiser la durée totale de sommeil (Tableau 4)

Après avoir montré qu'une augmentation du TST sur 3 nuits consécutives par rapport au temps habituel de sommeil (8,4 heures versus 6,8 heures) augmentait les performances d'endurance de cyclistes et triathlètes (68), Roberts *et al.* proposait que les athlètes d'endurance devraient planifier des nuits de minimum 8 heures pour optimiser leurs performances. Cette extension du temps de sommeil doit s'adapter à une programmation parfois matinale des sessions d'entraînements. Pour aller plus loin, il serait aussi intéressant d'intégrer un screening des chronotypes des athlètes afin de connaître leurs heures de coucher et leurs heures de lever habituel afin d'aligner les horaires d'entraînement compatibles avec leur rythme intrinsèque.

Un autre concept aussi développé dans ces recommandations est le « *banking sleep* ». A savoir accumuler du temps de sommeil en prévision d'une période de restriction de sommeil inévitable (voyages aériens, jours de compétitions) (69). S'il n'est pas physiologiquement possible de faire des réserves de sommeil, il est en tous les cas essentiel de ne pas créer de déficit. Ainsi une bonne planification des journées précédant les déplacements et compétitions permettrait une prévention adéquate de la restriction de sommeil induite.

Dans la logique de ce « *banking sleep* » à une échelle plus journalière, il est intéressant d'encourager la pratique de la sieste. Waterhouse *et al.* (70) a montré qu'une sieste de 30 minutes en début d'après-midi diminuait le temps de réaction et la performance sur un sprint de 20 mètres en prenant des sujets en manque de sommeil (nuit de 4 heures). Faire une sieste apparaît ainsi comme un moyen simple et efficace de récupération chez l'athlète, en particulier si ce dernier rencontre des difficultés à compléter ses besoins de sommeil lors de ses nuits. La sieste doit cependant rester de courte durée (inférieure à 30 minutes) afin de pas rentrer dans une phase de sommeil profond et entraîner un état léthargique au réveil (71). La prise d'un café avant le début de la sieste permet d'optimiser l'éveil post-sieste (effet de la caféine agit après un délai d'une vingtaine de minute). Cette pratique dénommée le « *coffee-nap* » par les anglosaxons a démontré son efficacité pour diminuer la somnolence parfois rencontrée en milieu d'après-midi (72). Enfin, elle ne doit pas être réalisée de manière trop tardive car cela retardera l'heure de coucher par une baisse de la pression homéostatique du sommeil.

Nuits	Entraînements	Stratégies
Durée de sommeil quotidien > 8 heures	Pas de programmation de session trop matinale	« <i>Banking Sleep</i> » pré-compétition
Routines pré-coucher et environnement nocturne calme	Adéquation des sessions avec chronotype de l'athlète	Encourager la pratique de la sieste

Tableau 4 : Recommandations concernant la durée totale de sommeil chez le sportif élite

4.2 Optimiser l'hygiène de vie et l'hygiène alimentaire (Tableau 5)

4.2.1 Stratégies nutritionnelles

Une bonne hygiène de sommeil va de pair avec une bonne hygiène alimentaire et une activité physique régulière. Le dénominateur commun de ces trois éléments est leur rôle dans la diminution de l'inflammation de bas grade. En réalisant des mesures biologiques de l'inflammation sur près de 2000 sujets, Loprinzi *et al.* (73) a pu montrer qu'adopter un régime de type méditerranéen associé à une activité physique régulière, combiné à un sommeil suffisant en quantité et en durée et à l'abstention tabagique était l'un des comportements les plus efficaces pour réduire l'inflammation de bas grade délétère notamment du point de vue cardio-vasculaire. Aussi il a été montré que le régime méditerranéen bien connu pour ses vertus anti-inflammatoires et anti-oxydantes était associé à une meilleure qualité de sommeil évalué par le score à la Pittsburg Sleep Quality Index dans une population de plus de 1300 volontaires italiens (PSQI, voir Annexe 1) (74).

Il est reconnu qu'un diner hypercalorique riche en lipide peut perturber le sommeil en allongeant le processus de digestion et favorisant le maintien d'une température corporelle élevée. Les plats riches en protéines augmenteraient eux les réveils nocturnes mais pourraient avoir un effet positif sur le sommeil lent profond. Il existe certains aliments comme les kiwis ou les cerises, pouvant aussi être consommé en jus, riches en anti oxydant et en mélatonine qui favoriseraient une bonne induction du sommeil.

Parmi les interventions nutritionnelles testées pour améliorer le sommeil, un régime riche en tryptophane semble promouvoir un sommeil de meilleure qualité. Le tryptophane est un acide aminé essentiel, c'est-à-dire non synthétisable de novo par le corps humain. Il doit donc être amené par l'alimentation. Il est notamment le précurseur de la sérotonine et de la mélatonine, deux composants essentiels à une bonne induction du sommeil (75). Le taux de sérotonine produit par le cerveau est directement dépendant de la concentration de tryptophane libre dans le système nerveux central. Hartmann *et al.* rapportent qu'une supplémentation d'un gramme de tryptophane permet une réduction de 45% du temps d'endormissement (76). A l'inverse, Arnulf *et al.* a montré qu'après un jour sans consommation de tryptophane la fragmentation du sommeil augmentait de 58% (77) par rapport à un groupe contrôle ayant pris une supplémentation. Le tryptophane est notamment retrouvé dans les produits laitiers, le riz complet et les légumineuses. Markus *et al.* a ainsi montré que consommer du lait avant de se coucher augmentait la vigilance et les performances cognitives le matin suivant (78). De plus, il a été montré qu'associer la consommation de tryptophane avec une alimentation riche en glucides facilitait l'assimilation du tryptophane et augmentait sa concentration dans le système nerveux central. Une alimentation riche en glucides a également pour effet de diminuer la latence d'endormissement (79). Afaghi *et al.* a précisé que cet effet est renforcé à condition que

le repas soit pris à distance de l'heure de coucher (environ 4 heures avant l'heure de coucher) (80).

4.2.2 Stratégies d'hydratation

La réhydratation après l'effort fait partie des piliers d'une récupération réussie. Néanmoins, le sommeil peut s'en retrouver affecté si l'athlète consomme de trop grandes quantités de liquide en fin de journée. Cette stratégie peut obliger l'athlète à se réveiller et à se lever la nuit pour uriner. C'est pourquoi il est important de rappeler aux sportifs de préférer une réhydratation régulière dès la fin de l'effort avec des boissons enrichies en sodium (56). Cependant, si boire une tisane le soir fait partie d'un rituel important pour la relaxation de l'athlète, une tisane à base de valériane est à conseiller pour ses vertus apaisantes et sédatives.

4.2.3 Consommation de stimulants

L'effet ergogénique de certaines substances type caféine ou boissons énergisantes en font des produits répandus dans le milieu du sport (82). En agissant à la fois sur la sécrétion de mélatonine et sur la pression homéostatique du sommeil, la qualité et la quantité de sommeil peuvent s'en retrouver altérées. La caféine est en effet un antagoniste des récepteurs à adénosine qui comme déjà vu ont un rôle important dans l'augmentation de la pression de sommeil. Dans son étude, Shilo *et al.* a aussi montré que l'excrétion dans les urines de 6-Sulfatoxy Mélanonine, principal métabolite de la mélatonine, était significativement diminuée la nuit suivant une prise de café en fin d'après-midi (83). Dans une revue de la littérature datant de 2016, Clark et Landolt concluent que la caféine augmente la durée d'endormissement et diminue la durée totale

de sommeil. De plus, la proportion de sommeil lent profond et d'ondes lentes du sommeil se retrouvent diminuées au profit du sommeil lent léger N1 (83). Les mêmes effets sont retrouvés par Bonnet *et al.* (84) pour des doses de caféine de 100mg, ce qui correspond à seulement à 1 ou 2 tasses de café. Cependant, il a aussi été montré qu'il existait une forte susceptibilité interindividuelle aux effets de la caféine et que cet effet était renforcé chez les personnes n'en consommant pas de façon régulière (85). Landolfa a montré que c'est la présence du gène ADORA2 (codant les récepteurs à adénosine régissant la pression homéostatique du sommeil) qui définit en grande partie la sensibilité au café (86).

Le milieu du sport n'est malheureusement pas immunisé face à la consommation alcool-tabagique. La nicotine est notamment connue pour réduire la proportion de sommeil lent profond et accroître le temps d'endormissement et les réveils nocturnes (87). Quant à l'alcool, il faut se méfier de l'effet inducteur du sommeil qu'il peut procurer. Même si le temps d'endormissement est en effet amoindri par une consommation dans l'heure avant le coucher, la durée de sommeil profond apparaît elle aussi diminuée (88). Ce double effet peut parfois être trompeur pour le sujet qui pense mieux dormir alors que l'architecture de son sommeil se retrouve déstructurée. Se coucher en étant parfaitement sobre est donc un objectif primordial en sachant que nous mettons environ 3 heures à métaboliser 25cc d'alcool (dose correspondante à un verre de vin).

Nutrition	Hydratation	Stimulants
Favoriser alimentation riche en tryptophane	Limiter la consommation de liquide après le repas du soir	Ne pas prendre de boissons caféinées après 18h
Combiner avec repas riche en glucide	Appliquer une stratégie de réhydratation régulière dans la journée	Éviter consommation d'alcool 3h avant le coucher
Manger à distance de l'heure de coucher (>4 heures)	Utiliser des boissons enrichies en sodium	Éviter consommation tabagique
Favoriser aliments riches en mélatonine : kiwis, jus de cerise	Boire une tisane à base de valériane ou un verre de lait chaud le soir	

Tableau 5 : Recommandations concernant l'hygiène de vie au service du sommeil

B) Le sommeil du pratiquant d'activité physique dans la consultation de médecine générale :

Les recommandations d'hygiène de sommeil chez le sportif élite sont récentes et encore peu diffusées à ce jour. Peu de recommandations sont disponibles pour le sportif amateur, même si toutefois les campagnes d'information se multiplient (89). Ce paragraphe a pour objectif de proposer des recommandations et conseils pratiques visant à améliorer la qualité du sommeil et la récupération chez le pratiquant d'activité physique, quelque-soit l'activité pratiquée. Une notion très pratique pouvant être expliquée au patient est l'instauration de différents couvre-feux (voir **figure 15**).

Figure 15 : Les différents couvre-feux pour une bonne hygiène de sommeil

Ecrans 1H

La lumière bleue dégagée par nos écrans perturbe notre rythme circadien justifiant la nécessité d'un couvre-feu électronique d'au moins 1h avant le coucher



Repas 2H

Afin de se coucher sans que l'effort de digestion soit en cours, toute prise alimentaire devra être stoppé 2h avant le coucher



Alcool 3H

Le corps humain met 3h pour métaboliser 25cc d'alcool soit l'équivalent d'un verre de vin



Prise de caféine 8H



En raison de sa demi-vie, la caféine est à éviter 8 heures avant l'heure de coucher prévisionnelle

Activité physique 4H



Afin de limiter les impacts potentiellement négatifs d'un exercice physique sur le sommeil, une pratique 4h avant le coucher doit être privilégiée



Élaboré pour une heure de coucher prévisionnelle à 23h

1) Déterminer sa durée de sommeil

Pour optimiser son sommeil, l'un des premiers objectifs sera d'évaluer la durée optimale de sommeil en fonction de ses besoins. Nous avons vu que cette durée pouvait varier selon l'âge et le patrimoine génétique. Il est donc primordial d'évaluer ses besoins intrinsèques avant d'installer de nouvelles habitudes de coucher. Pour cela, il est conseillé de tenir un agenda du sommeil, idéalement en période de vacances où les horaires de lever ne sont pas imposés et d'y inscrire à la fois les heures de coucher et les heures de lever. L'idéal est de tenir cet agenda de manière quotidienne et ce sur une dizaine de jours. Si la tenue d'un agenda n'est pas réalisable, nous avons vu qu'un objectif de 49 heures de sommeil hebdomadaires était raisonnable. Le deuxième objectif à travers cet agenda sera de donner des indications sur le chronotype du sujet en fonction des horaires de lever et de coucher lorsqu'aucune contrainte sociale ou professionnelle n'est présente. Pour compléter la détermination du chronotype, il peut être conseillé de remplir le questionnaire de typologie circadienne d'Horne et Ortsberg (voir Annexe 3). Cela permettra d'adapter les horaires de lever et de coucher au chronotype de l'individu.

2) Favoriser des horaires réguliers

Une fois les besoins intrinsèques de sommeil estimés, il est important d'adopter un comportement adéquat avec sa chronobiologie. L'une des clés sera de favoriser des horaires de coucher et de lever réguliers. Changer régulièrement ces horaires a un effet négatif sur la qualité du sommeil et peut à terme amener à un dérèglement du rythme chronobiologique qu'un sommeil plus long mais ponctuel ne sera pas en mesure de corriger. Il est notamment recommandé de rajouter au maximum une heure à son heure de lever habituelle lors des week-ends (89).

En cas de manque de sommeil, il est également conseillé de favoriser une sieste au cours de la journée plutôt que de décaler son heure de lever. Cette stratégie réduit le risque de dérèglement du rythme biologique et d'insomnie d'endormissement au cours de la nuit suivante. Cette sieste ne devra pas durer plus de 30 minutes.

3) Ne pas planifier de séances d'entraînements intenses tardives

Pour s'endormir dans de bonnes conditions, le corps doit se retrouver dans un état dit « homéostatique ». Il doit donc retrouver un état de base notamment en termes de sécrétions neuroendocriniennes et hormonales ainsi qu'en terme de température centrale. C'est pourquoi la programmation trop tardive (4 heures ou moins avant l'heure de coucher) d'une activité physique intense peut être délétère à l'endormissement. Plus l'activité est intense plus elle devra être programmée à distance de l'heure de coucher. Ainsi la pratique du sport en fin de journée doit être réservée aux personnes ne présentant aucun problème d'endormissement avec une efficacité du sommeil > 85%. Il est également conseillé de prendre une douche tiède à l'issue de la séance pour accélérer le phénomène de thermolyse.

4) Gérer l'exposition lumineuse

L'exposition lumineuse joue un rôle majeur pour avancer ou retarder le timing de l'horloge biologique interne. Durant la saison d'hiver où les journées se font courtes, il est possible d'utiliser des lampes de photothérapie afin de remplacer la lumière naturelle manquante. Jouer sur cette exposition à bon escient peut permettre d'optimiser encore un peu plus son sommeil. S'il existe des difficultés pour se réveiller le matin, une

exposition à la lumière naturelle tôt le matin aura un fort signal synchronisateur. Au contraire si le sujet présente des difficultés d'endormissement, lui conseiller d'éviter une trop forte exposition lumineuse après 17 heures serait judicieux. Il est notamment possible d'utiliser des lunettes de soleil ou encore des lumières à filtre de lumière bleue. La lumière bleue émise par nos écrans, présente des longueurs d'ondes proches de la lumière du jour sur le spectre lumineux. L'exposition nocturne à ces longueurs d'ondes a un effet perturbateur sur le rythme circadien. Ainsi, l'arrêt de toute exposition aux écrans, principale source de ce rayonnement, au moins une heure avant le coucher est aujourd'hui recommandée. Des stratégies pour encore limiter cette exposition en amont de ce couvre-feu électronique existe : il est possible d'appliquer des filtres de lumières bleues à partir d'une certaine heure (mode Night Shift sur Apple, application F.lux sur ordinateur).

5) Développer une routine pré-coucher

Bien que le filtrage de lumière bleue soit une stratégie efficace pour limiter l'impact que peuvent avoir les écrans sur notre sommeil, il a aussi été montré que le contenu de l'activité intellectuelle liée à l'usage de nos écrans avait un effet péjoratif sur le sommeil. Le renforcement social lié aux réseaux sociaux peut notamment avoir un effet plus important que l'effet purement chronobiologique liée à la lumière bleue. Ainsi, il est conseillé de limiter les stimulations intellectuelles de type télévision, ordinateur et téléphones portables dans les 3 heures précédant le coucher et privilégier des activités relaxantes préparant de manière optimale l'endormissement. Ainsi, la lecture, des techniques de relaxation (méditation, cohérence cardiaque, exercices de visualisation) ou du stretching sont autant d'activités afin d'optimiser l'endormissement rapide et un sommeil de meilleure qualité. Développer une routine pré-coucher axée sur ces activités

en parallèle d'un couvre-feu électronique au minimum une heure avant le coucher apparaît donc comme une stratégie particulièrement efficace pour optimiser son sommeil.

6) Optimiser l'environnement nocturne

La chambre à coucher doit être organisée de telle sorte qu'elle devienne un endroit agréable et propice à la détente. Il est notamment conseillé de ne pas multiplier les activités dans cette pièce (sport, travail) dans l'optique d'associer notre chambre uniquement au sommeil. Qui plus est la position corporelle influe sur la latence d'endormissement et passer de la stature assise à la position couchée envoie un signal fort d'endormissement. Il est donc conseillé de rester assis sur son canapé pour effectuer ses activités de débuts de soirées et de ne se coucher qu'une fois dans son lit pour dormir.

L'environnement nocturne est également important. Tout d'abord concernant la température ambiante, elle doit se situer aux alentours de 17°C pour permettre un bon endormissement et un sommeil de qualité. En effet, une température corporelle basse est associée à une meilleure qualité de sommeil : il a été montré que plus la température du cerveau était élevée plus la proportion de sommeil paradoxal est importante (90). Penser à bien aérer la pièce et dormir avec des habits légers peuvent également aider à cette baisse de température corporelle. La chambre doit aussi être plongée dans une obscurité complète lors de la nuit et être dans un environnement le plus calme possible. Même si le sujet n'a pas l'impression d'être réveillé, dormir dans un environnement bruyant impacte la qualité du sommeil. Si la chambre donne sur une rue bruyante ou lumineuse et qu'aucun aménagement n'est possible, utiliser des bouchons d'oreilles et un masque de sommeil peut permettre d'améliorer la qualité du sommeil.

7) Gérer les réveils nocturnes

Physiologiquement, il existe environ 5% de veille nocturne durant une nuit de sommeil. Il est cependant parfois difficile de se rendormir pour certains individus. Différentes techniques de relaxation permettront à l'individu de retrouver un état d'esprit favorable à l'endormissement. Si le réveil nocturne se prolonge il est alors préférable de se lever et d'engager une activité non stimulante, en environnement lumineux favorable et ne se recoucher que quand la pression de sommeil se fait ressentir

Pris conjointement, tous ces conseils permettent d'optimiser l'hygiène de sommeil de beaucoup d'individus. Ils peuvent faire l'objet d'une véritable consultation de prévention primaire ou secondaire en cabinet de médecine générale à la fois pour le pratiquant d'activité physique mais aussi pour les patients souffrant de troubles légers du sommeil.

THÈSE SOUTENUE PAR : Thibault FOUQUET

**TITRE : IMPACT D'UNE COURSE DE TRAIL A ETAPES SUR LE
SOMMEIL - ETUDE UT4M-SLEEP 2018**

CONCLUSION :

Dans le domaine du sport, le sommeil représente un élément majeur de la performance et de la récupération. L'impact d'une activité sportive intense et répétée sur la macro- et la microarchitecture du sommeil est encore à ce jour peu étudié. L'Ultra Tour des 4 Massifs (UT4M) challenge est une épreuve de trail (compétition pédestre en milieu naturel) se déroulant dans les massifs entourant Grenoble, constituée de 4 étapes de 40 kilomètres, réparties sur 4 jours de course. L'objectif de l'étude UT4M-SLEEP 2018 était d'évaluer l'impact d'une épreuve de trail par étapes sur l'évolution des paramètres objectifs du sommeil en compétition et au cours des nuits suivant la course.

20 traileurs ont participé à l'étude. 16 d'entre eux ont bénéficié d'un enregistrement du sommeil, au moyen d'un dispositif ambulatoire validé (Bandeau DREEM), au cours des 2 nuits précédant la course, des 4 nuits au cours de la course et pendant 2 nuits consécutives après course (récupération). Sur le plan de la macro-architecture du sommeil, une réduction du temps de sommeil total (TST) pendant la course et une augmentation de la fragmentation du sommeil ont été mis en évidence, sans toutefois d'altération de l'efficacité du sommeil. La réduction de TST était principalement induite par des horaires de lever précoces pour satisfaire aux obligations compétitives, sans adaptation de l'horaire de coucher. Concernant la microarchitecture du sommeil, les pourcentages de sommeil lent léger et lent profond augmentaient durant les premières

nuits de course tandis que le pourcentage de sommeil paradoxal diminuait. Un rebond de sommeil paradoxal était observé lors des nuits de récupération.

Tous ces paramètres étaient normales au bout de 48 heures de récupération, traduisant une modification aigue du sommeil, sans impact à court terme. Les modifications de la microarchitecture du sommeil étaient probablement liées à la privation de sommeil induite, entraînant des ajustements homéostatiques du sommeil. Les observations concernant les horaires de couchers mettent en lumière le manque de connaissances et de mise en pratique de règles élémentaires d'hygiène de sommeil afin de couvrir les besoins intrinsèques de sommeil. La privation de sommeil induite pourrait avoir une répercussion sur la vigilance diurne, le risque de blessure et la sécurité des coureurs. Le professionnel de santé a ainsi un rôle de prévention, par une information du pratiquant d'activité physique et sportive sur l'hygiène de sommeil à adopter en compétition comme dans l'entraînement quotidien, dans une perspective globale de pratique en santé.

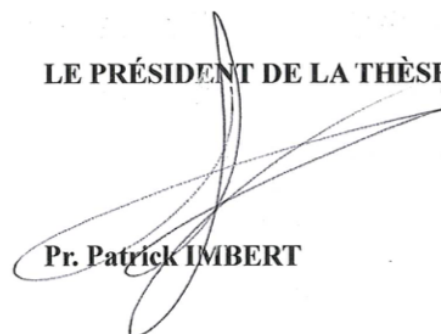
VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le : 18/05/2021

LE DOYEN



LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE



Pr. Patrick IMBERT

Bibliographie

1. Watson NF, Badr M, Belenky G, Bliwise D. Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *Sleep*. 2015 Jun 1;38(6):843-4.
2. Léger D, Richard JB, Vaux S, Guinard R. Le temps de sommeil en France. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire Santé Publique France*. 2019 Mar ;8-9 :145-174
3. INSERM. (page consultée le 07/08/2020). Sommeil, faire la lumière sur notre activité nocturne, [en ligne]. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/sommeil>
4. Martin J. Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1981;47(4):345-54.
5. Mah C, Mah K, Kezirian E, Dement W. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep*. 2011 Jul 1;34(7):943-50. *Psychosom Med*.
6. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, Raglin J, Rietjens G, Steinacker J, Urhausen A. Prevention, diagnosis and treatment of the Overtraining Syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. 2013 Jan;45(1):186-205.
7. Van Reeth O, Sturis J, Byrne MM, Blackman JD, L'hermite-Balériaux M, et coll. Nocturnal exercise phase delays circadian rhythms of melatonin and thyro- tropin secretion in normal men. *Am J Physiol*. 1994 Jun; 266 (6Pt1):E964-E974.
8. Hurdiel R, Watier T, Honn K, Pezé T, Zunquin G, Teunynck D. Effects of a 12-week physical activities programme on sleep in female university students. *Res Sports Med*. 2017 Apr-Jun;25(2):191-196.

9. Driver HS, Taylor SR. Exercise and sleep. *Sleep medicine reviews*. 2000 Aug;4(4):387-402.
10. Youngstedt SD, O'Connor PJ, Dishman RK. The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep*. 1997 Mar;20(3):203-14.
11. Kubitz KA, Landers D M, Petruzzello SJ, Han M. The Effects of Acute and Chronic Exercise on Sleep. A Meta-Analytic Review. *Sports Med*. 1996 Apr;21(4):277-91.
12. Vuori I, Urponen H, Hasan J, and Partinen M. Epidemiology of exercise effects on sleep. *Acta Physiol Scand Suppl*. 1988;574:3-7.
13. Youngstedt SD. Effects of exercise on sleep. *Clin Sports Med*. 2005 Apr;24(2):355-65
14. Jurimae J, Maestu J, Purge P, Jurimae T. Changes in stress and recovery after heavy training in rowers. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*. 2004 Sep;7(3):335-9.
15. Fietze I, Strauch J, Holzhausen M, Glos M, Theobald C, Lehnkering H, et al. Sleep quality in professional ballet dancers. *Chronobiology international*. 2009 Aug;26(6):1249-62.
16. Hausswirth C, Louis J, Aubry A, Bonnet G, Duffield R, Le Meur Y. Evidence of Disturbed Sleep and Increased Illness in Overreached Endurance Athletes. *Medicine and science in sports and exercise*. 2014;46(5):1036-45.
17. Horne JA, Moore VJ. Sleep EEG effects of exercise with and without additional body cooling. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1985 Jan;60(1):33-8.
18. Oswald I. Sleep as restorative process: human clues. *Prog Brain Res*. 1980;53:279-88.
19. Castro-Diehl C, Diez Roux A, Redline S, Seeman T, McKinley P, Sloan R, Shea S. Sleep Duration and Quality in Relation to Autonomic Nervous System Measures: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Sleep*. 2016 Nov 1;39(11):1927-1940.

- 20.** Martin J. Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1981;47(4):345-54.
- 21.** Blumert P, Crum A, Ernsting M, Volek J, Hollander D, Haff E, Haff G. The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of national-caliber male collegiate weightlifters. *J Strength Cond Res*. 2007 Nov;21(4):1146-54.
- 22.** Symons J, Van Helder T, Myles W. Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. *Med Sci Sports Exerc*. 1988 Aug;20(4):374-80.
- 23.** Mah C, Mah K, Kezirian E, Dement W. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep*. 2011 Jul 1;34(7):943-50.
- 24.** Giovanelli N, Lazzer S, Cauci S. Muscle damage and inflammatory status biomarkers after a 3-stage trail running race. *J Sports Med Phys Fitness*. 2020 Jun 23.
- 25.** Besson T, Rossi J, Le Roux Mallouf T, Marechal M, Doutreleau S, Verges S, Millet G. Fatigue and Recovery after Single-Stage versus Multistage Ultramarathon Running. *Med Sci Sports Exerc*. 2020 Aug;52(8):1691-1698.
- 26.** Schumacher Y, Ahlgrim C, Prettin S, Pottgiesser T. Physiology, power output, and racing strategy of a Race Across America finisher. *Med Sci Sports Exerc*. 2011 May;43(5):885-9.
- 27.** Martin BJ. Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1981;47(4):345-54.
- 28.** Hurdiel R, Van Dongen H, Aron C, McCauley P, Jacolot L, Theunynck D. Sleep restriction and degraded reaction-time performance in Figaro solo sailing races. *J Sports Sci*. 2014;32(2):172-4.

29. Lim J, Dingnes D. A meta-analysis of the impact of short-term sleep deprivation on cognitive variables. *Psychol Bull.* 2010 May;136(3):375-89.
30. Driver HS, Rogers GG, Mitchell D, Borrow SJ, Allen M, Luus HG, and Shapiro CM. Prolonged endurance exercise and sleep disruption. *Med Sci Sports Exerc* 1994 Jul;26(7):903-7.
31. Hulton T, Lahart I, Williams KL, Godfrey R, Charlesworth S, Wilson M, Pedlar C, Whyte G. Energy Expenditure in the race across America. *Int J Sports Med.* 2010 Jul;31(7):463-7.
32. Le Goff C, Kaux J-F, Dulgheru R, Seidel L, Pincemail J, Cavalier E, Melon P. The impact of an ultra-trail on the dynamic of cardiac, inflammatory, renal and oxidative stress biological markers correlated with electrocardiogram and echocardiogram. *Acta Cardiol.* 2020 Jun 15;1-9.
33. Rubio-Arias J, Avila Gandia V, Lopez-Roman F, Soto-Mendez F, Alcaraz P, Ramos-Campo D. Muscle damage and inflammation biomarkers after two ultra-endurance mountain races of different distances: 54 km vs 111 km. *Physiol Behav.* 2019 Jun 1;205:51-57.
34. Fazackerley L, Fell J, Kitic C. The effect of an ultra-endurance running race on heart rate variability. *Eur J Appl Physiol.* 2019 Sep;119(9):2001-2009.
35. Arnal P, Thorey V, Debellemanni E. The Dreem Headband compared to Polysomnography for EEG Signal Acquisition and Sleep Staging. *Sleep Research Society* 2020. Published by Oxford University Press
36. Torsvall L, Akerstedt T, Lindbeck G. Effects on sleep stages and EEG power density of different degrees of exercise in fit subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1984 Apr;57(4):347-53.
37. Skorucak J, Arbon E, Jan Dijk D, Achermann P. Response to chronic sleep restriction, extension, and subsequent total sleep deprivation in humans: adaptation or preserved sleep homeostasis? *Sleep.* 2018 Jul 1;41(7)
38. Laharnar N, Fatek J, Zemmann M, Glos M, Lederer K, Suvorov A, Demin A, Penzel T, Fietze I. A sleep intervention study comparing effects of sleep restriction and

fragmentation on sleep and vigilance and the need for recovery. *Physiol Behav.* 2020 Mar 1;215:112794.

39. La médecine du sport. (page consultée le 05/05/2021). Le sommeil particulier des navigateurs solitaires à la voile en course transocéanique, [en ligne]. <https://www.lamedecinedusport.com/dossiers/le-sommeil-particulier-des-navigateurs-solitaires-a-la-voile-en-transoceanique/>
40. Thomas K, Motivala S, Olmstead R, Irwin M. Sleep depth and fatigue: role of cellular inflammatory activation. *Brain Behav Immun.* 2011 Jan;25(1):53-8.
41. Irwin M, Rinetti G, Redwine L, Motivala S, Dang J, Ehlers C. Nocturnal proinflammatory cytokine-associated sleep disturbances in abstinent African American alcoholics. *Brain Behav Immun.* 2004 Jul;18(4):349-60.
42. Fischer C. Interleukin-6 in acute exercise and training: what is the biological relevance? *Exerc Immunol Rev.* 2006;12:6-33.
43. Lastella M, Vincent G, Duffield R, Roach G, Halson S, Heales L, Sargent C. Can Sleep Be Used as an Indicator of Overreaching and Overtraining in Athletes? *Front. Physiol.* 2018 Apr24; 9:436.
44. Skein M, Duffield R, Edge J, Short MJ, Mundel T. Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation. *Medicine and science in sports and exercise.*2011 Jul;43(7):1301-11.
45. Obal F, Jr., Krueger JM. GHRH and sleep. *Sleep medicine reviews.* 2004 Oct;8(5):367-77.
46. Nieman DC. Exercise and resistance to infection. *Canadian journal of physiology and pharmacology.* 1998 May;76(5):573-80.
47. Lange T, Dimitrov S, Born J. Effects of sleep and circadian rhythm on the human immune system. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 2010 Apr;1193:48-59.

48. Halson SL and Jeukendrup, A. E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* 2004;34(14):967-81.
49. Morgan WP, O'Connor P, Sparling P. Psychological characterizations of the elite female distance runner. *Int J Sports Med.* 1987;8:124-131
50. Kellmann, M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress recovery monitoring. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2010 Oct;20 Suppl 2:95-102.
51. Wall, S, Mattacola, C, Swanik C, and Levenstein S. Sleep efficiency and overreaching in swimmers. *J. Sport Rehabil.* 2003;12:1-12
52. Hauswirth C, Louis J, Aubry A, Bonnet G, Duffield R, and Le Meur Y. Evidence of disturbed sleep patterns and increased illness in functionally overreached endurance athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2014;46(5):1036-45
53. Lewis A, Collins D, Pedlar R and Rogers P. Can clinicians and scientists explain and prevent unexplained underperformance syndrome in elite athletes: an interdisciplinary perspective and 2016 update. *BMJ Open Sport Exer. Med.* 2015; 1(1).
54. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med* 2002;32(2):95-102.
55. Le Meur Y and Hauswirth C. Sleep and Sporting Performance. *Aspetar Sports Medicine Journal*, 2015 Jan; 4:38-46.
56. Roberts SSH, Teo W-P, Warmington SA. Effects of training and competition on the sleep of elite athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2019;53:513-22.
57. Rodrigues DF, Silva A, Rosa JPP, et al. Sleep quality and psychobiological aspects of Brazilian Paralympic athletes in the London 2012 pre-Paralympics period. *Motriz: rev. educ. fis.* 2015;21:168-76.

58. Chaal K, Tafflet M, Nassif H, et al. Psychological balance in high level athletes: gender-based differences and Sport-Specific patterns. *PLoS One* 2011;6:e19007.
59. Lastella M, Roach GD, Halson SL, et al. The Chronotype of elite athletes. *J Hum Kinet* 2016;54:219-25.
60. Horne JA, Ostberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol* 1976;4:97-110.
61. Taillard J, Philip P, Bioulac B. Morningness/eveningness and the need for sleep. *J Sleep Res.* 1999 Dec;8(4):291-5.
62. Fullagar HHK, Skorski S, Duffield R, et al. Impaired sleep and recovery after night matches in elite football players. *J Sports Sci* 2016;34:1333-9.
63. Sargent C, Roach GD. Sleep duration is reduced in elite athletes following night-time competition. *Chronobiol Int* 2016;33:667-70.
64. Lastella M, Roach GD, Halson SL, et al. Sleep/Wake behaviours of elite athletes from individual and team sports. *Eur J Sport Sci* 2015;15:94-100.
65. Erlacher D, Ehrlenspiel F, Adegbesan OA, et al. Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *J Sports Sci* 2011;29:859-66.
66. Walsh N, Halson S, Sargent C et al. Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations. *Br J Sports Med.* 2020 Nov 3;bjsports-2020-102025
67. Miles KH, Clark B, Fowler PM, et al. Sleep practices implemented by team sport coaches and sports science support staff: a potential avenue to improve athlete sleep? *J Sci Med Sport* 2019;22:748-52.
68. Roberts SSH, Teo W-P, Aisbett B, et al. Extended sleep maintains endurance performance better than normal or restricted sleep. *Med Sci Sports Exerc* 2019;51:2516-23.

69. Rupp TL, Wesensten NJ, Bliese PD, et al. Banking sleep: realization of benefits during subsequent sleep restriction and recovery. *Sleep* 2009;32:311-21.
70. Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *Journal of sports sciences*. 2007 Dec;25(14):1557-66.
71. Horne JA, Reyner LA. Counteracting driver sleepiness: effects of napping, caffeine, and placebo. *Psychophysiology*. 1996 May;33(3):306-9.
72. Hayashi M, Masuda A, Hori T. The alerting effects of caffeine, bright light and face washing after a short daytime nap. *Clin Neurophysiol* 2003;114:2268-78.
73. Loprinzi PD. Health Behavior Combinations and Their Association With Inflammation. *Am J Health Promot*. 2016 May;30(5):331-4.
74. Godos J, Ferri R, Caraci F, Cosentino F, Castellano S, Galvano F, Grosso G. Adherence to the Mediterranean Diet is Associated with Better Sleep Quality in Italian Adults. *Nutrients*. 2019 Apr 28;11(5):976.
75. Hartmann E, Spinweber CL. Sleep induced by L-tryptophan. Effect of dosages within the normal dietary intake. *The Journal of nervous and mental disease*. 1979 Aug;167(8):497-9.
76. Hartmann E. Effects of L-tryptophan on sleepiness and on sleep. *Journal of psychiatric research*. 1982;17(2):107-13.
77. Arnulf I, Quintin P, Alvarez JC, Vigil L, Touitou Y, Lebre AS, et al. Mid-morning tryptophan depletion delays REM sleep onset in healthy subjects. *Neuropsychopharmacology: official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*. 2002 Nov;27(5):843-51.
78. Markus CR, Jonkman LM, Lammers JH, Deutz NE, Messer MH, Rigtering N. Evening intake of alpha-lactalbumin increases plasma tryptophan availability and

improves morning alertness and brain measures of attention. *The American journal of clinical nutrition*. 2005 May;81(5):1026-33.

- 79.** Lindseth G, Lindseth P, Thompson M. Nutritional effects on sleep. *West J Nurs Res* 2013 Apr;35(4):497-513.
- 80.** Afaghi A, O'Connor H, Chow CM. High-glycemic-index carbohydrate meals shorten sleep onset. *The American journal of clinical nutrition*. 2007 Feb;85(2):426-30.
- 81.** Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med* 2018 Apr; 52(7):439-455.
- 82.** Shilo L, Sabbah H, Hadari R, Kovatz S, Weinberg U, Dolev S, et al. The effects of coffee consumption on sleep and melatonin secretion. *Sleep medicine*. 2002 May;3(3):271-3.
- 83.** Clark I, Landolt HP. Coffee, caffeine, and sleep: a systematic review of epidemiological studies and randomized controlled trials. *Sleep Med Rev* 2017;31:70-8.
- 84.** Bonnet MH, Arand DL. Caffeine use as a model of acute and chronic insomnia. *Sleep*.1992;15:526-36.
- 85.** Hindmarch I, Rigney U, Stanley N, Quinlan P, Rycroft J, Lane J. A naturalistic investigation of the effects of day-long consumption of tea, coffee and water on alertness, sleep onset and sleep quality. *Psychopharmacology*. 2000 Apr;149(3):203-16.
- 86.** Bodenmann S, Hohoff C, Freitag C, Deckert J, Rétey JV, Bachmann V, Landolt HP. Polymorphisms of ADORA2A modulate psychomotor vigilance and the effects of caffeine on neurobehavioural performance and sleep EEG after sleep deprivation. *Br J Pharmacol*. 2012 Mar;165(6):1904-1913.

- 87.** Jaehne A, Loessl B, Barkai Z, et al. Effects of nicotine on sleep during consumption, withdrawal and replacement therapy. *Sleep Med Rev* 2009 Oct;13(5):363-77.
- 88.** Rundell OH, Lester BK, Griffiths WJ, Williams HL. Alcohol and sleep in young adults. *Psychopharmacologia*. 1972;26(3):201-18.
- 89.** Philip P. Antifatigue. Editions Albin Michel. 2020 :30-31
- 90.** Wehr TA. A brain-warming function for REM sleep. *Neurosci Biobehav Rev*. 1992;16(3):379-97.

Annexe 1 : Index de qualité du sommeil de Pittsburgh

Index de Qualité du Sommeil de Pittsburgh (PSQI)

Test effectué le :/...../..... (Jour/mois/année)

Les questions suivantes ont trait à vos habitudes de sommeil pendant le dernier mois seulement. Vos réponses doivent indiquer ce qui correspond aux expériences que vous avez eues pendant la majorité des jours et des nuits au cours du dernier mois. Répondez à toutes les questions.

1/ Au cours du mois dernier, quand êtes-vous habituellement allé vous coucher le soir ?

➤ Heure habituelle du coucher :

2/ Au cours du mois dernier, combien vous a-t-il habituellement fallu de temps (en minutes) pour vous endormir chaque soir ?

➤ Nombre de minutes :

3/ Au cours du mois dernier, quand vous êtes-vous habituellement levé le matin ?

➤ Heure habituelle du lever :

4/ Au cours du mois dernier, combien d'heures de sommeil effectif avez-vous eu chaque nuit ?

(Ce nombre peut être différent du nombre d'heures que vous avez passé au lit)

➤ Heures de sommeil par nuit :

Pour chacune des questions suivantes, indiquez la meilleure réponse. Répondez à toutes les questions.

5/ Au cours du mois dernier, avec quelle fréquence avez-vous eu des troubles du sommeil car ...

	Pas au cours du dernier mois	Moins d'une fois par semaine	Une ou deux fois par semaine	Trois ou quatre fois par semaine
a) vous n'avez pas pu vous endormir en moins de 30 mn				
b) vous vous êtes réveillé au milieu de la nuit ou précocement le matin				
c) vous avez dû vous lever pour aller aux toilettes				
d) vous n'avez pas pu respirer correctement				
e) vous avez toussé ou				

ronflé bruyamment				
f) vous avez eu trop froid				
g) vous avez eu trop chaud				
h) vous avez eu de mauvais rêves				
i) vous avez eu des douleurs				
j) pour d'autre(s) raison(s). Donnez une description :				
Indiquez la fréquence des troubles du sommeil pour ces raisons	Pas au cours du dernier mois	Moins d'une fois par semaine	Une ou deux fois par semaine	Trois ou quatre fois par semaine

6/ Au cours du mois dernier, comment évalueriez-vous globalement la qualité de votre sommeil ?

- Très bonne Assez bonne Assez mauvaise Très mauvaise

7/ Au cours du mois dernier, combien de fois avez-vous pris des médicaments (prescrits par votre médecin ou achetés sans ordonnance) pour faciliter votre sommeil ?

- Pas au cours du dernier mois Moins d'une fois par semaine Une ou deux fois par semaine Trois ou quatre fois par semaine

8/ Au cours du mois dernier, combien de fois avez-vous eu des difficultés à demeurer éveillé(e) pendant que vous conduisiez, preniez vos repas, étiez occupé(e) dans une activité sociale ?

- Pas au cours du dernier mois Moins d'une fois par semaine Une ou deux fois par semaine Trois ou quatre fois par semaine

9/ Au cours du mois dernier, à quel degré cela a-t-il représenté un problème pour vous d'avoir assez d'enthousiasme pour faire ce que vous aviez à faire ?

- Pas du tout un problème Seulement un tout petit problème Un certain problème Un très gros problème

10/ Avez-vous un conjoint ou un camarade de chambre ?

- Ni l'un, ni l'autre.
 Oui, mais dans une chambre différente.
 Oui, dans la même chambre mais pas dans le même lit.
 Oui, dans le même lit.

11/ Si vous avez un camarade de chambre ou un conjoint, demandez-lui combien de fois le mois dernier vous avez présenté :

	Pas au cours	Moins d'une	Une ou deux	Trois ou quatre
--	--------------	-------------	-------------	-----------------

	du dernier mois	fois par semaine	fois par semaine	fois par semaine
a) un ronflement fort				
b) de longues pauses respiratoires pendant votre sommeil				
c) des saccades ou des secousses des jambes pendant que vous dormiez				
d) des épisodes de désorientation ou de confusion pendant le sommeil				
e) d'autres motifs d'agitation pendant le sommeil				

Score global au PSQI :

Annexe 2 : Données sommeils (médiane, quartiles, range)

	V1 (N=16)	V2 (N=16)	V3 (N=16)	V4 (N=16)	V5 (N=16)	V6 (N=16)	V7 (N=16)	V8 (N=16)	p value
Temps de sommeil total (min)									< 0.001 ¹
Median (Q1, Q3)	438.2 (407.4, 500.4)	392.2 (355.5, 429.9)	343.5 (281.6, 360.0)	334.8 (252.8, 377.4)	330.0 (297.2, 361.0)	436.0 (374.0, 471.9)	369.0 (360.0, 443.8)	429.0 (369.0, 449.9)	
IQR	93.0	74.4	78.4	124.6	63.8	97.9	83.8	80.9	
Range	272.5 - 603.0	245.5 - 487.0	215.5 - 476.5	128.0 - 508.0	193.5 - 468.5	260.5 - 550.5	297.0 - 583.5	247.0 - 513.5	
Efficacité de sommeil ([TST/PST], %)									0.485 ¹
Median (Q1, Q3)	88.0 (84.1, 91.7)	91.7 (88.3, 93.0)	88.3 (83.9, 92.5)	85.6 (81.5, 89.7)	86.5 (81.9, 92.4)	88.5 (75.3, 93.6)	89.3 (81.8, 91.7)	89.8 (86.5, 94.7)	
IQR	7.6	4.7	8.6	8.2	10.5	18.2	9.9	8.2	
Range	77.7 - 99.0	72.9 - 96.0	71.4 - 96.9	73.0 - 95.9	72.5 - 96.3	66.6 - 97.8	68.9 - 97.2	77.2 - 96.9	
Latence d'endormissement (min)									0.414 ¹
Median (Q1, Q3)	18.8 (15.4, 32.6)	21.9 (11.0, 24.0)	18.5 (10.0, 34.5)	20.8 (16.4, 30.3)	16.1 (11.6, 24.0)	16.8 (9.2, 22.9)	22.9 (13.9, 32.4)	14.0 (10.2, 20.4)	
IQR	17.2	13.0	24.4	13.9	12.3	13.6	18.5	10.2	
Range	5.7 - 77.1	9.9 - 72.8	5.8 - 44.7	7.2 - 42.0	0.3 - 41.0	3.9 - 44.4	9.7 - 67.2	5.8 - 38.5	
Sommeil lent léger (% TST)									0.112 ¹
Median (Q1, Q3)	47.2 (41.6, 50.3)	38.6 (35.9, 43.0)	38.2 (31.8, 46.7)	40.2 (31.9, 46.9)	51.7 (38.0, 55.8)	49.0 (39.7, 55.1)	47.1 (31.2, 55.3)	39.2 (33.9, 44.3)	
IQR	8.6	7.1	14.9	15.0	17.8	15.3	24.1	10.3	
Range	36.7 - 57.9	19.7 - 65.6	20.2 - 59.1	12.5 - 61.3	18.9 - 68.4	28.2 - 63.0	17.5 - 62.6	14.3 - 65.5	
Sommeil lent profond (% TST)									0.009 ¹
Median (Q1, Q3)	29.7 (20.9, 37.3)	37.0 (32.1, 43.0)	40.2 (32.6, 52.4)	39.6 (27.9, 56.7)	33.1 (26.2, 40.6)	29.5 (19.8, 35.7)	22.5 (16.7, 37.0)	33.0 (20.6, 43.9)	
IQR	16.5	10.9	19.8	28.9	14.4	15.9	20.4	23.4	

Range	13.3 - 42.3	15.0 - 54.4	26.1 - 67.1	21.8 - 87.5	7.4 - 81.1	4.3 - 52.6	9.2 - 59.9	9.3 - 52.3	
Sommeil paradoxal (%TST)									0.002 ¹
Median (Q1, Q3)	23.4 (19.2, 29.8)	24.7 (16.5, 29.0)	16.4 (12.3, 22.8)	14.7 (7.5, 27.1)	16.3 (10.0, 22.5)	19.9 (19.2, 30.0)	24.9 (21.4, 39.2)	24.8 (20.5, 34.7)	
IQR	10.6	12.5	10.5	19.6	12.5	10.7	17.8	14.2	
Range	12.8 - 36.2	13.4 - 45.0	2.9 - 34.8	0.0 - 48.3	0.0 - 28.3	10.5 - 46.9	19.2 - 59.9	12.1 - 54.2	
Temps d'éveil intra- sommeil (min)									0.336 ¹
Median (Q1, Q3)	18.5 (14.5, 22.8)	9.0 (5.8, 12.5)	18.2 (6.9, 21.1)	14.5 (5.0, 23.5)	20.5 (9.2, 41.8)	19.0 (11.0, 47.1)	17.0 (7.2, 26.5)	18.0 (5.8, 27.2)	
IQR	8.2	6.8	14.2	18.5	32.5	36.1	19.2	21.5	
Range	0.0 - 71.0	1.5 - 41.5	0.0 - 99.0	2.0 - 39.0	3.5 - 77.5	0.0 - 150.0	0.0 - 128.0	1.5 - 80.0	

Annexe 3 : Questionnaire de surentraînement de la SFMS

Questionnaire de dépistage du surentraînement de la SFMS

(Société Française de Médecine du Sport)

Nom : Prénom : Date du jour :

Date de naissance :

Quelle est votre profession ?

Si vous êtes étudiant, êtes-vous en période d'examens ? oui non

Quelle est votre discipline sportive principale ?

Niveau de pratique ? International ou National ou Régional ou Départ ou Loisir

Combien d'heures d'entraînement réalisées dans ce dernier mois ?

Combien d'heures réalisées cette dernière semaine dans la discipline principale?

Combien d'heures réalisées cette dernière semaine hors de cette discipline principale?

Nombre de compétitions dans le mois qui précède (en journées de compétition) :

Si vous pratiquez d'autres disciplines sportives, citez les ?

Y a-t-il eu au cours du dernier mois, un événement important ayant perturbé votre vie personnelle ou familiale ? oui non

Avez-vous arrêté votre entraînement pour maladie ou blessure ? oui non

Prenez-vous un traitement actuellement ? oui non

Lequel ?

Avez-vous effectué un stage récent en altitude (dans les derniers 15 jours) ? oui non

Avez-vous été privé de sommeil dans la dernière semaine (décalage horaire ou autres raison) ? oui non

Avez-vous des troubles des règles ? oui non

Mettre une croix pour se situer entre ces deux extrêmes :

Mon Niveau de Performance est :

Mauvais <----->Excellent

Je me fatigue :

Plus lentement <-----> Plus rapidement

Je récupère de mon état de fatigue :

Plus vite <-----> Plus lentement

Je me sens :

Très détendu <-----> Très anxieux

J'ai la sensation que ma force musculaire a :

Augmenté <-----> Diminué

J'ai la sensation que mon endurance a :

Augmenté <-----> Diminué

Ce dernier mois :

1	Mon niveau de performance sportive/mon état de forme a diminué	OUI	NON
2	Je ne soutiens pas autant mon attention	OUI	NON
3	Mes proches estiment que mon comportement a changé	OUI	NON

4	J'ai une sensation de poids sur la poitrine	OUI	NON
5	J'ai une sensation de palpitation	OUI	NON
6	J'ai une sensation de gorge serrée	OUI	NON
7	J'ai moins d'appétit qu'avant	OUI	NON
8	Je mange davantage	OUI	NON
9	Je dors moins bien	OUI	NON
10	Je somnole et baille dans la journée	OUI	NON
11	Les séances me paraissent trop rapprochées	OUI	NON
12	Mon désir a diminué	OUI	NON
13	Je fais de contre-performances	OUI	NON
14	Je m'enrhume fréquemment	OUI	NON
15	J'ai des problèmes de mémoire	OUI	NON
16	Je grossis	OUI	NON
17	Je me sens souvent fatigué	OUI	NON
18	Je me sens en état d'infériorité	OUI	NON
19	J'ai des crampes, douleurs musculaires fréquentes	OUI	NON
20	J'ai plus souvent mal à la tête	OUI	NON
21	Je manque d'entrain	OUI	NON
22	J'ai parfois des malaises ou des étourdissements	OUI	NON
23	Je me confie moins facilement	OUI	NON
24	Je suis souvent patraque	OUI	NON
25	J'ai plus souvent mal à la gorge	OUI	NON
26	Je me sens nerveux, tendu, inquiet	OUI	NON
27	Je supporte moins bien mon entraînement	OUI	NON
28	Mon coeur bat plus vite qu'avant au repos	OUI	NON
29	Mon coeur bat plus vite qu'avant à l'effort	OUI	NON
30	Je suis souvent mal fichu	OUI	NON
31	Je me fatigue plus facilement	OUI	NON
32	J'ai souvent des troubles digestifs	OUI	NON
33	J'ai envie de rester au lit	OUI	NON
34	J'ai moins confiance en moi	OUI	NON
35	Je me blesse facilement	OUI	NON
36	J'ai plus de mal à rassembler mes idées	OUI	NON
37	J'ai plus de mal à me concentrer dans mon activité sportive	OUI	NON
38	Mes gestes sportifs sont moins précis, moins habiles	OUI	NON
39	J'ai perdu de la force, du punch	OUI	NON
40	J'ai l'impression de n'avoir personne de proche à qui parler	OUI	NON
41	Je dors plus	OUI	NON
42	Je tousse plus souvent	OUI	NON
43	Je prends moins de plaisir à mon activité sportive	OUI	NON
44	Je prends moins de plaisir à mes loisirs	OUI	NON
45	Je m'irrite plus facilement	OUI	NON
46	J'ai une baisse de rendement dans mon activité scolaire ou professionnelle	OUI	NON
47	Mon entourage trouve que je deviens moins agréable à vivre	OUI	NON
48	Les séances sportives me paraissent trop difficiles	OUI	NON
49	C'est ma faute si je réussis moins bien	OUI	NON
50	J'ai les jambes lourdes	OUI	NON
51	J'égare plus facilement les objets (clefs, etc..)	OUI	NON
52	Je suis pessimiste, j'ai des idées noires	OUI	NON
53	Je maigris	OUI	NON
54	Je me sens moins motivé, j'ai moins de volonté, moins de ténacité	OUI	NON

Interprétation :

Réponse « OUI » à plus de 20 items = sujet à risque de surentraînement
(notamment en présence de troubles du sommeil et de l'appétit)

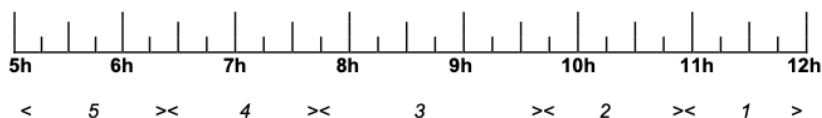
Annexe 4 : Questionnaire de typologie circadienne de Horne et Ostberg

ÊTES-VOUS COUCHE-TÔT OU COUCHE-TARD ? Questionnaire de typologie circadienne de Horne et Ostberg

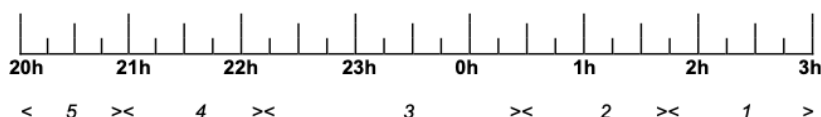
Instructions :

1. Lisez attentivement chaque question avant d'y répondre.
2. Répondez à toutes les questions.
3. Répondez aux questions dans l'ordre.
4. Vous pouvez répondre aux questions les unes indépendamment des autres. Ne revenez pas en arrière pour vérifier votre réponse.
5. Pour les questions à choix multiples, mettez une croix devant une seule réponse. Pour les échelles, placez une croix au point approprié.
6. Répondez à chaque question aussi sincèrement que possible. Vos réponses et les résultats de ce questionnaire resteront confidentiels.
7. Faites les commentaires que vous jugerez nécessaires dans la partie prévue sous chaque question.

Si vous viviez à votre rythme (celui qui vous plaît le plus), à quelle heure vous leveriez-vous étant entièrement libre d'organiser votre journée ?



Si vous viviez à votre rythme (celui qui vous plaît le plus), à quelle heure vous mettriez-vous au lit étant entièrement libre d'organiser votre journée ?



Si vous deviez vous lever à une heure précise, le réveil vous est-il indispensable ?

- pas du tout 4
- peu 3
- assez 2
- beaucoup 1

Dans des conditions adéquates (environnement favorable, sans contraintes particulières, etc.), à quel point cela vous est-il facile de vous lever le matin ?

- pas facile du tout 1
- pas très facile 2
- assez facile 3
- très facile 4

Comment vous sentez-vous durant la demi-heure qui suit votre réveil du matin ?

- pas du tout éveillé 1
- peu éveillé 2
- relativement éveillé 3
- très éveillé 4

Quel est votre appétit durant la demi-heure qui suit votre réveil du matin ?

- pas bon du tout 1
- pas bon 2
- assez bon 3
- très bon 4

Comment vous sentez-vous durant la demi-heure qui suit votre réveil du matin ?

- très fatigué 1
- relativement fatigué 2
- relativement en forme 3
- très en forme 4

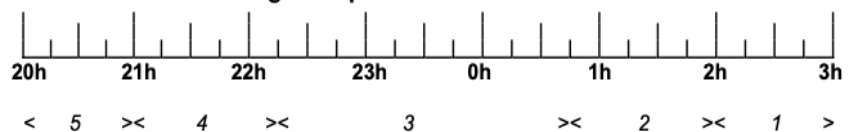
Quand vous n'avez pas d'obligations le lendemain, à quelle heure vous couchez-vous par rapport à votre heure habituelle de coucher ?

- rarement ou jamais plus tard 4
- moins d'1heure plus tard 3
- 1 à 2 heures plus tard 2
- plus de 2 heures plus tard 1

Vous avez décidé de faire un sport. Un ami vous suggère de faire des séances d'une heure et ceci deux fois par semaine. Le meilleur moment pour lui est de 7 à 8 heures du matin. Ne considérant que le rythme qui vous convient le mieux, dans quelle forme penseriez-vous être ?

- bonne forme 4
- forme raisonnable 3
- vous trouvez cela difficile 2
- vous trouvez cela très difficile 1

A quel moment de la soirée vous sentez-vous fatigué au point de vous endormir ?



Vous souhaitez être au meilleur de votre forme pour un examen qui vous demande un effort intellectuel considérable durant deux heures. Vous êtes entièrement libre de le passer quand vous le souhaitez, quelle est l'heure que vous choisiriez ?

- de 8 à 10 heures 6
- de 11 à 13 heures 4
- de 15 à 17 heures 2
- de 19 à 21 heures 0

Si vous alliez au lit à 23 heures, à quel niveau de fatigue seriez-vous ?

- pas du tout fatigué 0
- un peu fatigué 2
- relativement fatigué 3
- très fatigué 5

Pour une raison quelconque, vous vous couchez quelques heures plus tard que d'habitude, mais vous n'êtes pas obligé de vous lever à une heure précise le lendemain. Laquelle des propositions suivantes choisirez-vous ?

- vous vous réveillez comme d'habitude et vous ne vous rendormez plus 4
- vous vous levez comme d'habitude mais vous vous recouchez par la suite 3
- vous vous réveillez comme d'habitude mais vous vous rendormez 2
- vous vous réveillez plus tard que d'habitude 1

Pour effectuer une garde de nuit, vous êtes obligé d'être réveillé entre 4 et 6 heures du matin. Vous n'avez pas d'obligation le lendemain. Laquelle des propositions suivantes vous convient le mieux ?

- vous n'irez au lit qu'une fois la garde terminée 1
- vous faites une sieste avant et dormez après la garde 2
- vous dormez bien avant et faites une sieste après la garde 3
- vous dormez ce qu'il vous faut avant d'effectuer la garde 4

Vous devez faire deux heures de travail physique intense, mais vous êtes entièrement libre d'organiser votre journée. Laquelle des périodes suivantes choisirez-vous ?

- de 8 à 10 heures 4
- de 11 à 13 heures 3
- de 15 à 17 heures 2
- de 19 à 21 heures 1

Vous avez décidé de faire un sport. Un ami vous suggère de faire des séances d'une heure et ceci deux fois par semaine. Le meilleur moment pour lui est de 22 à 23 heures. Ne considérant que le rythme qui vous convient le mieux, dans quelle forme penseriez-vous être ?

- bonne forme 1
- forme raisonnable 2
- vous trouvez cela difficile 3
- vous trouvez cela très difficile 4

Supposez que vous pouvez choisir les horaires de votre travail. Admettons que vous travaillez 5 heures par jour et que votre travail est intéressant et bien payé. Quelle séquence de 5 heures consécutives choisirez-vous ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0			
MINUIT												MIDI				MINUIT											
<	1	><	5	><4><	3	><	2	><	1	>																	

A quelle heure de la journée vous sentez-vous dans votre meilleure forme ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0			
MINUIT												MIDI				MINUIT											
<	1	><	5	><	4	><	3	><	2	><	1	>															

On dit parfois que quelqu'un est un « sujet du matin » ou un « sujet du soir ». Vous considérez-vous comme celui du matin ou du soir ?

- tout à fait un sujet du matin	6	
- plutôt un sujet du matin	4	
- plutôt un sujet du soir	2	
- tout à fait un sujet du soir	0	

CALCULEZ VOTRE SCORE

Au dessus de 70 vous êtes	TOUT A FAIT DU MATIN
Entre 59 et 69 vous êtes	DU MATIN MODERE
Entre 42 et 58 vous êtes	NEUTRE
Entre 31 et 41 vous êtes	DU SOIR MODERE
Moins de 30 vous êtes	TOUT A FAIT DU SOIR