



Université de Strasbourg

FACULTÉ DE PHARMACIE

Numéro d'ordre :

MÉMOIRE DE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

**PRISE EN CHARGE D'UN SPORTIF AVANT, PENDANT ET APRES UN ULTRA-TRAIL :
EXEMPLE DE LA DIAGONALE DES FOUS A L'ILE DE LA REUNION
ROLE DU PHARMACIEN ET CONSEILS A L'OFFICINE**

Présenté par

Coralie LAMOLY

Soutenu le 14 novembre 2024 devant le jury constitué de

Monsieur **Pascal WEHRLE**, Directeur de thèse et Président du jury

Madame **Eléonore REAL**, Maître de conférence, Membre du jury

Madame **Tamila EKHIKHANOVA**, Docteur en pharmacie, Membre du jury

Approuvé par le Doyen

et par le président de l'Université de Strasbourg

Liste des enseignants-chercheurs de la faculté de Pharmacie



Doyen	Esther KELLENBERGER
Directeurs adjoints	Julien GODET Béatrice HEURTAULT Emilie SICK
Directeur adjoint étudiant	Léo FERREIRA-MOURIAUX

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

Professeurs :

Philippe	BOUCHER	Physiologie
Nathalie	BOULANGER	Parasitologie
Line	BOUREL	Chimie thérapeutique
Pascal	DIDIER	Biophotonique
Saïd	ENNAHAR	Chimie analytique
Valérie	GEOFFROY	Microbiologie
Philippe	GEORGE	Bactériologie, Virologie
Jean-Pierre	GIES	Pharmacologie moléculaire
Béatrice	HEURTAULT	Pharmacie galénique
Esther	KELLENBERGER	Bio-Informatique
Maxime	LEHMANN	Biologie cellulaire
Eric	MARCHIONI	Chimie analytique
Francis	MEGERLIN	Droit et économie pharm.
Yves	MELY	Physique et Biophysique
Jean-Yves	PABST	Droit Economie pharm.
Françoise	PONS	Toxicologie
Valérie	SCHINI-KERTH	Pharmacologie
Florence	TOTI	Pharmacologie
Thierry	VANDAMME	Biogalénique
Catherine	VONTHRON	Pharmacognosie
Pascal	WEHRLÉ	Pharmacie galénique

Professeurs-praticiens hospitaliers

Julien	GODET	Biostatistiques - science des données
Jean-Marc	LESSINGER	Biochimie
Bruno	MICHEL	Pharm. clinique santé publique
Pauline	SOULAS-SPRAUEL	Immunologie
Geneviève	UBEAUD-SÉQUIER	Pharmacocinétique

Enseignants contractuels

Alexandra	CHAMPERT	Pharmacie d'officine
Matthieu	FOHRER	Pharmacie d'officine
Philippe	GALAIS	Droit et économie pharm.
Philippe	NANDE	Ingénierie pharmaceutique
Caroline	WILLER - WEHRLÉ	Pharmacie d'officine

Maîtres de Conférences :

Nicolas	ANTON	Pharmacie biogalénique
Fareeha	BATOOL	Biochimie
Martine	BERGAENTZLÉ	Chimie analytique
Elisa	BOMBARDA	Biophysique
Aurélié	BOURDERIOUX	Pharmacochimie
Emmanuel	BOUTANT	Virologie et Microbiologie
Véronique	BRUBAN	Physiologie et physiopath.
Anne	CASSET	Toxicologie
Thierry	CHATAIGNEAU	Pharmacologie
Manuela	CHIPER	Pharmacie biogalénique
Guillaume	CONZATTI	Pharmacie galénique
Marcella	DE GIORGI	Pharmacochimie
Serge	DUMONT	Biologie cellulaire
Gisèle	HAAN-ARCHIPOFF	Plantes médicinales
Célien	JACQUEMARD	Chémoinformatique
Julie	KARPENKO	Pharmacochimie
Sonia	LORDEL	Chimie analytique
Clarisse	MAEHLING	Chimie physique
Rachel	MATZ-WESTPHAL	Pharmacologie
Cherifa	MEHADJI	Chimie
Nathalie	NIEDERHOFFER	Pharmacologie
Sergio	ORTIZ AGUIRRE	Pharmacognosie
Sylvie	PERROTEY	Parasitologie
Romain	PERTSCHI	Chimie en flux
Frédéric	PRZYBILLA	Biostatistiques
Patrice	RASSAM	Microbiologie
Eléonore	REAL	Biochimie
Andreas	REISCH	Biophysique
Ludivine	RIFFAULT-VALOIS	Analyse du médicament
Carole	RONZANI	Toxicologie
Emilie	SICK	Pharmacologie
Yaouba	SOUAIBOU	Pharmacognosie
Maria-Vittoria	SPANEDDA	Chimie thérapeutique
Jérôme	TERRAND	Physiopathologie
Nassera	TOUNSI	Chimie physique
Aurélié	URBAIN	Pharmacognosie
Bruno	VAN OVERLOOP	Physiologie
Maria	ZENIOU	Chimiogénomique

Maîtres de conférences - praticiens hospitaliers

Julie	BRUNET	Parasitologie
Nelly	ÉTIENNE-SELLOUM	Pharmacologie- pharm. clinique

Assistant hospitalier universitaire

Damien	REITA	Biochimie
--------	-------	-----------

SERMENT DE GALIEN

JE JURE,

en présence des Maîtres de la Faculté,
des Conseillers de l'Ordre des Pharmaciens
et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit
dans les préceptes de mon art et de
leur témoigner ma reconnaissance en
restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique,
ma profession avec conscience et de respecter non
seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles
de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne dévoiler à personne les secrets
qui m'auront été confiés et dont j'aurai eu
connaissance dans la pratique de mon art.

Si j'observe scrupuleusement ce serment,
que je sois moi-même honoré
et estimé de mes confrères
et de mes patients.

Remerciements

A mes professeurs de la Faculté de pharmacie de Strasbourg, merci d'avoir enrichi mes connaissances, d'avoir contribué à mon évolution professionnelle et de m'avoir conforté dans le choix du métier de pharmacien. Parce qu'il faut savoir que j'ai toujours voulu être médecin depuis mon plus jeune âge mais ma participation aux cours de la filière pharmacie en PACES m'a fait changer d'avis... Donc merci à vous.

A papa, Dadou, merci pour tout. Ou la toujours soutien a moin dan mon band choi personnel é professionnel. Ou la akompagne a moin en France, aide a moin installe a moin é ensuite ou la ni su Strasbourg pck c ce ke nou lavait di. Ou konai déjà tou ske mi pense de ou. Merci dète ske ou lé, davoit enseigne a moin out connaissance de la vie et transmette a moin out lexpérience et out karaktère débrouillard et solitaire. Mi pourra jamai asé di aou merci papa. Mi aim aou !

A antho mon frère chéri, tata Freddy, merci a zot davoit soutenir a moin pdt toute mon band étude. A chak foi zot t dit « bah ziska kel heure i sava lékol même dont ? » bah ester lé fini, oulah...(kom di papi). Zot i konai zot le soutien ke zot la été pou moin, les vacances à la Roche, Noël, les étés, les rigolades, les joies, les sessions bronzettes aux Sables... Merci à zot.

A ma mamie chérie Yolande mi aime aou piouk piouk, à tonton Sully, et le reste de la LFI, merci d'avoir été là kan mavai besoin et davoit soutenir a moin de lote koté la mer. Ma pas gg ni un tas vacances mais loin des yeux près du cœur...

A zot mon band vrai de vrai la Réunion, M.A, KF, merci a zot d'avoir soutenir a moin kan t falé, d'avoir passe des heures et des heures ek moin au tel, en facetime, d'avoir rend mon band peu d'vacances oté inoubliable. M.A mon alter égo, mon meilleur partenaire de débat de tout et nimporte koi. Et aou KF oubli pa nou doi fé un one man show ! merci pou toute

A mes amies de Strasbourg, merci à vous pour tous ces moments, toutes ces soirées arrosées, ces fous rires, ces bons moments, d'avoir rendu ma venue à Strasbourg agréable.

Aux Schreckenberger, merci d'avoir contribué à mon bien être à Strasbourg, d'avoir fait de moi « la fille de la maison ». Vous m'avez beaucoup apporté et je tenais à vous dire merci pour cet accompagnement et pour votre bienveillance. Une belle rencontre, à continuer ...

Table des matières

<i>Table des figures</i>	8
<i>Table des tableaux</i>	10
<i>Liste des abréviations</i>	11
<i>Introduction</i>	12
Partie 1 : L’Ultra-trail	14
I. Définition	15
II. La Diagonale des Fous c’est quoi ?	15
1. Histoire	15
2. Organisation et règles.....	17
3. Particularités.....	18
Partie 2 : Les risques liés à la pratique	22
I. Troubles musculosquelettiques	23
1. Biomécanique de la course à pied.....	23
2. Les troubles articulaires.....	24
a. Le syndrome facettaire	24
b. Le conflit fémoro-acétabulaire.....	25
c. Les entorses	26
d. Syndrome fémoro-patellaire.....	27
4. Affections tendineuses	27
a. Tendinites	27
b. Tendinopathie d’Achille	28
c. Syndrome de la bandelette ilio-tibiale.....	28
5. Atteintes musculaires	29
a. Avec lésions anatomiques.....	29
b. Sans lésions anatomiques	30
II. Pathologies cliniques	32
1. Troubles cardio-respiratoires.....	32
a. Le cœur de l’athlète	32
b. L’arrêt cardiorespiratoire et la mort subite	33
c. La fibrillation auriculaire (FA).....	34
d. Autres.....	34
e. Les poumons	34
2. Troubles métaboliques	35

a.	Carences.....	35
b.	Atteintes rénales.....	46
c.	Troubles gastro-intestinaux	47
d.	Immunodépression	47
III.	Autres affections	49
1.	Périostite tibiale.....	49
2.	Cutanées	49
a.	Phlyctènes.....	49
b.	Cancers cutanés	50
c.	L'orteil du joggeur	50
d.	Le pied de l'athlète	50
3.	La bigorexie.....	51
4.	Du surentrainement à l'« athletics burn-out »	52
	Partie 3 : La prévention des risques	55
I.	L'entraînement	56
1.	Qualités physiques.....	56
a.	Endurance	56
b.	Renforcement musculaire et articulaire	59
c.	L'entraînement croisé	59
2.	Planification des entraînements	60
3.	Points réglementaires.....	62
a.	Certificat de non contre-indication	62
b.	Les points qualificatifs.....	62
4.	Prévention des affections cutanées.....	63
a.	Produits solaires.....	63
b.	Préparer ses pieds.....	65
II.	Les besoins nutritionnels	67
1.	L'alimentation.....	67
a.	Glucides et glycogènes.....	67
b.	Acides gras	68
c.	Protéines	69
2.	La micronutrition	70
III.	Les suppléments	71
1.	Les médicaments	71
2.	Les compléments alimentaires	71
3.	Mésusage et contrefaçon	80
	Partie 4 : La prise en charge pendant et après la course	81

I. Le Jour J	82
1. Système d'assistance médicale.....	82
a. L'équipe médicale pluridisciplinaire.....	82
b. Le dispositif « Sara Event »	82
2. L'approvisionnement alimentaire.....	83
a. Les points de ravitaillement	83
b. Les provisions personnelles	83
3. La trousse à pharmacie de l'ultra-traileur	86
II. L'après course	86
1. Orthopédie.....	86
a. Les troubles articulaires	87
b. Affections tendineuses.....	89
2. La récupération musculaire et articulaire.....	90
3. Les atteintes dermatologiques	92
<i>Conclusion</i>	94
<i>Annexes</i>	96
.....	107
<i>Références bibliographiques</i>	108

Table des figures

Figure 1. : Carte physique de La Réunion.⁽²⁾	12
Figure 2. : Évolution de la distance en fonction du temps. ⁽¹²⁾	16
Figure 3. : Évolution du dénivelé positif en fonction du temps. ⁽¹²⁾	16
Figure 4. : Photo de l’ultra-runneuse suédoise Ellen WESTFELT. ⁽¹⁶⁾ Postée le 20 octobre 2022, jour du départ.....	17
Figure 5. : Profil de la Diagonale des fous, édition 2022. ⁽²³⁾	19
Figure 6. : Après l'ascension du Taïbit depuis Cilaos, l'entrée dans le cirque de Mafate vers Marla. ⁽²⁵⁾ Photo : Nicolas Féret	20
Figure 7. : Photo sentier Coteau Karveguen. ⁽²⁸⁾	21
Figure 8. : Photo sentier Coteau Karveguen. ⁽²⁸⁾	21
Figure 9. : Photo sentier. ⁽²⁷⁾ Photo : Grand Raid/Imaz Press	21
Figure 10. : Photo sentier début du Col du Taïbit. ⁽²⁸⁾	21
Figure 11. : Adaptation du schéma de la représentation du cycle de la course de François Bieuzen.⁽⁴²⁾	23
Figure 12. : Articulation facettaire. ⁽⁴⁶⁾	25
Figure 13. : Articulation vertébrale où l'on observe une usure de la facette de la vertèbre inférieure. ⁽⁴⁷⁾	25
Figure 14. : Conflit antérieur de la hanche. ⁽⁵¹⁾	25
Figure 15. : Prévalence de la morphologie cam. (Frank Arthroscopy 2015, Mascarenhas EJ 2016)⁵⁵	26
Figure 16. : Déplacement de rotule vers l'extérieure lors d'un mouvement de flexion du genou. ⁽²⁵⁴⁾	Erreur ! Signet non défini.
Figure 17. : Anatomie du genou lors des mouvements flexion (a) / extension (b). ⁽⁸⁰⁾ Le point rouge indique la localisation du conflit et donc l’origine de la douleur.....	28
Figure 18. : Évolution des cavités cardiaques avant, pendant et après le Tor des Géants.⁽⁹¹⁾ ..	32
Figure 19. : Origines et proportion d'un arrêt cardiaque en fonction de l'âge.⁽⁹⁶⁾	33
Figure 20. : L'apport en fer (en mg) en fonction de l'apport calorique journalier (en Kcal). ⁽¹¹⁷⁾ 37	
Figure 21. : Schéma de l'absorption intestinale du fer. ⁽¹¹⁵⁾ (HCP 1 : Hème protéine porteuse 1 ; DMT 1 : Dimétal transporteur 1 ; Dcytb : duodenal cytochrome réductase b ; HMOX : Hème Oxygénase)38	
Figure 22. : Pertes de fer potentielles chez un marathonien. ⁽¹¹⁵⁾	38
Figure 23. : Magnésium - Apports et Répartition. ⁽¹¹⁹⁾	40
Figure 24. : Homéostasie calcique. ⁽¹¹⁹⁾	42
Figure 25. : SRAA et la régulation de l'équilibre sodé. ⁽¹¹⁹⁾	43

Figure 26. : Évolution du taux de sélénium de J0 à J28 chez 106 coureurs de la Diagonale à La Réunion. Étude de Sudrial et al. ⁽⁸⁹⁾	45
Figure 27. : Schéma du mécanisme ischémique mésentérique. ⁽¹³⁴⁾	47
Figure 28. : Modèle de la courbe en J de Nieman. ⁽¹⁴¹⁾	48
Figure 29. : Mécanisme de l'apparition d'une ampoule par frottement. ⁽¹⁴⁹⁾	49
Figure 30. : Schéma d'une suite d'entraînements en récupération incomplète. ⁽¹⁶⁷⁾	52
Figure 31. : Schéma adapté des multiples origines et conséquences d'un syndrome de surentraînement. ⁽¹¹⁵⁾	53
Figure 32. : Métabolisme énergétique sollicitée en fonction de la puissance générée à l'effort et du temps. ⁽¹⁶⁷⁾	56
Figure 33. : Contribution énergétique relative (métabolisme anaérobie et métabolisme aérobie) en fonction du temps. ⁽¹⁶⁷⁾	56
Figure 34. : Débit ventilatoire en fonction de la vitesse de course. Détermination de la VMA, SV1 et SV2. ⁽¹⁷¹⁾	57
Figure 35. : Exemple d'un entraînement bien conduit. ⁽¹⁷¹⁾	60
Figure 36. : Bioconversion des acides gras poly-insaturés et leurs actions potentielles sur la physiologie du sportif. ⁽¹¹⁵⁾ Légende : 5-HT : sérotoninergique, DOPA : dopaminergique	68
Figure 37. : Voie de régulation et de synthèse de la mélatonine à partir de la sérotonine. ⁽²⁰⁵⁾	70
Figure 38. : Dispositif Sara Event sur mobile	82

Table des tableaux

Tableau 1. : Classification des lésions musculaires selon Durey et Rodineau. Tableau adapté de Elsevier.....	29
Tableau 2. : Comparaison des caractéristiques des coureurs présentant des crampes, des « semi » crampes et pas de crampes, ainsi que des crampes ou semi crampes combinées.	31
Tableau 3. : Régulation des sorties rénales de sodium	43
Tableau 4. : Symptômes d'un surentrainement vs d'un burn-out.....	54
Tableau 5. : Atouts de différents sports aux traileurs. Inspiré du livre de Marie Paturel.....	60
Tableau 6. : Tableau explicatif du calcul du nombre de points qualificatifs.....	63
Tableau 7. : Tableau résumant le cours de dermatologie et cosmétologie. ⁽¹⁵¹⁾	64
Tableau 8. : Consommation de compléments alimentaires Grand Raid édition 2015. ⁽²⁰²⁾	72
Tableau 9. : Type de ravitaillement disponibles sur La Diagonale des Fous. ⁽²⁴¹⁾	83
Tableau 10. : Liste non exhaustive des médicaments pouvant être consommés et/ou à proscrire lors d'une course d'ultra-trail.....	84

Liste des abréviations

Diagonale	Diagonale des Fous
UTMB	Ultra-Trail du Mont Blanc
d	Distance
D+	Dénivelé positif
D-	Dénivelé négatif
Finisher	Personne qui a couru et terminé une course dans son entièreté
Ultra	Ultra-trail
UV	Ultra-violet
CFA	Conflit fémoro-acétabulaire
CK	Créatine kinase
AINS	Anti-inflammatoire non stéroïdien
Dom-Com	Départements d'outre-mer et collectivités d'outre-mer
ADH	Hormone anti-diurétique
IVRS	Infection des voies respiratoires supérieures
DSM	Diagnostic and statistical manual (outil de classification des troubles mentaux par l'Association américaine de psychiatrie)
EAI	Exercice addiction inventory
EDS	Exercice dependence scale
EDQ	Exercice dependence questionnaire
BNP	Brain Natriuretic Peptide
FA	Fibrillation auriculaire
ATP	Adénosine triphosphate
ATCD	Antécédent(s)
HE	Huile essentielle
DGCCRF	Direction de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ALAT	Alanine aminotransférase (transaminase)

Introduction

La Réunion est un département français d’Outre-mer de 861 210 habitants[1] et d’une superficie d’environ 2 500 km²[1] situé à près de 11h de vol de Paris, dans l’océan Indien. Pour mieux appréhender sa superficie, la durée d’un trajet en voiture de Saint-Denis entouré en rouge (Figure 1.[2]), une commune du nord et le chef-lieu de l’île, à Saint-Joseph entouré en orange (Figure 1.), une commune du sud, est de 1h20min [2].



Figure 1. : Carte physique de La Réunion.⁽²⁾

La Réunion, l’île intense, est réputée pour son volcan actif le Piton de la Fournaise, encadré en bleu cyan (cf. **Figure 1.**), capable de modifier la superficie de l’île lors de ses éruptions, pour ses plages et ses lagons, ses cascades, ses paysages paradisiaques, sa route mythique aux 400 virages qui mène au cœur de Cilaos, qui constitue avec Mafate et Salazie les 3 cirques de l’île encadrés en rose (cf. **Figure 1.**), et tant d’autres particularités dont ses fruits exotiques tels que l’ananas Victoria ou le letchi qui attirent de nombreux touristes chaque année, la vanille de Bourbon très prisée par les pâtisseries et son café doux et fruité mondialement reconnu par les férus de café : le Bourbon pointu à près de 500 euros le kilo.

« Je reviendrai à coup sûr peut-être pas l’an prochain mais dans quelques années c’est sûr que je reviendrai parce que La Réunion m’a beaucoup impressionné, les paysages, les Réunionnais. Je reviens à coup sûr, je promets. » a déclaré Daniel JUNG au micro du journaliste sportif Johnny LERIVAIN pour la chaîne de télévision locale Réunion la 1^{er}[3] lorsque le Français Ludovic POMMERET et lui ont, ensemble et après un parcours d’une durée de 23h02min21sec, remporté l’édition 2021 de la Diagonale des Fous.

Les Réunionnais, c’est ainsi que l’on nomme les personnes originaires de l’île. Un Réunionnais ou une Réunionnaise, pour son homologue féminin, est issu d’un métissage singulier résultant de la réunion de différentes populations telles que les Français originaires de métropole, les Chinois, les Indiens, les Malgaches, les Africains, qui cohabitent ensemble en harmonie. Le vivre ensemble est symbole du multiculturalisme qui caractérise l’île et cela même lors de la Diagonale des Fous. « Il ne faut pas perdre de vue que La Réunion, je pense que c’est le plus beau départ de toutes les courses du monde. Il y a 80 000 personnes qui sont sur les 7-8 premiers kilomètres, c’est complètement dingue. », a prononcé David MAILLOCHON à Sylvain CESBRON lors d’une interview au sujet de son expérience en ultra-trail et de ses 12 participations à la Diagonale des Fous [4].

Lors de cette interview, David MAILLOCHON s’était aussi confié sur sa première expérience lors de l’édition 2000, qui a été « un calvaire du début à la fin », en évoquant l’absence d’une préparation physique et psychique adaptée : « Je ne savais pas, je n’avais aucune demi-idée de ce que ça pouvait être. Traumatisé du début à la fin, enfin c’était un calvaire. » et en précisant qu’il avait mis des mois à s’en remettre à cause de la douleur tant physique que psychologique [4].

Ce travail a pour objectif d’établir les multiples moyens disponibles dans la prévention et la prise en charge des risques et blessures liés à la pratique d’ultra-trail. Après l’énumération et la définition de ces risques physiques et psychiques, ce travail mettra en évidence le rôle du pharmacien dans la prise en charge du sportif à l’officine en traitant la médication, la nutrition et la micronutrition, en développant l’intérêt de l’orthopédie et en présentant divers conseils pour la récupération après l’effort.

Partie 1 :
L'Ultra-trail

I. Définition

C'est en 1977, aux Etats-Unis, que le premier ultra-trail officiel a vu le jour avec la course Western States Endurance Run de 100 miles, soit une distance (d) de 160 km [5].

Le Ministère du sport a accordé la délégation pour cette discipline en mars 2022 à la Fédération française d'athlétisme [6] qui a pour mission d'organiser, développer et contrôler la pratique de l'athlétisme sous toute ses formes ; c'est-à-dire pour des pratiques en stade et hors stade (cas du trail) [7].

Selon le Ministère du sport, les ultra-trails (ou ultra-endurances) sont des « courses pédestres avec classement ou/et prise de temps se déroulant en milieu naturel sur un parcours à grande majorité en chemins ou sentiers, sans matériel spécifique ou boussole d'une distance supérieure ou égale à 80 km » [6]. « En milieu naturel » signifie que la course se déroule sur des sentiers en montagnes, dans des plaines, forêts, dans les bois et qu'elle est composée d'un pourcentage de route (goudronnée) inférieur à 20% [8], de dénivelé positif et négatif.

Dans le jargon, un dénivelé positif (D+) est l'addition des distances de toutes les pentes et son contraire, le dénivelé négatif (D-), est l'addition des distances de toutes les descentes du parcours. Le terme de dénivelé cumulé peut aussi être employé dans de rares cas, c'est l'addition du dénivelé positif et négatif [8] mais le plus couramment utilisé lors de la description d'une course est le dénivelé positif qui est raccourci sous le terme de « dénivelé ».

Cette activité sportive possède un vocabulaire propre à elle qu'il est nécessaire d'appriivoiser et qui sera défini tout au long de ce travail.

En France, ce n'est qu'en 1989 que le premier ultra-trail a été organisé à l'Ile de La Réunion sous le nom de « La Marche des Cîmes » qui n'est autre que l'ancêtre de la Diagonale des Fous [9]. Puis en 2003, c'est à Chamonix que l'Ultra Trail du Mont Blanc (UTMB) est apparu [10], une autre grande course française mondialement connue de 171 km avec un dénivelé positif de 10 000 m [10]. Aujourd'hui, d'après l'émission *Tout le sport* diffusée le 31 août 2023 sur France 3, on compte près de 2 500 courses d'ultra-trail en France.

II. La Diagonale des Fous c'est quoi ?

1. Histoire

En 1989, Jean-Jacques MOLLARET, commandant de la gendarmerie de Saint-Pierre et ancien commandant du PGHM (Pelotons de Gendarmes de Haute Montagne) de Chamonix, et son collègue,

Roger FAGONDE, avaient eu l'idée de traverser La Réunion sans interruption [11]. Jean-Jacques MOLLARET était un passionné de sport en haute montagne et aimait partager sa passion. La Réunion était pour lui un terrain de jeu et de découverte et il aimait explorer de nouveaux sentiers [11] jusqu'au jour où il s'était demandé si un humain était capable de traverser l'île sans faire de halte. L'exploit fut réalisé grâce à Roger FAGONDE pour la première fois sur l'île [11] un samedi 28 octobre 1989. La Marche des Cîmes rejoignait Saint-Denis à Saint-Philippe sur 112 km avec 5 400 m de dénivelé [12] et parcourait donc déjà l'île du nord au sud. Ils avaient 58 heures maximum pour accomplir l'exploit en autosuffisance alimentaire, c'est-à-dire en devant être autonome au sujet de l'alimentation et de l'hydratation entre les points de ravitaillement.

Au fil du temps, la course a évolué en modifiant son parcours et en changeant de nom, comme le montrent les **Figures 2. et 3.** [12], jusqu'en 1994 où le journaliste Bernard MORIN la baptise « Diagonale des Fous » [13].

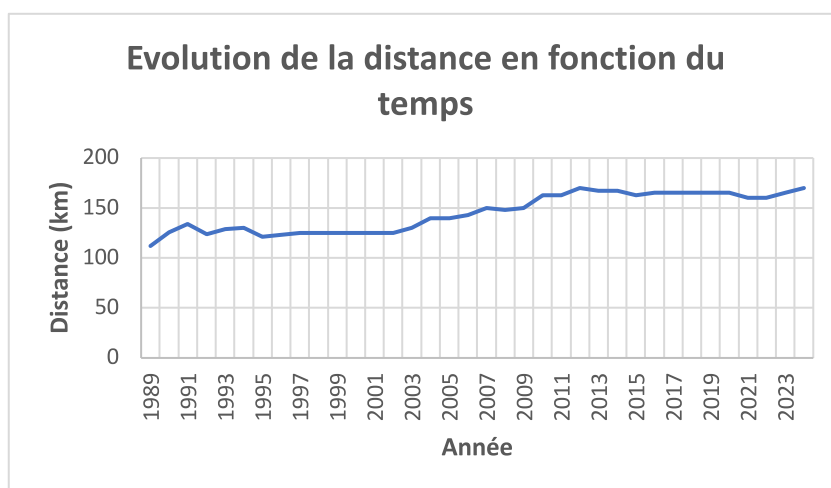


Figure 2. : Évolution de la distance en fonction du temps. ⁽¹²⁾

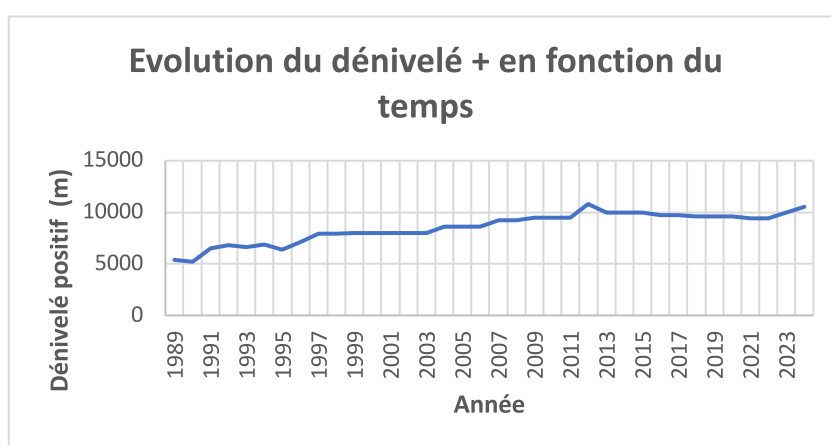


Figure 3. : Évolution du dénivelé positif en fonction du temps. ⁽¹²⁾

Aujourd'hui, la course débute à Saint-Pierre pour traverser l'île en diagonale sur une distance de 165 km et un dénivelé avoisinant les 10 000 m jusqu'à la ligne d'arrivée, au Barachois, à Saint-Denis.

L'édition 2024 devrait évoluer en s'allongeant à 170 km avec un dénivelé de 10 500 m [14].

2. Organisation et règles

La Diagonale des Fous est organisée par l'Association Grand Raid et le jury d'épreuve se compose du Président, des Vice-Présidents de l'association, du Directeur de la course, d'un représentant du Parc National et d'un coureur désigné comme représentant de la course [15]. Une équipe médicale multidisciplinaire composée de médecins, d'infirmiers, de kinésithérapeutes, de podologues, d'ostéopathes et de secouristes est disponible pendant toute la durée de l'épreuve à des endroits bien définis, que les participants peuvent prendre connaissance dans leur carnet de route (*cf. Annexe 1*), et dont une miniature est accessible directement sur le dossard nominatif individuel pour une lecture en sécurité comme le montre une photo de l'ultra-runneuse Ellen WESTFELT [16] prise le jour de son départ lors de l'édition 2022 (*cf. Figure 4*).



*Figure 4. : Photo de l'ultra-runneuse suédoise Ellen WESTFELT. ⁽¹⁶⁾
Postée le 20 octobre 2022, jour du départ.*

Le nombre de participants s'élève à plus de 2000 coureurs venant de plusieurs pays. Pour l'édition 2024, 3 000 places seront départagées entre les participants locaux, ceux résidant sur le territoire métropolitain et les Dom-Com, les étrangers ne résidant pas sur le territoire métropolitain et les Dom-com. Les coureurs inscrits sont choisis par tirage au sort sauf pour ceux participant à la course via les partenaires de la course et pour les étrangers non-résidents [17].

Pour s'inscrire à la Diagonale, il faut être âgé de 20 ans révolu, se créer un compte coureur sur le site « grandraid-reunion.com », remplir le bulletin d'inscription, fournir une pièce d'identité et un certificat médical (*cf. Annexe 3*) attestant l'aptitude du candidat aux efforts prolongés et intenses en

altitude sont obligatoire pour pouvoir participer à la compétition [15]. Le coureur doit justifier d'avoir couru et terminé deux trails ou ultra-trails permettant d'acquérir au minimum 85 points chacun (*cf. Partie 3.I.4. Les points qualificatifs*) sur une période définie à chaque édition, soit du 1^{er} janvier 2023 ou 31 juillet 2024 pour l'édition 2024 par exemple [18].

Pour des soucis de sécurité, l'Organisation impose des équipements obligatoires à présenter le jour de la remise des dossards avant le début de la course, sans quoi, la participation à la course est annulée (*cf. Annexe 2*). Une puce électronique est également fournie aux coureurs pour le pointage aux différents points de contrôle présents sur le parcours de la course. Chaque coureur doit quitter le point de contrôle avant l'heure de fermeture définie (*cf. Annexe 1*), accessible sur le tableau des barrières horaires remis lors de la distribution des dossards et sur internet, pour pouvoir poursuivre la course et aspirer à être classé [15].

La participation peut se faire en individuel, aussi appelé Scratch Hommes ou Scratch Femmes, ou en équipe de trois coureurs (de sexe masculin ou féminin) au minimum avec un classement final par équipe après addition des points obtenus par les trois premiers de chaque équipe ayant franchi la ligne d'arrivée. Il faut au moins trois personnes finishers (ayant couru et terminé la course jusqu'à l'arrivée) au sein d'une équipe pour qu'elle puisse figurer dans le classement par équipe [15]. En cas d'égalité de point entre deux ou plusieurs équipes, c'est le score scratch du premier de chacune des équipes qui tranchera [15]. En ce qui concerne le classement en individuel, la Diagonale a la particularité d'attribuer la double victoire lorsque deux concurrents passent la ligne d'arrivée main dans la main. Comme nous l'avons vu dans l'introduction, Daniel JUNG et Ludovic POMMERET ont remporté ensemble l'édition 2021. Depuis l'édition 2022, cette pratique, qui n'a jamais fait partie du règlement des courses de trail, a été abolie par Pierre MAUNIER, président de l'association Grand Raid. Désormais, il est toujours possible d'arriver main dans la main mais c'est le plus âgé des deux qui sera sacré unique vainqueur [19].

3. Particularités

En recherchant « ultra-trails les plus difficiles au monde » sur Internet, la Diagonale n'a rien à envier à d'autres courses. Effectivement, elle se place dans le top 20 des courses les plus difficiles au côté de l'**Hardrocks 100** (d : 160 km ; D+ : 10 000 m) [20] dans les montagnes du Colorado ou du **Dragon's Back Race** (d : 380 km ; D+ : 16 000 m) [21] qui traverse le Pays de Galle [22] ; elle compte même parmi le top 10 des courses les plus difficiles au monde au côté de ces mêmes courses mentionnées précédemment auxquelles viennent s'ajouter d'autres telles que le **Tor des Géants** (d : 330 km ; D+ : 24 000 m) [23] en Italie et le mythique **Ultra-Trail du Mont Blanc** [24].

Ses 165 km de distance positionnent cette course comme une redoutable aventure mais son dénivelé, sa technicité, la qualité de ses sentiers et la météo tropicale qui y règne sont, sans nul doute, les points les plus souvent relevés par les pratiquants ayant fait l'expérience [24].

Son dénivelé cumulé est de 10 000 m de dénivelé positif et autant en négatif [25] et dès le début de la course, les coureurs sont confrontés à une rude montée pour atteindre le point culminant à 2 476 m d'altitude à la Plaine des Sables, au massif du Piton de la Fournaise.



Figure 5. : Profil de la Diagonale des fous, édition 2022. ⁽²³⁾

Le profil de la course [26] (cf. **Figure 5.**) met en évidence l'une des particularités les plus évoquées par les adeptes de la discipline : ils courent très peu du fait de la pauvreté des parties roulantes (zones où le sportif peut courir) [25] et de la générosité de cette course en pentes et descentes qui n'en finissent plus de saccader le rythme de la course.

D'après le Continental, il ne faut pas être un bon coureur mais un bon grimpeur pouvant parcourir une pente de 1 400 m s'étendant sur « seulement 5 km » [24], comme celle du col du Taïbit (cf. **Figure 6.**), l'une des pentes les plus difficiles du parcours, permettant d'arriver dans le cirque de Mafate avec ses 1 000 m de dénivelé positif sur approximativement 6 km [27] pour ensuite dévaler 10 km de dénivelé négatif de 1 000 m [27].

Tout le long du parcours les coureurs voient leur rythme de course cassé et interrompu par ces enchainements de pentes et descentes interminables [28] et techniques.



Figure 6. : Après l'ascension du Taïbit depuis Cilaos, l'entrée dans le cirque de Mafate vers Marla. (25)

Photo : Nicolas Féret

750 m de dénivelé négatif sur 3 km est une descente raide qui nécessite de la technicité, à laquelle vient s'ajouter la qualité des sentiers qui composent la course : sentiers boueux, endroits entourés de fils barbelés [27] ou munis d'échelle en métal [29] (cf. **Figure 8**), descentes et montées en escaliers irréguliers (cf. **Figure 7**), des morceaux de chemins où les falaises se dressent d'un côté et le vide profond des montagnes de l'île peut être fatal par manque de lucidité, de concentration et de technique de l'autre côté (cf. **Figure 9**), des cours d'eau à traverser en se déplaçant sur des grosses roches [30] pouvant être glissantes avec des chaussures trempées ou avec une météo tropicale de l'île qui peut se montrer capricieuse (cf. **Figure 10**). Le risque de chute est élevé pendant cette course comme le montre les photos prises de la vidéo produite par Thibault LOUE lors de sa participation à l'édition 2019 [31].

A La Réunion, il y a deux saisons tropicales humides. L'été austral de novembre à avril est caractérisé par une saison chaude, submergée de pluies avec la venue potentielle de cyclones. Du mois de mai au mois d'octobre, c'est l'hiver austral qui régit le climat. Il s'agit d'une saison fraîche, sèche accompagnée de beaucoup de vent.



Figure 7. : Photo sentier Coteau Karveguen. ⁽²⁸⁾



Figure 8. : Photo sentier Coteau Karveguen. ⁽²⁸⁾



Figure 10. : Photo sentier. ⁽²⁷⁾
Photo : Grand Raid/Imaz Press



Figure 9. : Photo sentier début du Col du Taïbit. ⁽²⁸⁾

L'ensoleillement est présent tout au long de l'année sur l'île. L'indice ultra-violet (UV) est estimé par des dermatologues à 13-14 sur les littoraux [32] et peut atteindre jusqu'à 18 voire 20 en montagne [33]. Une ex-sénatrice de La Réunion avait soulevé la question en 2005 au ministre de la santé et de la solidarité en fonction à cette même année sur les mesures mises en place pour la lutte contre les cancers cutanés directement liés aux indices UV à La Réunion [32].

La biodiversité réunionnaise est exceptionnelle et unique au monde. En 2017, le Parc national de l'île avait fait une note aux participants, à leur entourage et au grand public sur les bons gestes à adopter afin de protéger la nature et la biodiversité de l'île [34]. En 2021, Pierre MAUNIER a déclaré au journal local le Quotidien : « Nous avons une biodiversité fragile et endémique qu'il faut absolument protéger » [35]. Une charte de l'environnement est présente dans le règlement de la course [36] et tous les participants doivent y adhérer pour ne pas être sujets à des pénalisations voire à une disqualification en cas de non-respect de la charte [37].

Partie 2 :
Les risques liés à la pratique

I. Troubles musculosquelettiques

Les troubles, ou blessures, musculosquelettiques sont définis par l'Institut national de veille sanitaire (INVS) comme « un ensemble d'affections périarticulaires qui peuvent affecter diverses structures des membres supérieurs, inférieurs et du dos : tendons, muscles, articulations, nerfs et système vasculaire » [38]. L'une des causes les plus fréquentes est l'hyper-utilisation, ou l'hyper-sollicitation, des structures anatomiques occasionnant des blessures dues à une accumulation de stress excessif et répétitif [39].

Dans la course à pied, la définition de ces blessures présente une disparité qui implique, au sein des différentes études, des taux divers recensés de lésions. Effectivement, un taux d'incidence de 84,9% des blessures a été rapporté dans une étude où étaient définies comme blessures musculosquelettiques « Toute plainte physique développée en relation avec les activités de course à pied et entraînant une restriction de la distance, de la vitesse, de la durée ou de la fréquence de course » [40]. Alors que dans une autre étude c'est un taux significativement inférieur de 24% qui a été rapporté face à une définition plus restrictive : « Une blessure qui amène les coureurs à arrêter de courir pendant au moins sept jours » [41].

Maxime Dujardin a mené une étude rétrospective lors de la Diagonale de 2012 montrant que 54,9% des motifs de consultation d'un service d'accueil d'urgence était pour de la traumatologie [42].

1. Biomécanique de la course à pied

Il est important de comprendre la biomécanique de la course à pied car elle appartient aux différents facteurs à l'origine de l'apparition des blessures [43] et elle se présente donc utile à leur prévention et leur prise en charge.

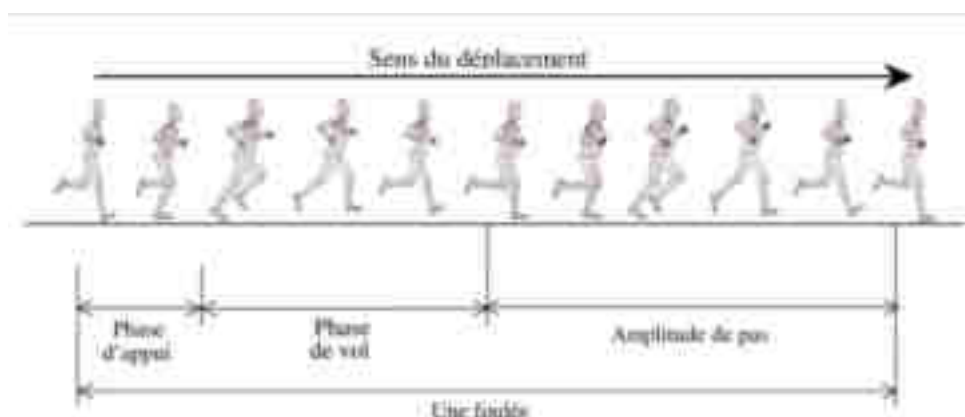


Figure 11. : Adaptation du schéma de la représentation du cycle de la course de François Bieuzen.⁽⁴²⁾

Le cycle de la course à pied est défini comme le cycle de la marche accompagné d'une phase de flottement supplémentaire, appelée phase de vol (*cf. Figure 11.*), qui se caractérise par le moment où les deux membres inférieurs ne sont pas en contact avec le sol [44] et contrairement au cycle de la marche, il n'y a pas de phase de double appui au sol. Le cycle est composé de trois phases [45] :

- Phase d'amortissement : Résistance de la jambe au contact du pied au sol.
- Phase de soutien : Le centre de masse du sujet est à l'aplomb du pied et les muscles sont en contraction isométrique.
- Phase de propulsion : Contraction excentrique des muscles pour propulser le corps vers l'avant.

Une foulée est la distance qui relie le moment où le pied quitte le sol à celui où ce même pied entre de nouveau en contact avec le sol (*cf. Figure 11.*).

La vitesse est déterminée par la cadence (nombre de pas), la longueur des pas et la foulée. Plus la vitesse de la course augmente, plus la phase d'appui représente un faible pourcentage du cycle et les forces de réaction au sol augmentent ayant pour conséquence une élévation du risque de blessures [44]. Les contraintes exercées sur les membres inférieurs sont plus importantes, notamment au niveau des articulations du genou et de la cheville, des os tels que le tibia et le fémur, des groupes musculaires qui composent les membres inférieurs comme les quadriceps, les ischio-jambiers et les muscles jambiers, et au niveau des pieds.

2. Les troubles articulaires

Une des complications redoutées des sportifs au sujet des troubles articulaires est l'arthrose.

Une étude menée lors de l'UTMB a mis en évidence que la pratique (ancienneté de la pratique, kilomètres hebdomadaire, heures de course hebdomadaire) de la course à pied n'était pas significativement liée à son apparition. En revanche, son apparition était significativement liée à l'âge de l'athlète (>60 ans), à la présence de douleurs articulaires et d'œdèmes articulaires, et notamment à l'entorse du genou [46].

a. Le syndrome facettaire

Le syndrome facettaire, ou la lombalgie du coureur, est décrit comme l'une des causes des maux de dos des coureurs. Effectivement, lors d'un ultra-trail, les descentes de côtes (D-) imposent des contraintes sur la colonne vertébrale et notamment au niveau de la région lombaire lors de la phase d'amortissement, une composante de la phase d'appui. Ces multiples impacts répétés provoquent des microtraumatismes au niveau de l'articulation vertébrale [47] qui peuvent irriter et entraîner une usure prématurée (*cf. Figure 12.*) des facettes articulaires vertébrales [48] qui sont des articulations mobiles

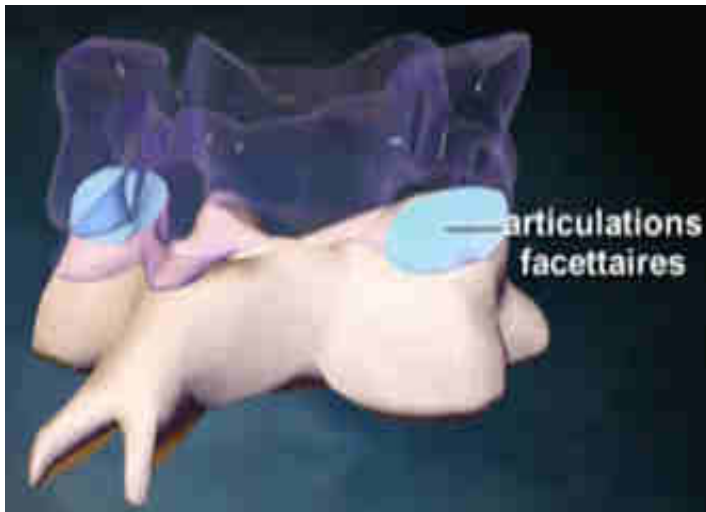


Figure 12. : Articulation facettaire. ⁽⁴⁶⁾



Figure 13. : Articulation vertébrale où l'on observe une usure de la facette de la vertèbre inférieure. ⁽⁴⁷⁾

postérieures de la colonne vertébrale et qui relient les vertèbres entre elles (cf. **Figure 13.**) [49]. Elles permettent d'assurer la souplesse de la colonne vertébrale en assurant les mouvements de flexion/extension et la stabilisation des disques intervertébraux [50]. Ces irritations, issues du stress traumatique et mécanique, entraînent une inflammation appelée syndrome facettaire qui est la source de 15 à 45 % des douleurs lombaires [51]. Le syndrome facettaire se manifeste le plus fréquemment au niveau des vertèbres les plus « chargées » : L4-L5 et L5-S1 [50] ; cette affection augmente avec l'âge [52].

Une étude a mis en évidence que le dysfonctionnement de la bandelette ilio-tibiale pouvait aussi être la source d'une lombalgie chez un coureur [53]. En effet, cette étude a démontré que les transmissions de force du pied au bas du dos pouvaient entraîner une fixation de l'articulation sacro-iliaque et une lombalgie.

b. Le conflit fémoro-acétabulaire

Le conflit fémoro-acétabulaire (CFA) est issu d'un contact précoce entre le fémur (au niveau du col et de la tête) et l'acétabulum du bassin. Le fléchissement de la hanche entraîne un écrasement et un déchirement du labrum (amortisseur) et du cartilage de la partie antérieure de la hanche [54]. Le



Figure 14. : Conflit antérieur de la hanche. ⁽⁵¹⁾

CFA se produit par deux mécanismes qui peuvent entraîner une lésion prématurée du cartilage, des tissus environnants (cf. **Figure 14.**) avec pour complication une arthrose de la hanche [55], aussi appelée coxarthrose :

- Conflit en « cam » : l'anomalie vient du rayon anormalement grand de la tête fémorale qui provoque des cisaillements.
- Conflit en « pince » : l'anomalie vient de l'acétabulum.

Cela se manifeste par une douleur antérieure de la hanche. Chez les sportifs, notamment les sportifs de courses à pied [54], l'apparition d'un CFA est catégoriquement accélérée par la répétition des mouvements lors des entraînements et des compétitions [56], [57], [58] (cf. **Figure 15.**). Cette étude expose la présence d'un CFA de type cam par imagerie et a montré que, le conflit était présent chez deux tiers des sportifs indépendamment des symptômes.

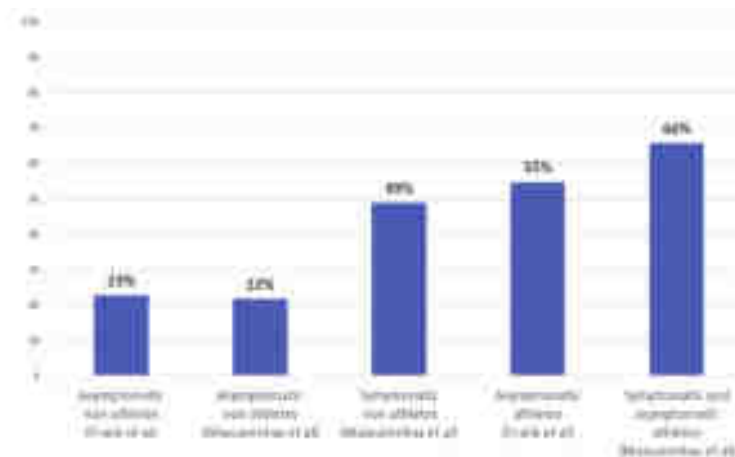


Figure 15. : Prévalence de la morphologie cam.
(Frank Arthroscopy 2015, Mascarenhas EJR 2016)⁵⁵

c. Les entorses

Les entorses de la cheville sont les pathologies aiguës les plus fréquentes [59] avec une incidence de 10,8% [60] à 17,9 % [61].

L'étude rétrospective de Maxime Dujardin lors de la Diagonale 2012 a recensé 32,1% d'entorse de la cheville, ce qui représentait 17,6% des diagnostics en traumatologie, suivi de l'entorse du genou qui représentait environ 4% des diagnostics [42].

De plus, le Bulletin de Veille Sanitaire suite à cette édition 2012 a décrit une augmentation non significative du nombre de consultations aboutissant à un diagnostic d'entorse de la cheville aux services d'accueil des urgences de l'île du 19 au 23 octobre 2012, soit du lendemain du départ jusqu'à deux jours après l'arrivée [62].

Une autre étude, menée sur 1 000 coureurs d'ultra-trail ayant comptabilisé 1 000 heures de course, a mis en évidence une incidence de 14,3% d'entorse du genou [63]. L'entorse du genou est caractérisée par une lésion des ligaments, plus fréquemment le ligament croisé antérieur, causant

plusieurs symptômes tels qu'un gonflement, une instabilité de l'articulation accompagnés de douleur [64].

d. Syndrome fémoro-patellaire

Le syndrome fémoro-patellaire, plus communément appelé le syndrome rotulien, fait partie des troubles musculosquelettiques décrits comme les plus fréquents chez les marathoniens [65] dans la littérature avec une incidence de 7,2 % [66] à 16,5% suivant les études [67].

L'origine de ce syndrome est le surmenage et la course à pied est décrite comme faisant partie des disciplines les plus à risque [68], notamment à cause du risque de désalignement vers l'extérieur de la rotule (ou patella) par rapport au fémur entraînant alors une compression démesurée sur les facettes patellaires lors du recrutement de l'articulation [69].

Les symptômes se caractérisent par une douleur antérieure au niveau du genou, autour de la rotule qui s'installe progressivement [70] et qui se manifeste lors d'une activité sportive, lors des mouvements de flexion/extension du genou (montées/descentes d'escaliers, position accroupie, etc.) [68].

4. Affections tendineuses

a. Tendinites

Les tendinites sont une atteinte fréquente dans le sport. Il s'agit d'une inflammation du tendon causant des douleurs au mouvement et au toucher [71]. Beaucoup d'études décrivent l'apparition de tendinite de localisation variable chez les marathoniens. Elles peuvent survenir au niveau du genou, notamment au niveau du tendon rotulien avec une incidence d'environ 20% lors d'une étude menée lors d'une course de six jours à Nottingham en août 1982 [72]. L'étude rétrospective menée lors de l'édition de 2012 de la Diagonale, la tendinite du genou représentait 14,8% des diagnostics en traumatologie et a été caractérisé comme la première pathologie d'usure [42].

La tendinite du pied, typique chez les coureurs, se localise au niveau des extenseurs du pied. La douleur est symptôme de la pratique de l'activité et s'intensifie avec l'intensité. Un gonflement diffus peut aussi apparaître. La symptomatologie est progressive [73]. Elle peut aussi survenir d'une atteinte du tendon du muscle tibial antérieur par hyper-sollicitation [74], notamment lors des ultra-trails, causant ainsi une tendinite dite de dorsiflexion du pied, ce qu'a mis en évidence l'étude menée à Nottingham avec une incidence d'environ 30% [72].

Il a été conclu lors d'une étude que la course à pied influençait la structure du tendon d'Achille [75] et donc l'apparition d'une tendinite.

b. Tendinopathie d'Achille

La tendinopathie est une affection très courante chez les adeptes de courses à pied et représente une incidence de 9,1% à 10,9% [76]. Suite à un surmenage de l'articulation de la cheville et à une répétition de microtraumatismes [76], une dégénérescence de la structure (altération des fibres de collagènes, une infiltration graisseuse et une prolifération capillaire [77] et nerveuse [78]) peut se manifester avec échec de cicatrisation [79]. Une modification des propriétés mécaniques du tendon s'installe et provoque des douleurs chez le sportif pouvant conduire à une atteinte de la fonction du membre inférieur, voire même à une peur du mouvement [80]. Elle se différencie de la tendinite par l'absence du caractère inflammatoire [81].

c. Syndrome de la bandelette ilio-tibiale

Plus communément appelé syndrome de l'essuie-glace, il est la cause la plus incriminée dans les douleurs latérales du genou 1,6 % à 12% chez les athlètes de courses à pied [82]. La manifestation se fait par l'apparition d'une douleur vive au niveau de la face externe pouvant se propager jusqu'au niveau du haut du genou lors des mouvements répétés de flexion/extension du genou (en début de course majoritairement [83] jusqu'aux activités de la vie quotidienne dans les cas les plus sévères stoppant toute pratique sportive [84]).

Il s'agit d'une friction entre la face profonde du tendon du *fascia lata* (gaine faciale superficielle de la cuisse [85]) et la face latérale du condyle fémoral externe [84] associée à une inflammation de la bourse séreuse (bursite) [82] et ayant pour origine le surentrainement le plus fréquemment [83], [82]. Certaines études ont montré que la bursite associée pouvait être à l'origine du syndrome en mettant en évidence le retour au niveau d'activité d'avant syndrome des patients ayant subi une bursectomie [86].

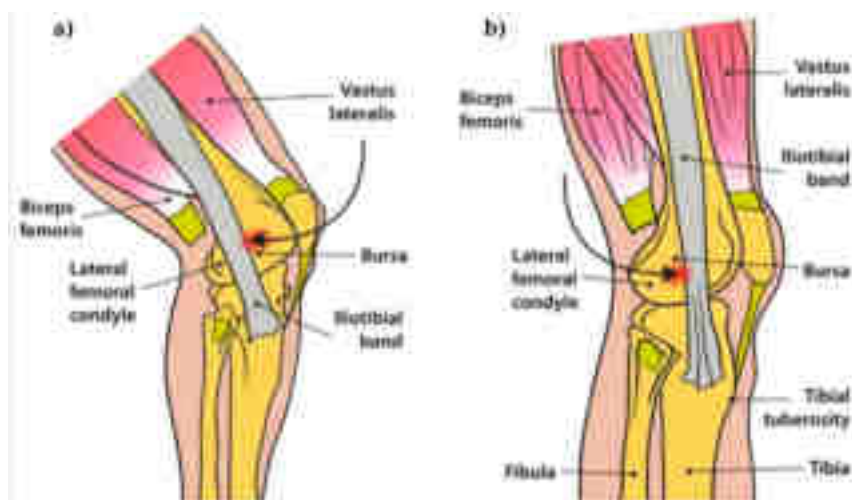


Figure 16. : Anatomie du genou lors des mouvements flexion (a) / extension (b). ⁽⁸⁰⁾
Le point rouge indique la localisation du conflit et donc l'origine de la douleur.

5. Atteintes musculaires

Une étude menée sur 76 coureurs lors de l'UTMB de 2019 a mis en évidence les types de blessures d'origine musculaire pendant la course : 39,5% étaient dues à des douleurs musculaires diffuses, 7,9% étaient dues à des crampes pendant la course. L'équipe médicale a eu un taux de consultation de 26,3% pour des douleurs musculaires (25%) et des crampes (10%) [87]. De plus, lors de cette même étude, un taux de 64,5% de fatigue générale chez les coureurs pendant la course a été rapporté et a été l'objet de motif de consultation de l'équipe médicale pendant la course (10%).

a. Avec lésions anatomiques

Il est question de lésions visibles lors d'un examen complémentaire type échographie ou IRM [88], on parle alors d'élongation, de déchirure et de rupture du muscle atteint.

Il existe une classification histologique des lésions selon Durey et Rodineau [89] (*Tableau 1*).

En ce qui concerne la course à pied, les localisations sont préférentiellement au niveau des membres inférieurs [88]. Les muscles bi-articulaires des membres inférieurs sont les plus à risques : ischio-jambiers (11,8% [60]), le droit antérieur, le chef médian gastrocnémien (3,7% [72]) et ceux de composition majoritaire en fibres de type II sont les plus fréquemment atteints [90], ou encore le muscle quadriceps (4,7% [91]) et les muscles fléchisseurs de la hanche (8,7% [60]).

Tableau 1. : Classification des lésions musculaires selon Durey et Rodineau.

Tableau adapté de Elsevier

Stade	Caractéristiques	Récupération
0	Atteinte réversible de la fibre musculaire sans atteinte du tissu de soutien	Totale En quelques heures
1	Atteinte irréversible de quelques fibres musculaires conduisant à leur nécrose sans atteinte du tissu conjonctif de soutien	Totale En quelques jours
2	Atteinte irréversible d'un nombre réduit de fibres musculaires et atteinte minime du tissu conjonctif de soutien	Possible En une dizaine de jours
3	Atteinte irréversible de nombreuses fibres musculaires et atteinte marquée du tissu conjonctif de soutien et formation d'un hématome intramusculaire localisé	Possible En 4 à 12 semaines

4	<p>Rupture ou désinsertion musculaire complète avec formation d'un hématome et d'un œdème</p> <p>L'arrêt de la pratique est immédiat</p> <p><i>Douleurs intense, localisée avec impotence fonctionnelle totale</i></p>	<p>Variable selon le muscle atteint</p> <p>Longue</p>
---	--	---

b. Sans lésions anatomiques

Il est question d'une fatigue musculaire douloureuse sur une durée de quelques minutes (crampes) à une dizaine de jours (contractures). Aucune anomalie est visible à l'échographie. [88].

Crampes :

Lors d'un ultra-trail de 161km (D : 5 500 m, 7 000 m de descente cumulée) avec 376 partants dont 280 répondants au questionnaire, une étude sur l'apparition ou non de crampes ou « semi » crampes, c'est-à-dire des « crampes contrôlables n'atteignant pas des crampes complètes » [92], a montré que les muscles les plus fréquemment atteints étaient les mollets à 54%, les quadriceps à 44% et les ischio-jambiers à 33% et que les coureurs ayant déjà souffert de crampes lors de leurs précédentes courses avaient 2,5 fois plus de chances d'en présenter une lors de cette étude.

Lors de cette même étude, les concentrations en urée et en créatine kinase (CK) sanguine ont été analysées après la course et sont significativement plus élevées chez les coureurs présentant des crampes que ceux n'en présentant aucune (*cf. Tableau 2, encadré rouge*).

Tableau 2. : Comparaison des caractéristiques des coureurs présentant des crampes, des « semi » crampes et pas de crampes, ainsi que des crampes ou semi crampes combinées.

Variable	Combined cramping or near cramping	Cramping	Near cramping	No cramping	Z value ^a
Age (year)	42 ± 9	43 ± 10	42 ± 9	42 ± 9	0.84
Sex (n, % men)	37, 94.2	32, 80.0	45, 88.7	126, 76.4	0.18
Ultra-marathon running experience (year)	5 (3-8)	4 (3-8)	5 (3-8)	2 (3-8)	0.45
Prior 167-km ultra-marathon finishes (n)	2 (1-4)	1 (1-3)	2 (1-4)	2 (0-3)	0.48
Prior 167-km ultra-marathon drops (n)	0 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-2)	0.64
Average running distance (km/week) ^b	97 (80-113)	93 (80-120)	97 (75-113)	97 (80-121)	0.70
Highest running distance in 1 week (km) ^b	143 (125-169)	142 (126-167)	143 (126-168)	140 (118-164)	0.61
Longest single run (km) ^b	80 (68-120)	80 (58-100)	80 (72-103)	80 (65-102)	0.46
Prior history of cramping (n, %)	94, 83.7*	31, 80.0*	62, 82.7*	46, 52.1	<0.0001
Finish status (n, % finished)	37, 94.2	31, 77.5	46, 88.0	136, 82.4	0.11
Finish time (h)	26:52 (21:37-28:47) ^c	26:40 (21:02-28:53)	26:41 (21:56-28:48)	25:36 (21:34-27:38)	0.14
Sodium supplementation (n, % using)	109, 94.8	38, 95.0	71, 94.7	154, 93.3	0.88
Sodium supplement intake (mg/h)	145 (59-200)	128 (93-261)	147 (66-228)	132 (83-225)	0.48
Minimum weight (% of start weight)	-3.0 (-4.3 to -2.0)	-3.3 (-4.4 to -2.0)	-2.9 (-4.0 to -1.9)	-3.1 (-4.3 to -2.0)	0.23
Post-race serum sodium (mmol/L)	139 ± 4	138 ± 5	140 ± 4	140 ± 3	0.065
Post-race blood CK (U/L)	11,438 (10,006-46,887) ^d	31,283 (14,711-33,347) ^d	11,148 (9,120-38,303)	11,862 (9,713-24,871)	0.0010
Post-race BUN (mg/dL)	29 (22-36) ^d	35 (28-40) ^d	29 (20-38)	25 (21-33)	0.024
Post-race blood creatinine (mg/dL)	1.30 (1.12-1.33)	1.32 (1.15-1.60)	1.29 (1.04-1.68)	1.18 (1.03-1.41)	0.19

Values are reported as mean ± SD when data were normally distributed for the cramping, near cramping, and no cramping groups; median and interquartile range if not normally distributed for these groups; or group count (n) and percentage within the study group providing data for the variable.

*Indicates statistical difference on post-test compared with the no cramping group.

^bIndicates statistical difference in the two-group comparison with the no cramping group.

^cZ value for the comparison of cramping, near cramping, and no cramping groups.

^dDuring the 3 months prior to the event.

L'augmentation de la concentration de la CK sanguine est synonyme d'une augmentation des lésions musculaires, ce phénomène s'appelle la rhabdomyolyse. Ce résultat montre donc que les coureurs présentant des crampes sont sujets à des lésions musculaires plus élevées par hyper-sollicitation/surcharge musculaire.

Lors d'une étude menée par **Sudrial et al.** lors de la Diagonale, des taux élevés de CK ont été mesurés et corrélés à la présence d'une rhabdomyolyse chez tous les coureurs [93].

Cette étude a montré, par l'augmentation de l'urée sanguine et par une étude plus approfondie de l'hydratation chez les coureurs présentant des crampes, qu'il n'y a pas de lien entre les crampes musculaires et le niveau d'hydratation.

Une autre étude confirme cette conclusion en démontrant, par des mesures biochimiques et hématologiques avant et après une course chez 82 coureurs, que les crampes musculaires n'étaient pas associées à un déséquilibres des fluides et des électrolytes [94].

Yan Eggel, Docteur en service de réadaptation musculosquelettique à l'Hôpital du Valais, indiquait aussi, lors d'un colloque en 2021, que les causes probables de crampes étaient la fatigue neuromusculaire, les erreurs / insuffisances d'entraînement et citait l'absence de lien avec le niveau d'hydratation ou le déséquilibre électrolytique [95].

Courbatures :

Elles sont dues à des microdéchirures musculaires et surviennent quelques heures après un effort physique intense, inhabituel (donc même lors de mouvements minimes) sous la forme de douleurs musculaires. Dans les cas les plus sévères, les muscles atteints peuvent être enflés et chauds au toucher [96].

Contusions :

Avec ou sans lésions anatomiques et se manifestant par des douleurs, les contusions peuvent être accompagnées d'un hématome et résultent d'un traumatisme direct, en l'occurrence les chutes lors des courses d'ultra-trail sur une partie du corps qui endommagent les tissus musculaires sans déchirement de la peau [88].

L'étude rétrospective de Maxime Dujardin lors de la Diagonale de 2012 a mis en évidence un taux de diagnostic de contusion de 7,4% des consultations en traumatologie chez les coureurs ayant eu recours au service d'accueil d'urgence [42].

II. Pathologies cliniques

1. Troubles cardio-respiratoires

a. Le cœur de l'athlète

Les cavités cardiaques des athlètes d'endurance s'adaptent en augmentant leur volume. Ce qui permet de limiter la fatigue cardiaque sur la durée en augmentant le remplissage des cavités et donc des volumes systoliques éjectés et en diminuant la fréquence cardiaque lors de la course [97]. Un épaissement de la paroi du cœur [98] et une augmentation du tonus vagal a été mise en évidence chez les athlètes d'endurance [99].

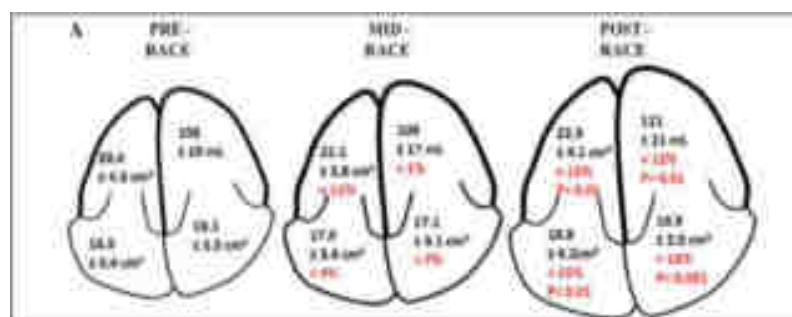


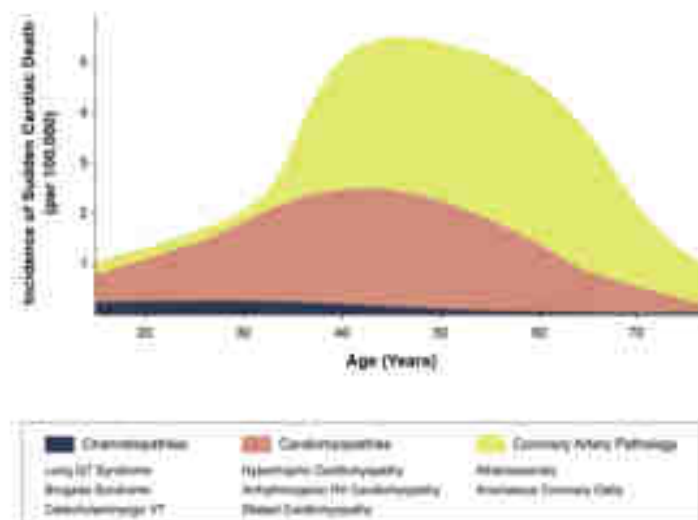
Figure 17. : Évolution des cavités cardiaques avant, pendant et après le Tor des Géants.⁽⁹¹⁾

Ces modifications physiologiques sont traduites biologiquement durant et après une épreuve sportive par l'augmentation de plusieurs marqueurs sérologiques d'étirement et de souffrance myocardique tels que la troponine-I, la CK et la CK-MB (Créatine Kinase Muscular Brain, une isoenzyme de la CK spécifique du muscle cardiaque [100]), la myoglobine et le BNP (Brain Natriuretic Peptide) [101].

b. L'arrêt cardiorespiratoire et la mort subite

L'alternance de montées et de descentes et la longue durée de course sont la source d'un effort irrégulier qualifiant ainsi les trails comme moins intenses que les courses sur route ou les marathons. La prévalence d'arrêt cardiorespiratoire sur les trails est donc limitée contrairement aux courses sur route [102]. Mais le risque zéro n'existe pas. Des cas d'arrêt cardiorespiratoire peuvent tout de même se produire. En octobre 2023, une ultra-traileuse de 37 ans fut victime d'un arrêt cardiaque au 45^e km de sa première participation à l'Endurance trail des Templiers à Millau en Aveyron.

Des anomalies cardiaques structurelles peuvent être acquises à la suite de séances répétées d'efforts d'endurance extrême. Avant 40 ans, l'étiologie est le plus souvent génétique : cardiomyopathie hypertrophique, cardiomyopathie dilatée, anomalie des artères coronaires, syndrome du QT long congénital [101]. Chez les coureurs de plus de 40 ans, une pathologie sous-jacente méconnue des artères coronaires est souvent impliquée [103].



Les symptômes sont l'apparition d'un essoufflement, d'une faiblesse, d'une douleur thoracique mais d'ordinaire, l'athlète ne signale pas ses symptômes (potentiellement par manque de temps) et arrête subitement de respirer et s'évanouit [104]. C'est pourquoi il est nécessaire de prévenir et informer les autres participants à la course de ces symptômes, et de mettre en place des moyens

rapides et efficaces de secourir une personne si la situation se présente lors d'une compétition ou même lors d'un entraînement.

c. La fibrillation auriculaire (FA)

Comme cité ci-dessus, le volume de l'auriculaire gauche (une cavité cardiaque) est augmenté et la fréquence cardiaque diminuée chez l'athlète d'endurance. Ces adaptations physiologiques et la durée cumulée de pratique d'ultra-endurance sont identifiées comme un facteur prédictif de la FA. Plusieurs mécanismes sont décrits : un remodelage électrique et mécanique défavorable, la dispersion de la repolarisation auriculaire en écourtant la période réfractaire auriculaire, ou encore une inflammation et une fibrose dues à une période de récupération de mauvaise qualité et insuffisante, l'apparition d'une ou de plusieurs extrasystoles atriales [99] [105].

La FA est asymptomatique dans la majorité des cas, mais de nombreux patients peuvent présenter des palpitations, de légères gênes thoraciques, des vertiges ou une faiblesse. Elle prédispose la formation d'un thrombus intra-auriculaire pouvant provoquer un accident cérébrovasculaire embolique dans 7% des cas et elle peut se compliquer en insuffisance cardiaque [106].

Sur le long terme, des troubles cardiaques tels que le dysfonctionnement ventriculaire, le remodelage myocardique, la fibrillation auriculaire, la fibrose myocardique ou la cardiomyopathie induite par l'exercice du ventricule droit peuvent survenir [107].

d. Autres

Lors de la Diagonale, les températures peuvent atteindre les 30°C voir 40°C et provoquer des coups de chaleur chez les sportifs lorsque l'organisme n'arrive plus à réguler la température corporelle en se traduisant par l'apparition de crampes, d'un épuisement, d'un malaise par exemple. Effectivement, le débit cardiaque augmente afin de favoriser la sudation pour évacuer la chaleur et donc de thermoréguler l'organisme. L'humidité de l'île n'aide pas à l'évacuation de cette chaleur et une chaleur mal/non évacuée se transforme en coup de chaleur. Comme l'explique le Dr. Nicolas Bouscaren, l'évacuation de la chaleur se fait grâce au changement d'état (liquide vers gazeux) et l'humidité représente un obstacle à ce phénomène [108].

e. Les poumons

L'ultra-endurance dans des conditions environnementales et l'élévation de la mécanique ventilatoire lors de la pratique sont susceptibles de provoquer certaines affections respiratoires telles qu'une inflammation chronique des voies respiratoires avec asthme induit par l'exercice, une hyperactivité des voies respiratoires, l'œdème pulmonaire [107].

Fonction pulmonaire

Le sujet de la fonction pulmonaire lors d'épreuve d'endurance et notamment d'ultra-endurance est controversé au sein de la littérature. Alors que certaines études ont mis en évidence aucun changement, d'autres ont montré l'apparition d'une réduction de la fonction pulmonaire : baisse significative de la capacité vitale forcée (CVF), du volume expiratoire maximal seconde (VEMS), du débit expiratoire de pointe (DEP : vitesse maximale à laquelle l'air peut être expulsé des poumons lors d'une expiration forcée), augmentation du volume résiduel (VR).

Les mécanismes à l'origine ne sont pas clairement identifiés mais seraient probablement l'obstruction des voies respiratoires et/ou une fatigue des muscles respiratoires.

Fatigue des muscles respiratoires

La fatigue des muscles respiratoires se traduit par la réduction de leur aptitude à générer de la force et de leur endurance pendant l'activité physique par rapport au repos [109]. Ce phénomène peut concerner aussi bien les muscles inspiratoires, dont le principal est le diaphragme, que les muscles expiratoires, qui sont représentés par les muscles abdominaux [110]. Lors des ultra-trails, c'est le phénomène de la fatigue des muscles expiratoires qui se manifeste [111] et qui ne s'explique pas par une demande ventilatoire accrue mais par leur sur-sollicitation pour le maintien postural et pour la rigidification de la colonne vertébrale afin de pouvoir faire face aux conditions de ce type d'épreuve (terrain irrégulier, longue durée d'épreuve, port de sac lesté) [109].

Les mécanismes impliqués seraient la conséquence de l'extension des fibres musculaire qui sont une diminution de la libération du calcium et de la sensibilité des myofibrilles et/ou sarcomères au calcium [109].

Conséquences :

Pendant un ultra-trail, les conséquences sont une augmentation du risque de chute particulièrement si une fatigue neuromusculaire des muscles des membres inférieurs est associée [109].

2. Troubles métaboliques

a. Carences

Le fer, Fe

Cet oligo-élément est indispensable dans le transport de l'oxygène. Il est un des constituant de l'hémoglobine, de la myoglobine, métalloprotéine présente dans le cytoplasme des cellules des

muscles squelettiques et du myocarde et assurant le transfert et le stockage de l'oxygène nécessaire à leur contraction [112], et de nombreuses enzymes.

Bien que l'organisme soit autonome pour autoréguler les apports en fer en fonction de ses stocks et de ses besoins, l'apparition d'une carence martiale est très fréquente dans la population générale et notamment chez la femme, plus particulièrement chez la sportive. En effet, plusieurs paramètres tels que des menstruations abondantes, une grossesse ou la pratique d'une activité sportive, professionnelle ou non, régulière peuvent provoquer une anémie ferriprive par défaut d'absorption et/ou par perte abondante du fer [113].

Le diagnostic médical se base sur la présence de symptômes tels que la fatigue/faiblesse, la pâleur [114], des vertiges, un essoufflement à l'effort pouvant être accompagné d'une fragilité des phanères et sur l'analyse des résultats des examens de première intention du bilan martial reflétant un taux d'hémoglobine inférieur à la normale et une quantité de ferritine (protéine assurant le stockage du fer dans l'organisme) inférieure à la normale [115]. Les examens de deuxième intention lorsque le résultat de la ferritine n'est pas interprétable (hémococoncentration lors d'effort intense, hémodilution lors d'exercice prolongé aérobie, l'inflammation) sont un dosage du fer sérique, qui se retrouverait inférieur à la normal, accompagné du calcul du coefficient de saturation de la transferrine (représentant la quantité de fer disponible pour l'érythropoïèse), qui lui aussi serait inférieur à la normale [116].

Mécanismes d'apparition de la carence :

Plusieurs mécanismes peuvent provoquer l'apparition d'une carence en fer qui se manifesterait chez près d'un tiers des sportifs et le plus souvent chez les sportives [117].

Les apports peuvent être inadaptés, insuffisants qualitativement et/ou quantitativement.

Les régimes végétariens et végétariens, de plus en plus populaires, apportent à l'organisme du fer sous formes non héminiques et les régimes incluant une source animale apportent du fer sous formes non héminiques et héminiques. Le fer héminique est la forme associée à l'hème dans l'hémoglobine, la myoglobine et les enzymes hémoprotéiques.

Le fer héminique est la forme la mieux absorbée par les entérocytes matures de l'organisme avec un taux d'absorption d'environ 40% alors que la forme non héminique est plus difficile à être absorbée avec un taux d'absorption d'environ 10% [118], [119]. Effectivement, en se référant à la **Figure 20**. [120, p. 90], le fer héminique, sous forme de fer ferreux (Fe^{2+}), est directement absorbé au niveau du pôle apical de l'entérocyte mature alors que la forme non héminique, sous forme de fer ferrique (Fe^{3+}), n'est pas assimilable et doit être réduite en Fe^{2+} par une réductase DCYTB (Duodenal

Cytochrom B) pour pouvoir être absorbée par les protéines de transport DMT1 (Divalent Metal Transporter 1) ou NRAMP2 (Natural Resistance Associated Macrophage Protein) [121] [113]. Le fer héminique présente donc une meilleure assimilation du fer absorbé avec une biodisponibilité de 5 à 10%, voire 25% d'après certains ouvrages [120, p. 88], alors que le fer non héminique a une biodisponibilité de 0,5 à 1% [113].

Comme le montre la **Figure 20.**, l'apport quantitatif journalier de fer est corrélé positivement à l'apport calorique journalier [122]. Ce qui signifie que plus le besoin en fer de l'organisme est important, plus l'apport calorique journalier doit être revu à la hausse. Par déduction, les femmes devraient alors avoir des rations équilibrées supérieures à celles des hommes.

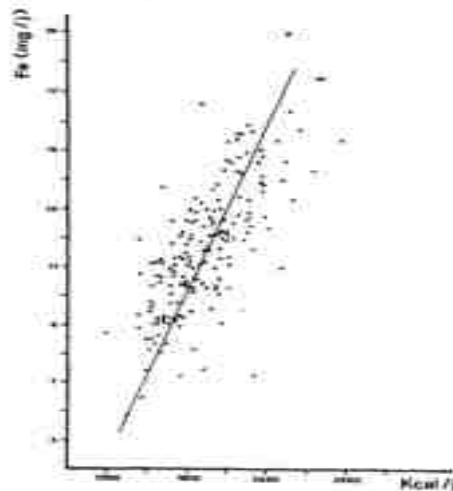


Figure 19. : L'apport en fer (en mg) en fonction de l'apport calorique journalier (en Kcal). ⁽¹¹⁷⁾

Son absorption intestinale peut être altérée par l'accélération du transit chez les sportifs (*cf. Partie 2, II.2.a*) diminuant ainsi le temps d'absorption du bol alimentaire.

Une augmentation de l'hepcidine, une hormone hyposidérémiant régulateur de l'homéostasie du fer [123], est retrouvée après un effort physique intense, c'est-à-dire un effort d'une intensité estimée à environ 65% de la VO_{2max} . Cette augmentation perdure jusqu'à environ 24h après l'effort et provoque l'inhibition du passage du fer de la cellule intestinale vers la circulation sanguine par la dégradation de la ferroportine, une protéine transmembranaire au pôle basal de l'entérocyte qui exporte le fer vers la circulation sanguine [123]. De plus, il a été démontré dans une étude, que la réponse « hepcidine – activité physique » serait modulée par les apports glucidiques. Un apport conséquent en glucose, soit 10g/kg de poids corporel après avoir effectué un effort de haute intensité a réduit la valeur basale d'hepcidine contrairement à un apport léger en glucose (3g/kg) [120, p. 89].

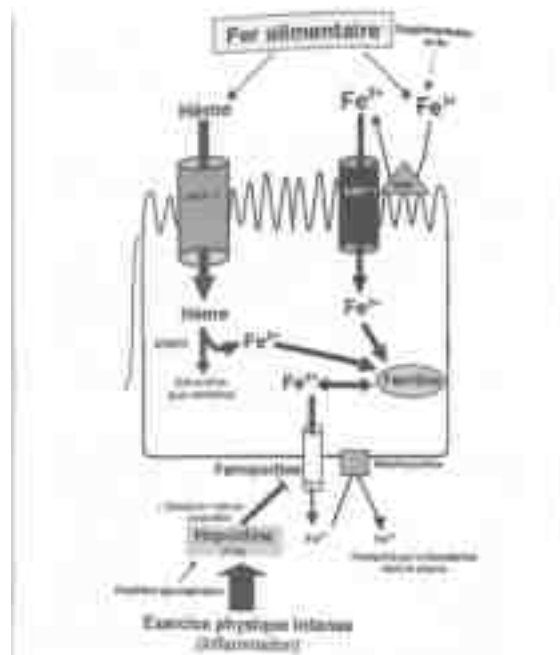


Figure 20. : Schéma de l'absorption intestinale du fer. ⁽¹¹⁵⁾

(HCP 1 : Hème protéine porteuse 1 ; DMT 1 : Dimétal transporteur 1 ; Dcytb : duodenal cytochrome réductase b ; HMOX : Hème Oxygénase)

Les pertes excessives de fer se manifestent majoritairement chez les sportifs d'endurance par une sudation abondante, par des diathèses hémorragiques (micros gastro-hémorragies intestinales), qui sont une réaction subordonnée à l'hypovascularisation du compartiment splanchnique lors d'un effort physique intense [113], par la destruction des hématies suite aux ondes de choc émanant des multiples collisions du pied au sol (chocs podaux) [117].

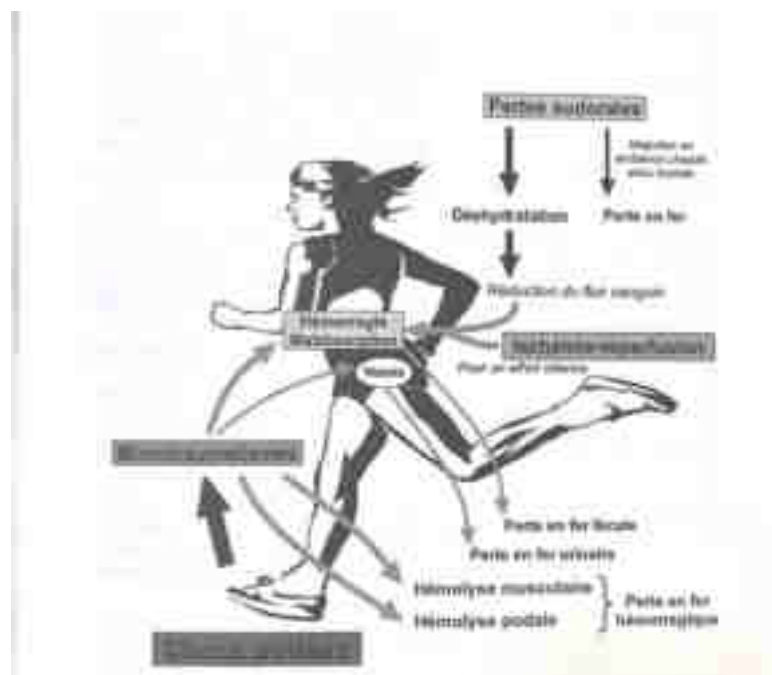


Figure 21. : Pertes de fer potentielles chez un marathonien. ⁽¹¹⁵⁾

Lors de l'étude menée par **Sudrial et al.** à La Réunion, le fer sérique diminue lors de la course et continue à diminuer de 20,8% même après la fin de la course entre J₁ et J₇ avant de remonter jusqu'à J₂₈ tout en gardant une valeur inférieure à celle mesurée à J₀ (cf. *Annexe 4*). Le taux de fer après un ultra-trail revient à la normale au bout d'un mois. En revanche, le taux de ferritine augmente significativement entre J₀ et J₁ traduisant le syndrome inflammatoire qui se manifeste chez les ultra-traileurs et qui a été mesuré en fin de course lors de cette étude chez près de 80% des participants jusqu'à J₇ chez 16% des coureurs [93].

Conséquences

En plus des symptômes de la carence en fer cités ci-dessus, les conséquences chez le sportif et notamment le sportif d'endurance seront une contre-performance, une diminution des capacités respiratoires comme des essoufflements à l'effort et une diminution de la fonction musculaire traduite par une faiblesse musculaire.

Le magnésium, Mg²⁺

Le magnésium est un électrolyte important dans l'organisme car il intervient dans de très nombreuses réactions métaboliques et enzymatiques en tant que cofacteur.

Il est considéré comme un antagoniste physiologique du calcium à cause de son analogie avec ce dernier [124]. Ses effets sont multiples :

- Diminution de la perméabilité membranaire.
- Stabilisation de la membrane cellulaire.
- Transport intracellulaire du potassium en favorisant l'activité la pompe Na⁺/K⁺.
- Blocage des canaux calciques.
- Modulateur de l'action intracellulaire du calcium.

Il forme un complexe **ATP-Mg²⁺** formant à son tour un complexe **Enzyme-ATP-Mg²⁺-Substrat** lors de réaction afin de rendre possible le transfert d'un résidu phosphate [124]. Il contribue à lutter contre le stress oxydant, particulièrement présent chez les sportifs, en participant au bon fonctionnement des enzymes antioxydantes, dont la glutathion peroxydase, en permettant entre autres la synthèse et le recyclage du glutathion intracellulaire [120].

Il influence la captation du glucose par les cellules et joue également un rôle dans le système neuromusculaire en diminuant l'excitabilité neuronale et la vitesse de conduction de l'influx nerveux. De plus, le magnésium influence l'entrée du glucose dans les cellules en favorisant sa captation et la glycolyse [125]. Il intervient dans la biosynthèse de la mélatonine et la dopamine, neurotransmetteurs impliqués dans le sommeil et l'humeur, le bon démarrage de la journée [120].

Même s'il existe un dosage plasmatique de la concentration en magnésium de l'organisme (valeurs normales : 0,74 - 1,07 mmol/L) [126], le diagnostic médical d'une carence en magnésium se fonde à partir de la symptomatologie. Comme le montre la **Figure 23.**, seul 1% du magnésium de l'organisme se retrouve dans le compartiment extracellulaire. Le magnésium est présent majoritairement dans le compartiment intracellulaire.

Les symptômes chez un carencé sont majoritairement des troubles neuromusculaires type légère spasmophilie, fasciculations de la paupière qui sont des contractions involontaires et irrégulières du muscle orbitaire de l'œil (signe de Weiss) [127], signe de Chvostek [128] qui est la contraction rapide des muscles de la face, plus précisément la partie médiane et latérale de la lèvre supérieure. Dans les carences les plus extrêmes, ces effets peuvent aller jusqu'à l'hyperexcitabilité neuromusculaire, aussi appelée la tétanie, se manifestant avec le signe de trousseau qui est une contracture des muscles des mains (la « main d'accoucheur ») et/ou des pieds (le « spasme carpopédal ») [127] [129].

Même si une carence franche en magnésium peut provoquer des troubles neuromusculaires, certaines références ne mettent pas en évidence un lien de causalité entre le déficit en magnésium et l'incidence des crampes musculaires [94], [120].

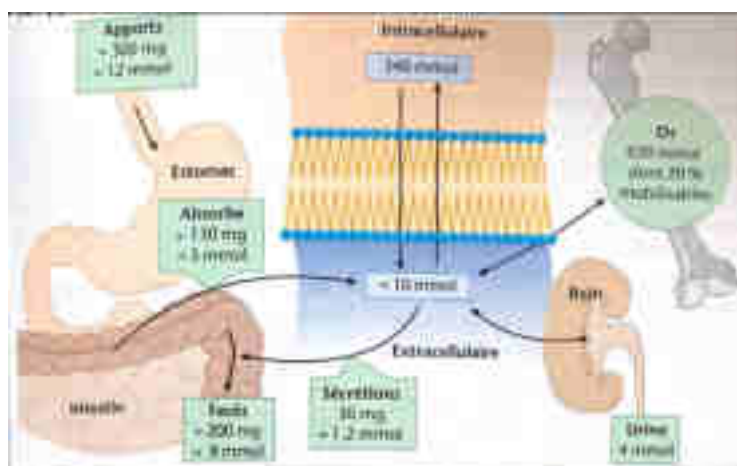


Figure 22. : Magnésium - Apports et Répartition. (119)

Mécanismes d'apparition de la carence :

L'apparition d'une carence est souvent due à la prise d'un traitement médicamenteux diurétique, à un apport insuffisant, en particulier chez les personnes suivant un régime hypocalorique, ou à un défaut d'absorption dû à des interactions avec le calcium, le fer qui inhibent le magnésium, et à la transpiration [124], notamment lors d'une pratique sportive aérobie intensive et régulière en milieu chaud et humide (chaleur tropicale) [120]. Certains ouvrages tendent à dire que les interactions entre le calcium, la vitamine D et le magnésium n'ont aucune influence sur l'absorption de ce dernier [124].

Conséquences :

En plus des symptômes de la carence en magnésium cités ci-dessus, les conséquences chez le sportif, en particulier chez le sportif d'endurance, seront une altération de ses défenses antiradicalaires hautement sollicitées pendant et après un exercice physique intense qui pourrait instaurer un état d'inflammation délétère en fonction de l'intensité de l'effort [120].

Le Calcium, Ca²⁺

Le calcium est un minéral impliqué dans le métabolisme des os (minéralisation), la contraction musculaire, la neurotransmission, la libération d'insuline en permettant l'exocytose des granules pancréatiques [120].

Sa concentration sanguine est étroite (valeur normale : 2,2 – 2,6 mmol/L) et son stockage est principalement osseux.

Son taux d'absorption intestinale (au niveau du duodénum et jéjunum) se situe entre 20 et 60%. Son assimilation est stimulée par la vitamine D, influencée par de multiples facteurs tels que la régulation hormonale (glandes parathyroïdes), le pH gastrique (diminuée lorsque le pH augmente), la solubilité des composés calciques ingérés et par la présence de facteurs favorisant (lactose, acides organiques, acides aminés) et freinant (oxalate, acide phytique) car ils forment des complexes calciques insolubles [124]. Les reins participent à l'homéostasie calcique en régulant son excrétion urinaire [130].

Il est nécessaire de faire une parenthèse sur le phosphore, ce minéral qui participe aussi au métabolisme osseux et à l'équilibre acido-basique. Le calcium et le phosphore représente une balance calcium/phosphore proche de 1 qu'il est nécessaire de laisser à l'équilibre pour stabiliser l'homéostasie du calcium. Une hyperphosphorémie déséquilibrant cette balance cause une diminution du calcium [124].

Une hypocalcémie, même infime, induit la libération de parathormone (PTH) par les glandes parathyroïdes (cf. **Figure24**). Le réservoir osseux étant abondant, le diagnostic des conséquences osseuses d'une carence en Ca²⁺ se fait tardivement [124].

Mécanismes d'apparition de la carence :

L'apparition d'une carence chez le sportif est due à une perte sudorale comme pour les autres minéraux. Dans le monde du sport, les femmes ménopausées et/ou présentant une aménorrhée [131] et les individus présentant un déficit en vitamine D (notamment ceux ayant une couleur de peau noire) seraient plus exposés à une carence calcique [120].

De plus, un apport trop important en phosphore (présent dans les protéines, céréales) induit d'une part une hyperparathyroïdie secondaire qui provoque une baisse du calcium et d'autre part une acidification qui fragiliserait le système osseux [120].

Conséquences :

Les symptômes sont tardifs, comme présentés ci-dessus, et se qualifient en fractures, avec l'apparition d'une ostéoporose avancée.

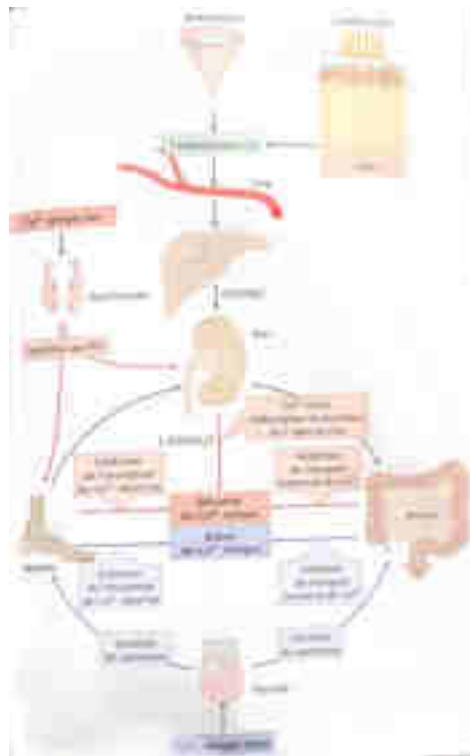


Figure 23. : Homéostasie calcique. ⁽¹¹⁹⁾

Le sodium et le chlorure, Na⁺ et Cl⁻

Le sodium et le chlorure sont les électrolytes majoritaires quantitativement dans le compartiment extracellulaire et permettent la régulation de la répartition de l'eau entre le compartiment extracellulaire et intracellulaire. La natrémie régit ainsi la pression osmotique du compartiment extracellulaire et régule l'état d'hydratation. Pour obtenir une osmolalité extracellulaire constante, une modification du bilan sodium est accompagnée systématiquement par une modification du bilan hydrique et donc d'un mouvement d'eau d'un compartiment à un autre [128]. En tant que cotransporteur, ils aident au transport transmembranaire des autres ions, le sodium intervient dans l'équilibre acido-basique et dans la neurotransmission [120].

Comme le montrent le **Tableau 3.** et la **Figure 25.**, la régulation de la natrémie est exclusivement rénale par le chef d'orchestre : le système endocrinien rénine-angiotensine-aldostérone (SRAA) capable de s'autoréguler et localisé au niveau du rein, a pour objectif de maintenir

l'homéostasie hydrosodée et de réguler la pression artérielle en ajustant le volume total extracellulaire.

Une hyponatrémie est synonyme d'une diminution de la pression osmotique du compartiment extracellulaire provoquant en conséquence un mouvement du flux hydrique vers le compartiment intracellulaire : un état d'hyperhydratation intracellulaire s'installe [133].

Tableau 3. : Régulation des sorties rénales de sodium

Facteur	Site d'action	Effets
Aldostérone	Tube collecteur	Rétention de sodium
ANF	Tube collecteur	Excrétion de sodium
Activité adrénérgique	Tube proximal	Excrétion de sodium
Angiotensine II	Tube proximal	Excrétion de sodium
Pression artérielle	Tube proximal et anse de Henle	Rétention de sodium
Prostaglandine E2	Tube collecteur et anse de Henle	Rétention de sodium

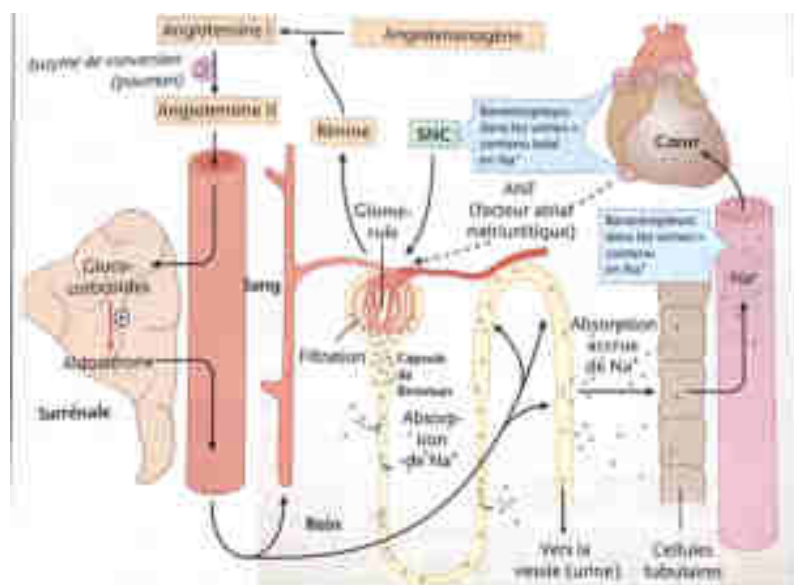


Figure 24. : SRAA et la régulation de l'équilibre sodé. (119)

Mécanismes d'apparition de la carence :

Dans la population générale, c'est plutôt un excès d'apport en sodium qui est décrit. En revanche chez l'ultra-endurant, une hyponatrémie d'effort peut se manifester par perte sudorale de sodium, surtout si l'exercice se déroule en milieu chaud et humide. Ce risque se situerait entre 3% et 8% pour des courses demandant plus de 24h d'effort [120]. De plus, l'apport durant l'effort d'une trop grande quantité d'eau pauvre en sodium va diluer encore d'avantage la concentration sanguine de sodium.

Partie 2 : Les risques liés à la pratique

D'autres mécanismes impliquant les reins ont été décrit et en seraient à l'origine à des degrés différents selon l'individu. En effet, une diminution de la filtration glomérulaire pourrait être observée, une sécrétion trop élevée d'hormone anti-diurétique (**ADH**) et d'aldostérone entraînerait une rétention massive de liquide et une libération excessive de l'ANF lors de la récupération [133].

La prise d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (**AINS**) avant, pendant et après la pratique sportive favoriserait la rétention d'eau par l'ADH et une diminution du volume sanguin rénal [133].

En revanche, lors de l'étude menée par **Sudrial et al.** à La Réunion, aucune modification des ions sanguins a été observé chez les coureurs avant pendant et après la course [93].

Conséquences :

Les symptômes sont expliqués par la rapidité d'installation et le niveau d'importance de l'état d'hyperhydratation intracellulaire. Ils peuvent s'étendre des signes digestifs tels que les vomissements, nausées, dégoûts de l'eau, diarrhées (perte de chlorure) à des céphalées, des troubles de la conscience, un état de confusion, une détresse respiratoire aiguë jusqu'au plus grave : coma avec hyperpression intracrânienne allant au décès [124] [133].

Le sélénium, Se

Le sélénium est un oligo-élément clé dans la synthèse des antioxydants. Effectivement, il se lie aux protéines (sélénoprotéines) telles que la glutathion peroxydase, qui incorpore une sélénocystéine dans chacune de ses 4 sous-unités [124] et qui est impliquée dans les mécanismes antioxydants de l'organisme en neutralisant les radicaux libres induits par l'exercice intense. Il serait impliqué dans les réponses immunitaires (via l'activation, la différenciation et la prolifération lymphocytaire), dans les réponses inflammatoires (production de cytokine et contrôle des enzymes inflammatoires) et dans le métabolisme thyroïdien en catalysant la transformation de l'hormone T4 en T3 impliquée dans les adaptations physiologiques de l'effort [120].

Mécanisme d'apparition de la carence :

Il diminue lors de syndromes inflammatoires et est éliminé par pertes sudorales. La diminution du taux de sélénium est donc prévisible lors d'une course d'ultra-trail.

En revanche, la persistance d'un taux diminué à 86,0ug/L en moyenne jusqu'à un mois après la fin de la Diagonale sans syndrome inflammatoire associé a été mis en évidence lors de l'étude menée par **Sudrial et al.**[93]. Les valeurs normales du sélénium plasmatiques est de 60 à 120 ug/L. Les habitués d'ultra-trail ont ainsi intérêt à avoir une surveillance de leur taux de sélénium plasmatique afin d'éviter une carence.

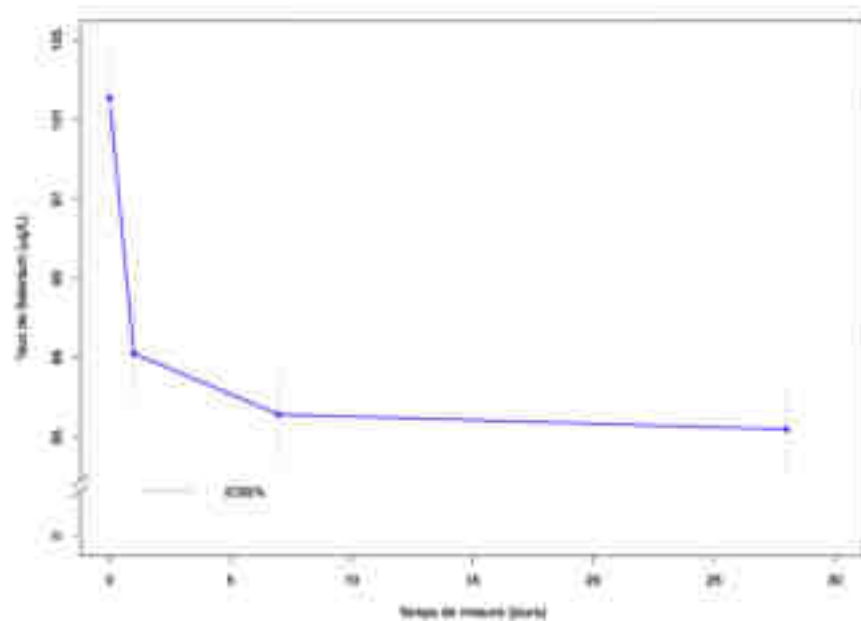


Figure 25. : Évolution du taux de sélénium de J0 à J28 chez 106 coureurs de la Diagonale à La Réunion. Étude de Sudrial et al. (89)

Conséquences :

Une carence en sélénium peut conduire à une diminution de la fonction immunitaire, à des cardiomyopathies et il existerait un lien avec l'apparition des pathologies cancéreuses [124].

Le zinc, Zn

Le zinc est un oligo-élément impliqué dans le système immunitaire grâce à son rôle dans la thymuline (hormone régulant la transformation des thymocytes en lymphocyte T actifs et activant leur prolifération) et dans les mécanismes d'oxydoréduction en se fixant à des sites spécifiques d'une molécule afin de la protéger de l'oxydation, en tant que cofacteur de la superoxyde dismutase qui est une enzyme antioxydante [93]. Il est régulateur ou coenzyme de plus de 300 enzymes [134]. Il est stocké préférentiellement dans les os, la peau et les cheveux (environ 70%) et à moindre quantité dans le foie, les reins et les muscles [124].

Mécanisme d'apparition de la carence :

Il diminue lors des pertes sudorales, lors des selles [124]. Lors de l'étude menée par **Sudrial et al.** à La Réunion, une hypozincémie a été relevée dès J₁ (une diminution du taux de près de 20,8% par rapport à J₀) pour un retour à la normale à J₇ [93].

Conséquences :

Une carence en zinc peut conduire à des chutes de cheveux, altérations cutanées, troubles psychiatriques, sensibilité élevée aux infections et retard de la cicatrisation [124]. De plus, elle peut diminuer les capacités aérobies d'un sportif et augmenter la production d'acide lactique [93].

b. Atteintes rénales

Lors d'un ultra-marathon, des lésions rénales peuvent apparaître chez près de 50% des coureurs accompagnées d'une réduction temporaire de la fonction rénale. Elles sont généralement suivies d'une altération de la fonction rénale. La physiopathologie est expliquée par l'accumulation des protéines (myoglobines), issues des lésions musculaires (rhabdomyolyse) du sportif, dans les reins [131] et est favorisée par la prise d'AINS et par la déshydratation [95].

En 2022, une étude systématique a rapporté une incidence d'insuffisance rénale aiguë légère de 42,04 %, d'hyponatrémie associée à l'exercice de 9,11% chez 2 950 coureurs extraite de 28 publications et une incidence de 7,9 % de l'apparition concomitante des deux pathologies chez les ultra-traileurs. Les résultats ont mis en évidence l'importance de la durée et de l'intensité de la course dans l'apparition de ces pathologies chez les sujets sains sans antécédent de pathologie rénale [135].

D'après deux études menées à l'université de médecine de Yale, les reins peuvent être sujets à des lésions réversibles chez les coureurs perdant une grande quantité de sueur et donc de sodium. Leur niveau biologique de copeptine, une hormone sécrétée lorsque le volume circulant de l'organisme diminue, était considérablement élevé comparé à celui des coureurs ne présentant pas de lésions rénales aiguës [136]. En 2012, l'étude menée par Maxime Dujardin lors de la Diagonale des fous a mis en évidence un taux d'insuffisance rénale de 11,7% [42].

Les lésions rénales aiguës légères à modérées dans le cadre d'un ultra-trail ne sont pas additionnelles avec celles survenues lors de courses antérieures chez un coureur [137].

Cependant, des cas de dysfonction rénale prolongée chez de rares coureurs présentant conjointement une rhabdomyolyse, une hyponatrémie et des lésions rénales aiguës ont été rapportés.

En générale, la fonction rénale est rétablie dans les jours qui suivent, même si de rares cas de fonction considérablement altérée ont été décrits [131]. En 2012, lors de l'étude menée durant la Diagonale, un des participants a été dialysé à la suite d'une défaillance rénale secondaire à une importante rhabdomyolyse [42].

Une étude pointe l'absence de preuve que la course d'ultra-trail soit à l'origine de lésions rénales aiguës chez le coureur bien hydraté et sans prise d'AINS [138]. Tout comme l'étude menée par **Sudrial et al.** à La Réunion, aucune atteinte rénale significative a été observée chez les ultra-traileurs [93].

c. Troubles gastro-intestinaux

Le tractus digestif est la porte d'entrée des nutriments au sein de l'organisme. Par déduction, l'apparition de troubles gastro-intestinaux pourrait alors influencer l'absorption alimentaire et les performances sportives.

[139].

L'endotoxémie et son niveau sont significativement corrélés à l'apparition et à la gravité/intensité des nausées chez les coureurs d'ultra-trail [140]. La perturbation de la flore intestinale et de sa perméabilité cause une augmentation des endotoxines bactériennes dans le sang circulant et crée ainsi

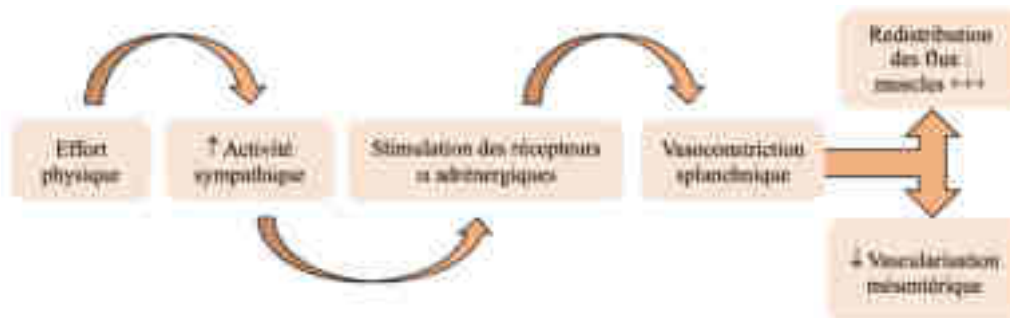


Figure 26. : Schéma du mécanisme ischémique mésentérique. ⁽¹³⁴⁾

une endotoxémie déclenchant une inflammation [141].

Les symptômes les plus fréquents sont les flatulences, les éructations (plus communément appelées « rots »), les nausées devant d'autres symptômes tels que les crampes d'estomac, les diarrhées [139], les brûlures, les saignements intestinaux et les selles sanglantes [142].

d. Immunodépression

La pratique régulière de l'ultra-marathon semble engendrer un affaiblissement du système immunitaire et une augmentation de l'incidence des infections des voies respiratoires supérieures (IVRS) [131].

L'entraînement intensif, le stress, le manque de sommeil et une alimentation inadaptée accroissent le risque d'infection particulièrement dans les heures qui suivent l'effort intense [95], [143].

Cependant, comme le montre la « courbe en J » de Nieman, l'intensité de la pratique serait déterminante car une activité physique correctement dosée et modérée semble, au contraire, être immunostimulante en augmentant la concentration d'immunoglobulines et protectrice en réduisant le risque d'infection [131].

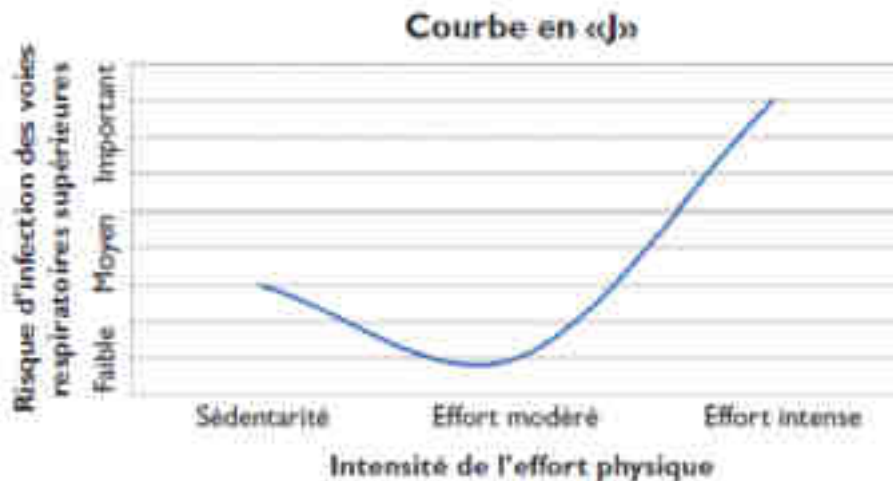


Figure 27. : Modèle de la courbe en J de Nieman. (141)

Mécanismes d'apparition de l'immunodépression :

Les défenses mécaniques prévues au niveau des voies respiratoires sont altérées. En troquant la respiration nasale par une respiration buccale lors de l'effort sportif, la muqueuse nasale se refroidit et s'assèche. De cette manière, la viscosité du mucus augmente et le mouvement d'excrétion ciliaire de « nettoyage » vers la gorge est ralenti, ce qui réduit la capacité d'élimination des particules nocives. Le dépôt des particules nocives dans les voies respiratoires inférieures peut être augmenté. Les sécrétions d'immunoglobulines A, qui opsonisent les virus en vue d'une élimination par phagocytose, sont également diminuées [144].

Les acteurs de l'immunité innée et acquise sont aussi impliqués dans l'altération du système immunitaire [145]. Lors d'exercices d'endurance, les cellules natural killer (NK) associées à leur rôle cytolytique, les macrophages à leur fonction phagocytaire et les polynucléaires neutrophiles à leur activité de lutte contre les bactéries voient leur taux diminué en dessous des valeurs normales. En supplément, une inversion des lymphocytes CD4/CD8 a été relevée [146].

La diminution des taux plasmatiques de glutamine, qui est le carburant énergétique des macrophages et lymphocytes et vraisemblablement des neutrophiles [147], après un effort physique pourrait être responsable d'un risque accru d'IVRS chez les ultra-sportifs [148].

Conséquences :

Les infections les plus courantes sont les IVRS telles que la rhinosinusite aigue, la pharyngite aigue et l'infection la plus inquiétante qui est la mononucléose infectieuse car elle présente un risque de rupture splénique [146].

III. Autres affections

1. Périostite tibiale

Il s'agit de l'inflammation de la membrane qui entoure l'os du tibia, le périoste [149]. Cette affection est également connue sous le nom de syndrome de stress tibial ou encore le syndrome du tibia médial et se manifeste par une douleur localisée au niveau du tibia chez les coureurs [150]. Les coureurs sont sujets à développer ce syndrome [151], [152] avec une incidence pouvant atteindre 10% [72].

2. Cutanées

a. Phlyctènes

Le Dr Picovski, chirurgien plasticien et esthétique à Paris, définit la phlyctène comme « une lésion de la peau qui trouve son origine dans une brûlure ou un coup de soleil, un frottement répété (friction de la peau contre une chaussure par exemple), le gel (qui constitue une brûlure au froid), une infection (de type staphylocoque ou streptocoque) ou encore un contact avec des produits chimiques corrosifs ou une réaction allergique à des médicaments photo-sensibilisants. » [153]

Par conséquent, les phlyctènes lors d'ultra-trail sont l'apparition d'ampoules/cloques, de cornes, qui sont des mécanismes de défense de la peau vis-à-vis des frottements répétés [154], ou l'apparition d'un coup de soleil au niveau des localisations les plus exposées.

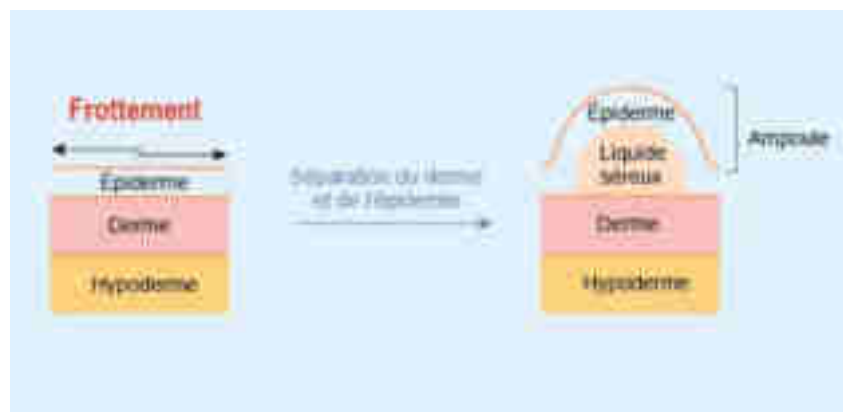


Figure 28. : Mécanisme de l'apparition d'une ampoule par frottement. (149)

Parmi les atteintes cutanées les plus décrites par les coureurs on retrouve les ampoules avec une incidence allant de 0,2 à 39% [155]. Les facteurs favorisants sont la chaleur, l'humidité, ou le port de chaussures neuves ou mal adaptées.

Maxime Dujardin a recensé 11,11% de diagnostic de phlyctènes au niveau des pieds lors de son étude pendant la Diagonale de 2012.

b. Cancers cutanés

Il existe deux types de rayons ultraviolet (UV), les UVB (280-320 nm) qui sont responsables du bronzage et de l'érythème solaire, plus communément appelé le coup de soleil, et les UVA (320-400 nm) qui sont moins énergétiques et responsables du bronzage immédiat et passager. Les UVA sont moins énergétiques que les UVB mais sont plus pénétrant et dangereux car ils provoquent aussi un vieillissement prématuré de la peau et l'apparition de cancers cutanés par altération cellulaire et modification de l'ADN sans la sonnette d'alarme du coup de soleil [156].

Une étude quantitative observationnelle transversale déclarative sur 5 844 ultra-traileurs participant au programme du Grand Raid 2017 a mis en évidence que dans 59,4% des cas la protection solaire des coureurs était insuffisante. Ce qui les expose à un risque élevé de cancer cutané du fait de leur pratique [33]. Cette étude prenait en compte leur phototype, le sexe, l'âge et leurs habitudes lors des entraînements et des différentes compétitions dans des endroits présentant un fort indice UV.

c. L'orteil du joggeur

L'orteil du joggeur a été décrite avec une incidence de 2,5% dans une étude menée chez 635 coureurs. Il s'agit de l'apparition d'un hématome sous-unguéale à la suite d'enfoncement répétitif de l'orteil le plus long dans la boîte à orteils, principalement lors des descentes et surtout lorsque les chaussures ne sont pas adaptées à la morphologie du pied et au terrain. Un diagnostic différentiel par biopsie doit être effectuée face à un mélanome [155].

d. Le pied de l'athlète

Défini comme la plus fréquente des épidermomycoses du pied, le pied de l'athlète se manifeste par des lésions de type intertrigos interdigitaux. Les agents en cause sont des microbes, levures, moisissures et dermatophytes isolés ou associés. Le diagnostic se repose alors sur l'examen mycologique au laboratoire.

Il existe une forme aigue souvent douloureuse et suintante avec l'apparition de vésicules suivie d'une extension des lésions sur la face dorsale du pied puis d'une surinfection fréquente et d'une forme chronique se manifestant par une hyperkératose suivie de fissures interdigitaux.

L'apparition de cette pathologie dermatologique est favorisée par l'hyperhidrose (transpiration excessive), le port de chaussettes synthétiques ou de semelle en caoutchouc ou plastique et la contamination de l'environnement en contact avec les pieds [157].

3. La bigorexie

Bien que certains auteurs utilisent ce terme pour décrire la dysmorphie musculaire ou le complexe d'Adonis, où le sportif est motivé par un résultat esthétique, une image corporelle et musculaire parfaite [120], la bigorexie est un terme qui voit le jour dans les années 1970 pour nommer l'addiction au sport et à l'activité physique [158].

En 2013 la cinquième édition du Manuel Diagnostique et Statistique des troubles mentaux (**DSM-5**) inclue les troubles addictifs non liés à une substance et régis par des mécanismes psychobiologiques communs aux addictions avec substance tels que les addictions comportementales liées aux jeux d'argent et aux jeux vidéo [159]. En revanche, ceux liés à l'exercice physique n'ont pas été inclus alors qu'ils affichent des caractéristiques communes aux troubles présents dans le manuel : la tolérance et la dépendance à l'exercice avec augmentation de la quantité d'exercice jusqu'à un niveau donné, le retrait, le manque de contrôle, la réduction d'autres activités sociales, professionnelles, récréatives, l'incapacité à modifier le comportement en sachant qu'il est mauvais etc. [160]. La notion d'addiction au sport est encore à l'étude de savoir s'il s'agit d'un trouble clinique indépendant ou si ce trouble appartient, sous la forme d'un sous-groupe, à un autre trouble [161]. Effectivement, il existerait une addiction primaire sans troubles alimentaires et une secondaire avec troubles alimentaires (anorexie, boulimie) à des fins de contrôle du poids corporel [160].

Même si certains disent que des mécanismes neuro-hormonaux ne sont pas impliqués dans le trouble et qu'il est plutôt question d'une dépendance comportementale pouvant être décrite telle que les troubles obsessionnel-compulsifs [161]. Des études biologiques chez des rongeurs ont montré que la pratique de la course à pied déclenche le système de récompense à la dopamine et d'autres études que cette pratique déclenche la sécrétion d'endorphine expliquant ainsi les effets de réduction du stress, de plaisir, d'euphorie [162], [163].

L'endorphine est une hormone libérée dans le cerveau par l'hypothalamus et l'hypophyse lors d'une activité intense et principalement les sports d'endurance supérieurs à 30-45 minutes. Son analogie aux opiacés lui confère une action sur les récepteurs aux opiacés localisés dans le cerveau, la moelle épinière et dans le tube digestif et donc une action de plaisir identique à une drogue pouvant rendre accros en inhibant la réalité du dommage physique et psychologique [164]. Frédéric Nordmann, ancien champion de France de natation, a dit lors d'un reportage suisse en 2011 : « Le sport m'a appris à gérer les douleurs physiques. Il y a un truc que je ne savais absolument pas gérer,

... les douleurs psychiques. J'ai découvert avec les produits que je pouvais être dans la même bulle que celle que j'avais dans l'eau. Celui (le produit) qui me convenait c'était l'héroïne. » [165].

Une étude sur 644 marathoniens et ultra-marathoniens croates (48% hommes et 52% femmes) qualifiant la course à pied comme haut risque de développement d'addiction (25%) a révélé que le risque de dépendance est significativement lié à l'utilisation de compléments nutritionnels, à la longueur préférée de la course (et non pas la durée de la course) et à la fréquence des blessures [166]. Ce haut risque concerne davantage les compétiteurs de courses de longues distances car ils exigent une motivation plus importante pour parcourir d'aussi longues distances et car ils présentent une « super-adhésion » (ou un engagement élevé) à leurs entraînements avec pour objectif d'atteindre ou de battre les records visés [160] pouvant pousser le sportif vers un surentraînement.

Le diagnostic se fait plus communément par l'emploi de questionnaires, accessibles facilement sur internet, tels que *l'Exercice addiction inventory (EAI)* qui se base sur les symptômes de tolérance (« je dois faire de plus en plus de sport pour ressentir les mêmes effets ») et de sevrage (« je me sens agité et nerveux lorsque je ne pratique pas ») ou tels que *l'Exercice dependence scale (EDS)* qui se base sur la définition stricte de la dépendance (tolérance, symptôme de manque, réduction d'autres activités etc.) [167] [168].

Une étude a validé l'utilisation de la version française de *l'Exercice dependence questionnaire (EDQ)*, qui ajoute une perspective motivationnelle souvent liée aux troubles du comportement alimentaires, le cadre clinique et d'étude sur la dépendance sportive. Elle décrit comme complémentaire l'utilisation conjointe du questionnaire avec l'EDS [169].

4. Du surentraînement à l'« athletics burn-out »

Un entraînement bien conduit permet au sportif de progresser en respectant une phase de récupération adéquate. Lorsque le sportif ne respecte pas suffisamment les phases de récupération en fonction du niveau de fatigue engendré au fil des entraînements, un surentraînement se met en place.

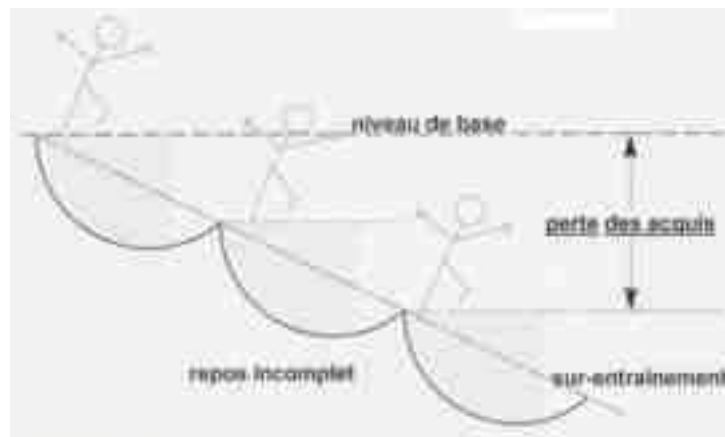


Figure 29. : Schéma d'une suite d'entraînements en récupération incomplète. ⁽¹⁶⁷⁾

Partie 2 : Les risques liés à la pratique

Le syndrome de surentrainement est défini comme « le déséquilibre entre l'entraînement et la récupération » [170] se caractérisant par une fatigue persistante accompagnée d'une altération persistante de la performance et de symptômes ayant des répercussions sur la vie quotidienne [171].

En sport, le syndrome du burn-out, ou dépression, se caractérise par « un épuisement émotionnel, un sentiment de moindre accomplissement, et une dévaluation sportive » [170].

Les causes et les pathologies émanant à un surentrainement et d'un burn-out sont multiples : non-respect des périodes de récupération, stress, pression du club, de l'entraîneur, de l'entourage, infections répétées impactant les performances et les mauvaises récupérations, les blessures et les périodes d'immobilisation sont des périodes à haut risque pour des sportifs compétiteurs de développer des troubles émotionnels [165]. (cf. **Figure 31.**) [120].



Figure 30. : Schéma adapté des multiples origines et conséquences d'un syndrome de surentrainement. (115)

Chez les sportifs, les premiers signes de dépression (baisse des performances) peuvent se confondre avec un surentrainement. Il est ainsi primordial pour lui-même, pour un entraîneur, pour un professionnel de santé de savoir détecter les symptômes chez l'individu pour une prise en charge rapide et optimale. Une liste non exhaustive est visible dans le **Tableau 4**. Il est noté que lorsque le sportif a une identité sportive « exacerbée » (identité de l'individu construite uniquement autour du

Partie 2 : Les risques liés à la pratique

sport pratiqué), il côtoierait de plus près une situation de burn-out que celui présentant une identité « équilibrée », c'est-à-dire celui qui s'accomplit autant dans son sport que dans son environnement scolaire, professionnel et social [170].

Tableau 4. : Symptômes d'un surentrainement vs d'un burn-out.

Surentrainement	Burn-out
Difficultés à récupérer	Sentiment d'épuisement émotionnel, mental et/ou physique
Baisse de la capacité de performance	Sentiment de ne pas réussir à la hauteur des efforts fournis
Tachycardie de repos	Dévalorisation de soi par rapport au sport
Augmentation des risques de blessure	Déévaluation des bénéfices du sport
Troubles digestifs/Perte d'appétit	Perte de motivation, difficulté de concentration
Perturbation du sommeil	Sentiment de manquer de temps
Agitation/Manque de concentration	Perception des demandes excédant les possibilités de réponse (pression perçue de la part des autres : entraîneurs, familles...)
Irritabilité, instabilité émotionnelle	
Baisse de l'estime de soi	
Dépression, lassitude	
Anxiété	
Infections fréquentes	

Partie 3 :
La prévention des risques

I. L'entraînement

L'objectif de l'entraînement est d'améliorer la capacité à l'exercice du sujet. Cette capacité à l'exercice repose sur l'interdépendance des compétences physiques, techniques, mentales et des facteurs environnementaux [172]. Malgré la part non négligeable de la génétique dans les performances sportives (physiques) d'un individu [173], les qualités physiques sont entraînables et les sportifs peuvent avoir une influence positive sur elles par le mécanisme d'adaptation à l'effort de l'organisme et par le principe de surcompensation [174]. Ainsi, pour répondre à une demande d'amélioration et pour limiter les risques liés à la pratique, le programme d'entraînement doit être bien conçu sur la base du volume, de l'intensité, de la fréquence en nombre de séance par semaine, de la pertinence et de la variabilité des exercices suggérés [172].

1. Qualités physiques

a. Endurance

L'endurance est caractérisée par les qualités aérobies. Au début d'une activité physique, les trois filières énergétiques sont sollicitées pour produire de l'énergie :

- Anaérobie alactique : la créatine phosphate est utilisé comme substrat. Cette filière est très courte et ne perdure pas dans le temps.
- Anaérobie lactique : le glucose est utilisé comme substrat
- Aérobie : le glucose, les lipides et les protéines sont utilisés comme substrats.

Chez les personnes entraînées telles que les marathoniens, et par extension les ultra-marathoniens,

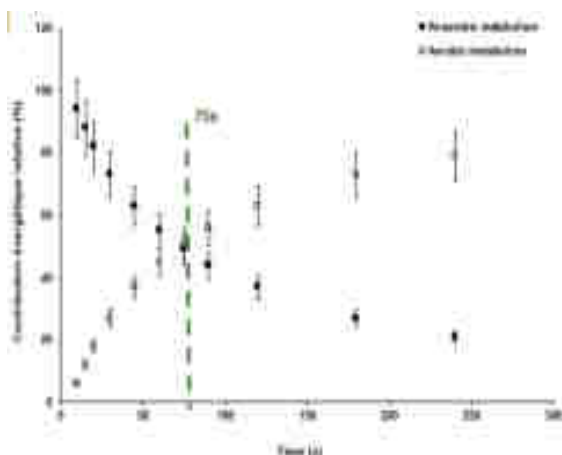


Figure 31. : Contribution énergétique relative (métabolisme anaérobie et métabolisme aérobie) en fonction du temps. ⁽¹⁶⁷⁾

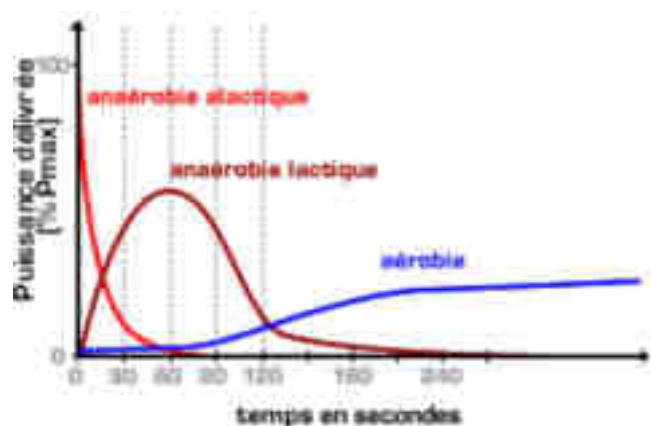


Figure 32. : Métabolisme énergétique sollicitée en fonction de la puissance générée à l'effort et du temps. ⁽¹⁶⁷⁾

la contribution du métabolisme aérobie à la fourniture énergétique se met en place plus rapidement et augmente avec la durée de l'exercice [172].

L'ultra-trail est une longue épreuve d'endurance et nécessite peu de puissance (peu d'intensité), le métabolisme aérobie représente la voie énergétique essentielle pour ce type d'efforts prolongés. Cette filière énergétique exploite tous les substrats (glucose, glycogène, triglycérides et protéines dans les cas extrêmes) pour fournir de l'énergie par la synthèse d'une molécule biochimique qui emmagasine cette énergie : l'adénosine triphosphate ou **ATP** qui est hydrolysée en Adénosine diphosphate (**ADP**) et en Phosphate inorganique (**Pi**).

C'est l'oxydation des substrats à partir de l'oxygène qui permet à ce système productif de créer 39 à 129 molécules d'ATP en fonction du substrat utilisé.

Le sportif doit alors avoir une bonne gestion de ses réserves en substrats qui sont des facteurs limitant de l'effort, ainsi qu'une bonne capacité pulmonaire afin de satisfaire les besoins en oxygène.

Les seuils ventilatoires (L/min) [166], [167]:

Le seuil ventilatoire (SV) est un paramètre important dans le monde du sport. Il existe deux seuils ventilatoires permettant d'évaluer les capacités physiques d'un individu :

- SV_1 est caractérisé par une augmentation de la ventilation qui est due à une augmentation d'acide lactique dans l'organisme. Le métabolisme anaérobie se met en place.
- SV_2 est caractérisé par une deuxième augmentation de la ventilation qui est due à la l'incapacité de l'organisme à prendre en charge cette augmentation continue d'acide lactique. Au-delà de SV_2 , c'est le travail de résistance.

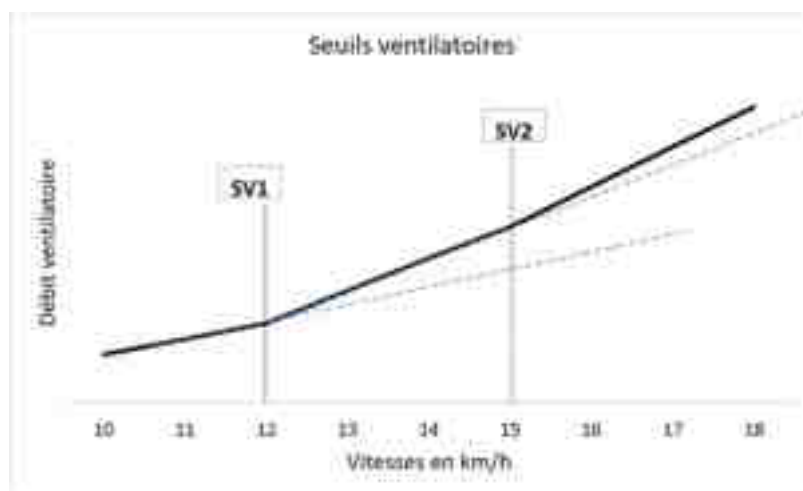


Figure 33. : Débit ventilatoire en fonction de la vitesse de course. Détermination de la VMA, SV_1 et SV_2 . ⁽¹⁷¹⁾

Le SV est ordinairement exprimé en pourcentage de la $VO_2\max$, de la vitesse maximale aérobie (**VMA**), de la puissance maximale aérobie (**PMA**), ou de la fréquence cardiaque maximale (**FCmax**).

La $VO_2\max$ est la quantité maximale d'oxygène que l'organisme peut utiliser par unité de temps. Il est déterminé en laboratoire par un appareillage sophistiqué et coûteux, et donc pas à la portée de tout le monde. Il est plus pratique de déterminer la VMA qui est la plus petite vitesse qui

permet d'atteindre la $VO_2\text{max}$ (estimation indirecte de la $VO_2\text{max}$). Elle s'évalue sur terrain par le test de Léger-Boucher où le dernier pallier effectué en entier par l'individu correspond à la vitesse maximale aérobie [177]. Pour obtenir sa $FC\text{max}$, il suffit de se munir d'un appareil mesurant la fréquence cardiaque lors de l'effort (ceinture, montre) et de regarder à la fin de la séance la valeur de la FC la plus élevée.

Avant SV_1 l'oxygène fournit de l'énergie et à partir de SV_1 l'acide pyruvique est transformée en acide lactique par une enzyme qui est la lactate déshydrogénase. L'acide lactique peut être transformé en glucose dans le foie (néoglucogenèse) ou en pyruvate qui sera oxydé au niveau mitochondrial, pour produire de l'énergie directement utilisable par les muscles, le cœur et le rein. L'acide lactique va donner du lactate avec un proton. C'est ce proton qui modifie le pH de l'organisme et la régulation du pH intramusculaire provoque les douleurs. Le proton est pris en charge grâce au bicarbonate dans le plasma ou dans le globule rouge catalysé par l'anhydrase carbonique pour donner du CO_2 (hyperventilation) et de H_2O .

Conseil (s)

- Boire de l'eau riche en bicarbonate pour optimiser la prise en charge de ces protons.

L'objectif pour l'ultra-traileur est de retarder l'apparition de son SV_1 . Effectivement, une meilleure capacité aérobie ne se traduit pas par une meilleure $VO_2\text{max}$ mais par la capacité de maintenir un pourcentage de $VO_2\text{max}$ pendant une durée définie [178].

Chez les sujets sédentaires, le SV_1 apparaît à environ 55% de la $VO_2\text{max}$ alors que chez les sportifs entraînés, il peut apparaître à 60-80% de la $VO_2\text{max}$ ou de la FC [176], [179].

Conseil (s)

Développer son SV_1 [180], [181] : cf. *Annexe 5*.

- **Stratégie poussante** : passer de plus en plus d'heures en dessous de SV_1 , en zone 1 et 2
 - Sorties d'entraînement d'endurance dites de récupération – Faible intensité
 - Sorties longues dites de rando-course – Intensité modérée
- **Stratégie tirante** : faire des sessions de Tempo run, en zone 3, pour tirer SV_1 vers le haut et retarder son apparition
 - Séance d'alternance zone 3/zone 2 : 10 min/3 min de récupération – Fractionné
 - Volume total de course $\geq 80\%$ à faible intensité tout au long de la saison
 - Augmenter le volume de course à l'approche de la compétition
 - Diminuer l'intensité à l'approche de la compétition

b. Renforcement musculaire et articulaire

Les objectifs sont de développer la force musculaire (la résistance) et donc de repousser le délai d'apparition de la fatigue musculaire (facteur limitant), de renforcer les muscles pour prévenir les blessures dont l'apparition d'une lombalgie par exemple. Pour cela, il est nécessaire de travailler les différents régimes de contraction musculaire [182], [183], et notamment ceux intervenant dans le trail :

- Régime concentrique : Sollicité lors des montées, des sauts. Il s'agit de la mise en tension suivie du raccourcissement du muscle.
- Régime excentrique : Sollicité lors des descentes. Il s'agit de la résistance musculaire contre un charge.
- Régime isométrique : Peu sollicité lors de la pratique. Il s'agit du maintien de la contraction musculaire en position statique, en immobilisation.

Le travail de la proprioception est nécessaire à la prévention des blessures articulaires et ligamentaires, souvent conséquentes à une instabilité. Il s'agit de la « conscience qu'a un individu de la position et du mouvement de son corps dans l'espace » [184]. Lors de la pratique, elle permet de garder une meilleure posture sur le long terme, ce qui améliore la course lorsque la fatigue s'installe, et elle permet au corps de faire face aux instabilités et irrégularités des sentiers.

Les étirements sont essentiels pour permettre aux muscles de retrouver sa longueur initiale. Ils doivent être effectués à distance des entraînements. Effectivement, ils peuvent aggraver les microlésions créées lors de la pratique [182].

Conseil (s)

- Technicité du terrain des sentiers : équilibre, proprioception des chevilles, genoux
- Renforcement musculaire, gainage, abdos pour la posture, la chaise ou la presse pour renforcer les cuisses
- S'habituer à marcher sans bâton, si besoin mettre les mains sur les cuisses en soutien lors des côtes trop raides
- Marcher pieds nus fréquemment pour fortifier la peau des pieds et la voûte plantaire [185]

c. L'entraînement croisé

L'objectif est de prévenir les blessures en diversifiant les sollicitations musculo-articulaires et en limitant l'impact au sol (principale contrainte du trail) tout en développant des qualités profitables au

trail. L'entraînement croisé permet de pratiquer en fonction des différentes saisons et des envies de chacun. La pratique de sports variés évite la monotonie et peut ainsi permettre de prévenir le burn-out du sportif [182].

Tableau 5. : Atouts de différents sports aux traileurs. Inspiré du livre de Marie Paturel.

Sport	Atouts pour le trail	Commentaire(s)
Vélo	<ul style="list-style-type: none"> - Travail des muscles des membres inférieurs - Travail de la sangle abdo-lombaire - Endurance en force - Puissance en côte - Pratique possible en toute saison 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur terrains vallonnés - Pratique en intérieur possible : vélo d'appartement/salle de sport - Sur terrains plats en récupération
Ski de fond	<ul style="list-style-type: none"> - Travail de la capacité respiratoire - Travail des muscles du haut du corps - Gainage - Équilibre et coordination 	<ul style="list-style-type: none"> - Continuer le pratique d'endurance en hiver en variant - Séance de fractionné possible`
Ski alpinisme	<ul style="list-style-type: none"> - Travail de la capacité respiratoire - Travail en dénivelé, en côte - Travail des muscles du haut du corps - Pratique en altitude 	-Sport technique de montagne : être accompagné d'un connaisseur s'il y a un manque de connaissance des lieux et de la technique
Randonnée pédestre	<ul style="list-style-type: none"> - Variante lente du trail : super atout pour l'ultra-trail (plus de marche que course) - Préparation physiologique au trail 	En sortie longue : Alternance de marche et course (rando-course) en vue d'un ultra-trail

2. Planification des entrainements

L'objectif est de mettre en place un programme d'entraînement afin d'améliorer les performances, d'éviter l'apparition d'un plateau d'adaptation et les surentrainement (ne pas être déjà

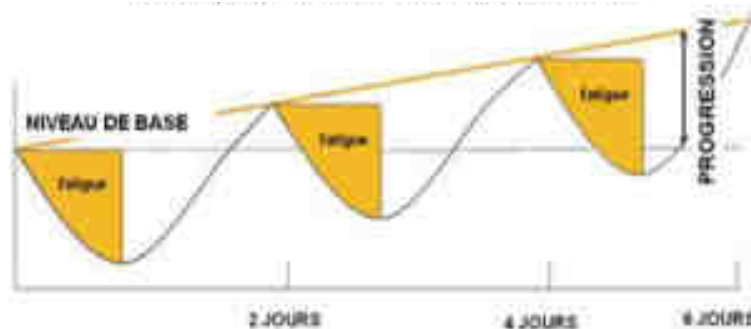


Figure 34. : Exemple d'un entrainement bien conduit. (171)

fatigué sur la ligne de départ). L'augmentation progressive et la diversité de la charge d'entraînement (intensité, volume, fréquence) et le respect des temps de récupération pour l'organisme sont donc primordiaux.

Lorsqu'il y a plusieurs compétitions prévues sur l'année, il est primordial de diviser les plans d'entraînements par plusieurs blocs de plusieurs semaines (en moyenne 12 semaines avec un volume de 10-15 heures/semaine) débutant le lendemain d'une compétition et se terminant avant la compétition suivante [186].

Dans la rubrique « Entraînement » du site Internet du Grand Raid, des conseils pour pouvoir terminer la Diagonale sont disponibles. Il est conseillé de faire 3-4 jogging de 10-13 km par semaine et d'être capable *in fine* de courir pendant une durée de 1h30 min sans s'épuiser, c'est-à-dire en étant capable de parler. De plus, il faudrait varier le type de terrain d'entraînement en incluant des côtes, montées et descentes, de varier les pratiques en incluant le cyclisme, la musculation, le stretching et de faire des grandes sorties de 5-8 heures tous les 15 jours pendant 3 mois [185].

Il est aussi conseillé de se renseigner (surtout pour une première participation), d'autant plus s'il y a un objectif visé, sur ce qui a fonctionné pour ceux ayant déjà participé [187] [188] [189].

Conseil (s)

- **Semaines générales** : Développement du capital endurance fondamentale

→ Course continue ou rando-course sans bâton ou un mixte des deux, endurance active

- **Semaines spécifiques** : Développement des compétences nécessaires et spécifiques

→ Dénivelés + et dénivelés - en escaliers irréguliers lors de la Diagonale

→ Technicité du terrain des sentiers : équilibre, proprioception

→ Sorties longues (5 heures, 7 heures voire une journée) pour améliorer la résistance

→ Renforcement musculaire

→ S'habituer à marcher sans bâton, si besoin mettre les mains sur les cuisses en soutien lors de côte trop raide

→ Sorties tôt le matin ou la nuit (si accompagné), sous la pluie, entre midi et deux : mimer les sensations de trail la nuit, en journée, la potentielle météo lors de la Diagonale

→ Porter les équipements obligatoires de la Diagonale lors des sorties longues afin de s'habituer

→ Planifier les courses compétitives pour obtenir les points de qualification pour l'inscription

- **Semaines d'affûtage** : Phase de récupération

→ Baisse du volume et de l'intensité

3. Points réglementaires

a. Certificat de non contre-indication

Un certificat médical attestant l'absence de contre-indication à la pratique d'un sport est obligatoire pour obtenir une licence dans un club (valable 3 ans) et pour pouvoir participer à une compétition. Pour participer au Grand Raid, tous les candidats doivent obligatoirement fournir le certificat type disponible en *Annexe 3*. Et ce, même s'ils sont déjà licenciés [17].

Tout prescripteur est en droit de remplir et signer un certificat médical, le médecin généraliste est consulté par 78,4% des traileurs.

Néanmoins, une étude a démontré que les pratiquants (73%) consultant leur médecin généraliste pour un certificat médical n'ont aucune information sur leur pratique ou alors uniquement des informations sur le sport d'ordre générale. Même si, le défaut d'information n'a significativement pas de lien avec la survenue de blessures lors de cette étude, les sujets déclaraient avoir besoin et être en demande d'informations spécifiques à leur pratique sportive par les professionnels de santé [190].

De plus, lors d'une étude auprès de médecins généraliste à l'île de La Réunion, 78% d'entre eux ont signalé leur besoin formation en médecine du sport et notamment sur le point cardiovasculaire (20,4%), digestif (18%), thérapeutique et dopage (18%), et locomoteur (13%) dans la pratique du trail. Pour rappel, la délivrance d'un certificat médical inexact ou falsifié peut être puni pénalement d'un an d'emprisonnement et de 15 000 euros d'amende selon l'article 441-7 du Code pénal et peut être accompagné de poursuites de blessure/homicide involontaire. 20 % des plaintes enregistrées auprès des chambres disciplinaires en première instance concerne les certificats médicaux.

Devant des antécédents cardiovasculaires et après 35 ans, il est recommandé de consulter un cardiologue et devant des signes de bronchospasmes, de consulter un spécialiste en pneumologie [191].

Conseil (s)

- Aux prescripteurs : Se former en médecine du sport et aux spécificités des différents sports
- Aux autres professionnels de santé : Orienter le sportif vers un/des spécialistes(s) adaptés

b. Les points qualificatifs

De plus en plus de personnes deviennent adeptes d'ultra-trail et ils sont de plus en plus nombreux à vouloir s'inscrire à cette course mythique de l'île. Le parcours de cette course est une succession de sentiers réunionnais accessibles à tout moment de l'année à des randonneurs, touristes ou locaux, mais enchaîner ces sentiers en un temps imparti et dans des conditions physiques et psychologiques extrêmes peut avoir des conséquences redoutables si la préparation est inadaptée.

Pour prévenir les risques, plus spécifiquement les arrêts cardiorespiratoires, depuis 2011 [187] l'inscription à la Diagonale est possible uniquement pour les personnes pouvant justifier d'avoir été finisher à des courses exclusivement pédestres valant chacune au moins 85 points. Ces courses doivent donner lieu à un classement et se dérouler en une étape. Une course en une étape est une course « classique » sans interruption durant un ou plusieurs jours alors qu'une course en plusieurs étapes s'arrête à un moment donné pour reprendre son cours le lendemain, tel que le Marathon des Sables au Maroc avec ses 250 km en 6 étapes [193]. Le calcul des points est basé sur la distance et les dénivelés : 1 km = 1 point et 100 m de dénivelé = 1 point [18].

Tableau 6. : Tableau explicatif du calcul du nombre de points qualificatifs

	Distance (en km)	Dénivelé (en m)	Points rapportés
Exemple 1	70	1 500	$70 + 15 = 85$
Exemple 2	90	0	90
Exemple 3	100	9 000	$100 + 90 = 190$

4. Prévention des affections cutanées

Les traileurs sont en général bien équipés. Ils sont rodés dans le choix de la paire de chaussure adaptée à leur biomécanique de course, dans le port de couvre-chef quand la pratique en extérieur est ensoleillée. En revanche, la protection solaire semble insuffisante d'après l'étude menée lors de l'édition 2017 du Grand-Raid (cf. *Partie 2.III.2.b*). De plus, existe-t-il des moyens pour prévenir les affections cutanées aux pieds ?

a. Produits solaires

Son application prévient les coups de soleil et l'apparition des cancers cutanés. Encore faudrait-il savoir quel produit convient à qui et pour quelle situation et comment l'appliquer pour bénéficier de toutes les qualités ?

Chaque individu a un phototype qui va déterminer l'indice de protection solaire qui lui convient d'utiliser en fonction de la situation. Après avoir déterminé le type de peau de l'individu, ses antécédents (ATCD) et évalué ses besoins en fonction de la situation de l'exposition au soleil, il est possible de décider de l'indice de protection adapté en fonction de la sensibilité de l'individu au soleil.

Dans le cas de la pratique de trail, l'exposition solaire est importante, elle peut durer de très longues heures (surtout en ultra) et se produire dans des environnements extrêmes (UTMB, Marathon des Sables), en hautes montagnes, dans des milieux humides (Diagonale des Fous). D'après le

Tableau 7. encadré rouge, le choix de l'indice solaire se portera généralement vers une haute ou très haute protection selon le phototype du sportif [156].

Tableau 7. : Tableau résumant le cours de dermatologie et cosmétologie. (151)

Phototype	Type de peau	Exposition modérée (vie au grand air)	Exposition solaire importante (plage, activité extérieures longues)	Extrême (glaciers, tropiques)
Phototype 1 Sujet extrêmement sensible au soleil	Sujet à peau blanc laiteux, taches de rousseur, cheveux roux, prenant <u>toujours</u> des coups de soleil lors d'exposition solaire, <u>ATCD</u> de cancers cutanées	Haute protection (30 à 50)	Très haute protection (50+)	Très haute protection
Phototype 2 Sujet sensible au soleil	Sujet à peau clair, quelques taches de rousseur et/ou cheveux blond vénitien, prenant <u>souvent</u> des coups de soleil lors d'exposition	Moyenne protection (15,20, 25)	Haute protection	Très haute protection
Phototype 3,4 Sujet à peau intermédiaire	Peau claire bronzant assez facilement, ne prenant des coups de soleil que lors d'exposition très intenses	Faible protection (6, 8, 10)	Moyenne protection	Haute protection
Phototype 5,6 Sujet à peau assez résistante	Peau mat bronzant facilement sans jamais prendre de coups de soleil	Faible protection	Faible protection	Moyenne protection

Il est préférable de choisir une formulation galénique stable à l'eau et à la transpiration : émulsions à phase continue huileuse résistante à l'eau. Pour le visage, afin d'éviter que le produit entre en contact avec les yeux, l'utilisation de lait n'est pas recommandée car cette formulation est

trop fluide, en revanche la crème est mieux car elle est plus visqueuse. De même, il existe des sticks pour les zones plus sensibles telles que les lèvres, les ailes du nez, les joues, les cicatrices et grains de beauté. La fréquence des applications doit être régulière, toutes les 2 heures, après s'être mouillé (intentionnellement, eau de pluie, passage dans un cours d'eau...) [194] en bonne quantité (2mg/cm², les mêmes quantités utilisées en laboratoire pour déterminer les facteurs (indices) de protection solaire SPF).

Conseil (s)

- Choisir la bonne formulation : il est possible de combiner plusieurs formes galéniques en petits formats voyages pratiques dans le sac du traileur, sous forme de spray...
→ Éviter les produits contenant des filtres UV toxiques pour l'environnement, notamment pour les milieux marins/aquatiques à La Réunion : oxybenzone, octocrylène, octinoxate [195].
 - Utiliser des vêtements adaptés en sus : manches longues, couvrants.
→ Ne pas mouiller les vêtements, même pour se rafraîchir, car l'humidité favorise la transparence aux UV [194].
 - Porter des lunettes solaires adaptées.
→ Norme NF EN ISO 12312-1 2013, catégorie 4 avec le marquage CE (soleil qui domine deux pics de montagnes et des lignes de vagues).
- N.B** : Un verre sombre n'est pas forcément signe de protection.

b. Préparer ses pieds

Comme conseillé dans la *Partie 3.I.1.d.* sur le renforcement musculaire et articulaire, marcher pieds nus le plus souvent possible permet le renforcement de la peau et de la voûte plantaire. La meilleure démonstration de cette pratique est Abebe Bikila, le premier athlète d'Afrique noire médaillé d'or aux Jeux Olympiques (JO). Il a remporté le marathon de 42km des JO de Rome en 1960 et a battu le record du monde en concourant pieds nus. Effectivement, il a toujours eu l'habitude de courir et marcher pieds nus, et présentait une épaisse couche de corne sous ses pieds. La rumeur est qu'aucune des chaussures, qu'il avait essayé pour participer aux JO, lui allait mais au contraire lui provoquer des ampoules [196].

Durcir sa peau : Le tannage

Avant tout, il est nécessaire de préparer sa peau en enlevant les peaux mortes, les durillons, de se couper les ongles, de faire un soin des ongles incarnés etc. Pour se faire, il est possible de rendre visite à un podologue.

Le tannage est une pratique répandue sur les blogs et les livres running, il s'agit d'exfolier la peau et de l'hydrater pour provoquer le mécanisme de durcissement de la peau par un mimétisme accéléré

du processus de restructuration de la peau lors de la marche. Le traileur commence cette pratique quelques semaines avant la course et s'arrête quelques jours avant. Les plus assidus le font tous les jours sur environs 3 semaines [197] :

- Le matin : application d'acide citrique pour exfolier la peau et renforcer l'épiderme.
- Le soir : hydratation à base de beurre de karité pour assouplir.

Cet acide citrique se trouve dans le jus de citron pur. Il existe d'autres alternatives disponibles en officine : produits à base d'acide tartrique ou d'huiles essentielles (HE) de citron.

Cette pratique est déconseillée aux personnes diabétiques.

Éviter les bobos

Ces mêmes crèmes à base de beurre de karité utilisées lors d'un tannage, peuvent être appliquées lors des entraînements et lors de la course pour éviter les frottements et donc l'apparition d'ampoules et les décollements de peau.

L'utilisation de protections disponibles en officine est possible telles que :

- Des secondes peaux pour éviter l'apparition d'ampoules en réduisant les frictions directement sur la peau : pansements et bandes hydrocolloïdes, bandes types sparadraps.
- Protections à base de gel de silicone qui absorbent les micros-chocs, les frictions pour prévenir l'apparition d'ampoules, d'un hématome sous-unguéal ou pour soulager l'avant pied.
- Crèmes anti-frottement à base de corps gras (beurre de karité, lanoline, caprylic triglycéride...) et d'autres composants aux vertus antioxydantes, apaisantes, nourrissantes et cicatrisantes (vitamine E, miel, propolis, aloe vera...)

Conseil (s)

- Lors d'un tannage : toujours hydrater. Une peau non hydratée sera, au contraire, fragilisée et les conséquences seront plus désastreuses que sans tannage.
- HE de citron : irritante donc toujours diluer avant utilisation et photosensibilisante donc ne jamais l'appliquer avant une exposition solaire.
- Proscrire les crèmes anti-frottement lors des courses dans le sable.
- Port de chaussettes en coton changées fréquemment pour éviter la macération et le pied de l'athlète.
- Aérer ses chaussures dès que possible.
- Bains de pieds quotidien puis toujours bien se sécher les pieds et entre les doigts de pieds.
- Ne jamais porter de chaussettes ou chaussures neuves lors d'une compétition.

II. Les besoins nutritionnels

La porte d'entrée de l'organisme est le tube digestif. Avant toute optimisation des apports nutritionnels, il est nécessaire de prendre soin que cette porte soit fonctionnelle et intacte. Pour se faire, la supplémentation en probiotiques a montré son efficacité dans la prévention des troubles gastro-intestinaux induits par l'exercice de haute intensité notamment avec une prise commençant à 3 mois environs avant la compétition des souches *L. rhamnosus*, *L. fermentum* et d'autres. Les probiotiques ont montré des effets positifs sur l'efficacité de la fonction barrière de l'intestin (muqueuse et épithéliale) par l'expression de molécules de surface, sur la production de médiateurs anti-inflammatoires et de métabolites [198], [199].

De plus, la prise de glutamine, un nutriment majeur dans le maintien de l'intégrité de la barrière intestinale, dans l'expression des jonctions serrées et dans l'équilibre de la flore microbienne, dans le système immunitaire, est controversée. Effectivement, certains écrits sont favorables à une supplémentation chez le sportif alors que d'autres stipulent que la présence de glutamine dans les protéines d'origine animale et végétale suffit pour avoir un apport adapté quel que soit le régime alimentaire et la niveau d'exercice de l'individu [120], [200]. Le conseil à l'officine de glutamine est plus généralement adopté face à un profil présentant des troubles gastro-intestinaux (ballonnements, diarrhées, constipation) associés plus ou moins à des céphalées, des crampes et une fatigue ou après une phase de troubles intestinaux afin de restaurer une perméabilité intestinale normale [201].

1. L'alimentation

L'objectif de cette sous partie n'est pas de délivrer une hygiène alimentaire stricte mais de fournir des principes de bases aux sportifs d'endurance.

a. Glucides et glycogènes

Objectif : Produire la réserve de glycogènes pour les muscles lors de l'effort.

Il faut privilégier les glucides lents versus les glucides rapides (sodas, sucreries...). Les glucides complexes/lents se retrouvent dans les pâtes (semi-complètes ou complètes de préférence car elles sont plus riches d'un point de vue nutritionnel et contiennent moins de gluten qui peut être irritant pour l'intestin en fonction de l'individu), dans les légumes (qui peuvent également fournir d'autres nutriments tels que la vitamine C, le fer, la vitamine K, le calcium...) et les légumineuses (lentilles, haricots, pois chiches...), les légumes tubercules suivant le mode de cuisson qui fait varier leur indice glycémique (pomme de terre, patate douce, topinambour...) , le riz, les céréales etc. [202].

Les fruits sont aussi sources de glucides avec une teneur majeure en fructose qui n'est pas utilisé par toutes les cellules de l'organisme contrairement au glucose. En effet, il est utilisé par l'intestin, les reins, et principalement par le foie. Ils contiennent des fibres, du potassium, et des vitamines dont

car ils ne sont pas synthétisés *in vivo* par l'organisme, *versus* les acides gras saturés (présentant aucune double liaison dans la chaîne carbone) car ils augmentent la rigidité membranaire [202]. Les acides gras poly-insaturés se retrouvent dans [120]:

- L'huile d'olive, les noix, les avocats : oméga 9 issus de l'acide oléique et pouvant aussi être synthétisés par l'organisme.

- L'huile de tournesol : oméga 6 avec l'acide linoléique (**AL**)

- Les huiles de colza, lin, noix, les poissons gras (sardine, saumon, foie de morue, maquereau, thon), microalgues : oméga 3 avec l'acide α -linoléique (**ALA**), l'acide eicosapentaénoïque (**EPA**) et l'acide docosahexaénoïque (**DHA**).

Les oméga 3 sont présents dans les produits laitiers fermentés (facilitent la digestion) issus de caprins et ovins [202]. Les produits laitiers sont aussi sources de calcium et de vitamine D lorsqu'ils en sont enrichis. Leur consommation s'avère intéressante dans la prévention de l'ostéoporose et après 35 ans afin de freiner le processus d'amincissement du squelette [118].

Les oméga 6 et 3 sont en compétition lors de leur métabolisme car ce sont les mêmes enzymes qui interviennent (métabolisme des AGPI). Ainsi, un excès d'oméga 6 pourrait compromettre la production de EPA et DHA. Il est donc nécessaire de respecter un rapport oméga 6/oméga 3 inférieur ou égal à 5 [203].

c. Protéines

Objectif : Se préparer aux efforts intenses d'endurance en renforçant le capital musculaire, en réparant les dommages musculaires liés à l'effort et en mettant en place une source d'énergie en acides aminés en cas de déplétion du stock de glycogène.

L'apport journalier recommandé pour un adulte sportif d'endurance est de 1,3-1,6g/kg [118].

Les protéines peuvent être d'origine :

- Animale : Œufs (le blanc surtout), produits laitiers, viandes, poissons. Source de dopamine à privilégier en journée pour allumer le moteur de l'organisme.
- Végétale : Amandes, beurre de cacahuète, haricots, lentilles, tofu, soja. Source de tryptophane à privilégier le soir pour améliorer le sommeil.

Le tryptophane est un acide aminé essentiel (non synthétisé par l'organisme), il se trouve dans l'alimentation sous forme de L-tryptophane. Il est le précurseur de la sérotonine et de la mélatonine. Il joue ainsi un rôle dans le rythme circadien et dans la régulation du sommeil en augmentant la durée totale de sommeil, en réduisant le temps d'éveil et le nombre de réveils [204], [205].

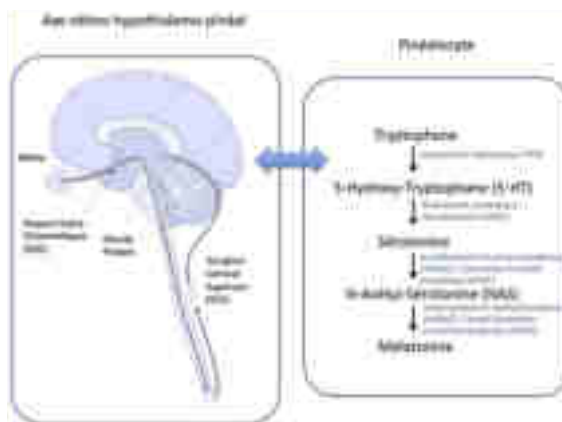


Figure 36. : Voie de régulation et de synthèse de la mélatonine à partir de la sérotonine.⁽²⁰⁵⁾

L'intérêt de son apport alimentaire est controversé car certains stipulent que son passage à travers la barrière hématoencéphalique est perturbé par la présence de d'autres acides aminés qui entrent en compétition avec lui [120] et d'autres affirment que son action reste comparable à celui qui découle de la prise de tryptophane pharmaceutique (c'est-à-dire sans la présence de d'autres acides aminés) [206].

2. La micronutrition

La micronutrition est la spécialité qui s'intéresse aux micronutriments issus de l'alimentation afin de compléter le régime alimentaire d'un individu par la prise de compléments alimentaires [202].

Outre les conseils adaptés, personnalisés et indispensables lors de la dispensation de compléments alimentaires au comptoir, des entretiens micronutritionnels peuvent être pratiqués dans certaines officines, le pharmacien incarne son rôle de professionnel de santé. Certains laboratoires commercialisant des compléments alimentaires proposent des formations sur leurs produits à l'équipe officinale, mais le pharmacien doit être indépendant, éthique et se doit d'avoir un esprit critique.

Pour cela, des diplômes universitaires et des formations sont disponibles auprès des universités ou d'organismes agréés indépendants de tous laboratoires. Pour l'instant, les entretiens micronutritionnels ne font pas partis des entretiens pharmaceutiques rémunérés par l'Assurance Maladie, et les patients ne bénéficient alors pas d'une prise en charge par l'Assurance Maladie [207]. Le pharmacien est donc libre d'en fixer le prix.

III. Les suppléments

1. Les médicaments

Une étude menée lors de l'édition 2015 du Grand Raid à la Réunion a montré que la consommation de médicaments lors de la phase de préparation concernait 21,20% des répondants. Le taux d'automédication était de 58,70% dont 56,36 % était due à la vente libre en pharmacie d'officine. Le rôle du pharmacien est ainsi mis en évidence sans équivoque. Le but de cette consommation était la lutte contre les douleurs par la prise d'anti-inflammatoires non stéroïdiens et d'antalgiques et pour certains des ultra-traileurs l'objectif était d'améliorer leur récupération (24,86%) et/ou leurs performances (10,10%) [208].

Au regard de l'accès sans ordonnances d'AINS et des possibles conséquences désastreuses de sa consommation au sein de cette discipline (*Partie 2 : Les risques liés à la pratique*), le pharmacien d'officine se doit d'être vigilant lors de sa délivrance au comptoir en questionnant le patient sur la raison de la consommation et de mentionner les risques quant à son mésusage chez les sportifs d'endurance : insuffisance rénale aigue, hémorragie digestive, rhabdomyolyse.

Conseil (s)

- Être attentif aux achats/demandes associés à l'achat d'AINS : décontractants musculaires, crèmes, gels ou emplâtres pour des douleurs musculaires, produits de prévention/traitement d'atteintes cutanées (ampoules, cornes...) et/ou d'hydratation (électrolytes) liés à la pratique...
- Prodiguer ces conseils au sportif lorsqu'il y a une prescription qui s'inscrit dans le cadre d'une blessure par exemple : mettre en garde de la consommation lors de la pratique car les modifications physiologiques d'adaptation lors d'un ultra ne sont pas compatibles à la prise d'AINS alors même que l'individu n'a eu aucun désagrément lors de la prise dans un cadre « normal » de sa vie.

2. Les compléments alimentaires

Les compléments alimentaires ne sont pas des médicaments car ils ne possèdent pas d'effets pharmacologiques. Ce sont « des denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés, commercialisés sous forme de doses » (Directive 2002/46/CE du Parlement européen, transposée par le décret n°2006-352 du 20 mars 2006).

L'encadrement des compléments alimentaires est géré par la Direction de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF). Les laboratoires déposent une déclaration auprès de la DGCCRF qui contrôle la composition des produits [209].

Partie 3 : La prévention des risques

Il est important de savoir lire l'étiquetage des produits achetés. Pour déterminer si un complément permet un apport significatif des différents nutriments, il faut que cet apport soit au moins de 15% des apports journaliers recommandés (AJR) pour 100g ou 100mL ou par portion [210].

L'étude menée lors de l'édition 2015 du Grand Raid à la Réunion a montré que la consommation de compléments alimentaires lors de la phase de préparation concernait 51,70% des répondants dont 46,70% d'entre eux ignorait la composition des produits consommés. 95,90 % des concernés n'avaient pas de prescription médicale et 58,43 % des achats étaient au sein d'une officine [208]. Plus de la moitié des intéressés se référaient donc aux pharmaciens qui ont leur rôle à jouer en apportant les bons conseils et en assurant la sécurité de l'achat et les précautions d'emploi de ces compléments.

Tableau 8. : Consommation de compléments alimentaires
Grand Raid édition 2015. (202)

	Fréquence	Pourcentage (%)
Consommation de compléments alimentaires		
Oui	811	51,70
Non	777	48,30
Total	1588	
Type de complément		
Spiruline	591	35,05
BCAA	231	15,97
Magnésium	91	10,20
Vitamine C	79	9,50
Protéines	38	4,96
Acides	28	3,59
Éléments minéraux et sels	28	3,51
Vitamines		
Biotine	22	2,84
Protéoglycane	19	2,28
Glucosamine	18	2,14
MSM	17	2,08
Autres	76	9,52
Connaissance sur la composition		
Oui	441	28,46
Non	381	46,74
Préparation		
Pharmacie	481	58,43
Achat en supermarché	126	15,64
Achat sur le net	71	8,76
Autre (distributeur)	68	8,17
< vide >		
Prescription médicale	14	1,71
Autre	30	3,69
Total	832	
Type de prise		
Contre indication	491	60,84
Long cours	118	14,11

D'après le **Tableau 8.**, les compléments les plus consommés sont respectivement la spiruline (35,05%), les BCAA (15,97), le magnésium (10,20%) et la vitamine C (9,50%) [208].

La spiruline :

La spiruline est une algue bleue-verte d'eau douce contenant divers nutriments : protéines et acides aminés essentiels, vitamines B12, fer non hémérique et bêta-carotène.

Les effets indésirables :

- Diarrhées
- Ballonnements

- Maux d'estomac
- Flatulence
- Œdèmes
- Douleurs musculaires
- Maux de tête
- Transpiration

Les produits cultivés dans des conditions non contrôlés peuvent contenir des métaux lourds et d'autres contaminants (cyanotoxines, pesticides, hydrocarbures aromatiques polycycliques), et peuvent être contaminés par *Microcystis aeruginosa*, une algue produisant des hépatotoxines [199]. La consommation régulière de l'ordre du gramme exigerait alors une surveillance particulière de ces constituants pouvant être nocifs [212].

De surcroît, une consommation journalière de 5g de spiruline (quantité maximale conseillée par certains compléments alimentaires) apporte 7-8,5 mg de bêta-carotène tandis que la limite d'apport journalier par les compléments alimentaires a été estimée à 7 mg par jour [213].

Conseil (s)

- Associer une prise de vitamine C pour optimiser l'absorption du fer non héminique : agrumes, kiwi, acérola, complément alimentaire à base de vitamine C (acide ascorbique).
- Éviter la prise de thé, de fibres en excès, de soja qui perturberaient l'assimilation de fer.
- Déconseiller chez les fumeurs à cause de la bêta-carotène : une supplémentation en bêta-carotène augmenterait le risque relatif de cancer liés au tabac chez les fumeurs [214].
- Privilégier les produits provenant des circuits les mieux contrôlés, notamment en officine.

Les BCAA :

Les BCAA, ou Branched-Chain Amino Acid, sont des acides aminés ramifiés. Les compléments à base de BCAA sont souvent composés d'acides aminés essentiels ; c'est-à-dire des acides aminés que l'organisme ne sait pas fabriquer et qui doivent être administrés par l'alimentation : le tryptophane, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, la valine, la leucine, l'isoleucine et l'histidine [215].

Les sportifs en consomment pour leurs effets positifs sur l'endurance et les performances globales [216] :

- **Stimulation de la sécrétion d'hormones anabolisantes** permettant d'augmenter la masse musculaire.
- **Switch du carburant utilisé lors de l'exercice** d'endurance de longue durée lorsque le glycogène s'appauvrit.

- **Amélioration de la récupération** avec la leucine, l'alanine et la proline associées aux glucides et aux protéines. Le catabolisme (processus de dégradation) des BCAA lors de l'exercice diminue la fatigue musculaire par le blocage de la production de lactate et donc de son accumulation musculaire. Les BCAA ont aussi des effets bénéfiques sur les courbatures.

- **Prévention de la fatigue mentale** en réduisant l'absorption de tryptophane (précurseur de la sérotonine et de la mélatonine cf. *Partie 3.I.V.c.*). Effectivement l'effet anti-fatigue vient de la compétition des BCAA avec le tryptophane par le système de transport permettant leur passage à travers de la barrière hématoencéphalique. Ceci a pour conséquence une diminution du passage du tryptophane libre et donc une diminution du taux de sérotonine qui engendre le sentiment de fatigue.

Il a été relaté que la prise de BCAA avant et après l'exercice suivant plusieurs schémas posologiques engendrait une suppression de la dégradation des protéines endogènes par l'augmentation des BCAA intracellulaires et artériels. Cette consommation diminuait l'augmentation de l'activité de la créatine kinase sérique pendant plusieurs jours après l'exercice, diminuait les douleurs musculaires, des lésions musculaires et des courbatures après l'exercice [212] :

- 77mg/kg de poids corporel en prise unique avant l'exercice
- 12g/jour pendant deux semaines avant et 20g avant et après l'exercice
- 3,6g de mélanges d'acides aminés dont 37% de BCAA avant et après l'exercice suivi de 2 doses par jour pendant 4 jours en récupération

Une étude a montré que la prise de 18-20g de BCAA (rapport 2:1:1 de leucine, isoleucine, valine) *versus* placebo une heure avant l'exercice chez des sportifs d'endurance (coureurs de fond, cyclisme) retarde l'épuisement sans atteindre la fatigue musculaire et améliore la récupération musculaire [216].

Globalement, les BCAA sont établis comme une source de complément alimentaire intéressante dans le sport et a montré des effets bénéfiques et utiles. Cependant, il n'y a pas de données scientifiques issues d'études sur la quantité minimale efficace de supplémentation de BCAA.

Le fer :

D'après la *Partie 2.II.2.a.*, une supplémentation en fer peut être profitable à l'ultra-traileur. L'apport journalier de fer conseillé est de 14-15mg [200] [208].

Mais sous quelle forme ? Gélule, liquide, poudre ? Quel sel est mieux assimilé ? Il existe effectivement un choix varié de supplémentation en fer.

Une étude sur l'absorption du fer a montré qu'il était statistiquement plus absorbé lorsqu'il était associé à de l'asparagine, de la sérine, de la glycine et de l'acide ascorbique par rapport à une solution témoin. Cette même étude a mis en évidence que le fer associé à de la glycine ou de l'asparagine est significativement mieux absorbé qu'associé à la sérine ou à l'acide ascorbique [219]. L'absorption du fer amino chélaté est régie par la réserve de fer de l'organisme.

Les effets indésirables :

- Selles foncées
- Constipation
- Diarrhées
- Nausées
- Vomissements

Conseil (s)

- Faire des contrôles réguliers de son statut en fer.
- Mettre en place des périodes de repos sportif pour favoriser l'assimilation du fer lors de ces périodes.
- Favoriser la réduction du fer en l'association à : l'acide ascorbique, la bêta-carotène, la cystéine ou l'histidine.
- Éviter la prise concomitante d'éléments réduisant l'assimilation du fer dont le calcium par compétition.
- Respecter un délai de deux heures lors de la prise de certains médicaments : antibiotiques (cyclines et quinolones), traitements de l'ostéoporose, hormones thyroïdiennes.

Le magnésium :

L'apport journalier recommandé est de 375mg [210].

La supplémentation en magnésium chez le sportif est controversée. En effet, certaines études ont dévoilé qu'une supplémentation journalière d'environ 400mg améliorerait la VO_{2max} et d'autres études stipulent qu'un apport magnésique permettrait d'allonger la durée de l'exercice d'endurance d'environ 50% et d'améliorer la récupération [220].

Certains ouvrages contredisent ces effets bénéfiques chez les sportifs d'endurance et notamment lorsqu'ils ne présentent pas de carence « franche » [120, p. 80], allant même jusqu'à qualifier de « placebo » l'effet d'un apport pour des crampes musculaires [125].

Néanmoins, la complémentation en magnésium reste une pratique courante recommandée sur les divers blogs, et par des professionnels de santé. Bien que le plus souvent la dose journalière conseillée est d'environ 300mg par jour [179], il n'existe pas de recommandation officielle pour les athlètes, ni de dosage lors de bilan sanguin (présent en majorité dans le compartiment intracellulaire).

Il est donc indispensable de se référer aux professionnels de santé et de connaître les effets indésirables afin d'éviter une éventuelle toxicité :

- Diarrhées
- Maux de ventre

- Signes de toxicité rare aux doses supra-recommandées si la fonction rénale est normale : cardiovasculaires (bradycardie, hypotension), neuromusculaires (troubles de la conscience, paralysie).

Le type de sel de magnésium ingéré permet d'amoindrir ses effets laxatifs. Les phosphates de magnésium seraient les mieux absorbés avec des effets laxatifs faibles contrairement aux lactates de magnésium, aux chlorures de magnésium et au magnésium marin qui contient du sodium potentiellement laxatif [120, p. 81]. Une nouvelle arrivée sur le marché depuis quelques années est le magnésium chélaté à de la glycine. Cette molécule de glycine serait aussi utilisée par l'organisme avec son action est proche de celle du GABA (Acide gamma-aminobutyrique) qui lui est un neurotransmetteur inhibiteur du cerveau. La glycine est principalement présente dans les circuits mettant aux repos les muscles antagonistes [221] et elle induit une libération d'acétylcholine de manière dose dépendante [222]. Pour rappel, l'acétylcholine provoque divers effets dont une diminution de fréquence cardiaque, une vasodilatation (baisse de la pression artérielle) *via* la stimulation des récepteurs muscariniques et une diminution de la sécrétion d'adrénaline et une contraction des muscles squelettiques *via* la stimulation des récepteurs nicotiniques. La double casquette que représente les glycinates de magnésium est intéressante, néanmoins peu d'études sont disponibles pour confirmer son véritable intérêt.

Conseil (s)

- Déconseillé chez les insuffisants rénaux : risque d'hypermagnésémie (cf. signes de toxicité ci-dessus)
- Privilégier la prise avant les repas pour réduire les effets laxatifs.

Le zinc :

L'apport journalier recommandé est de 10 mg [210].

Face au risque d'immunodépression et à la sensibilité des ultra-marathoniens aux IVRS (cf. **Partie 2.II.2.j**), une supplémentation en zinc serait nécessaire. En effet, le zinc joue un rôle dans l'homéostasie immunitaire et auprès de nombreuses enzymes (cf. **Partie 2.II.2.a**).

Des études ont démontré que le zinc prévient significativement les infections virales et leurs évolutions en intervenant par divers mécanismes sur :

- Les particules virales : l'entrée et la libération
- Les protéines virales : la fusion, la réplication et la traduction

Néanmoins, les résultats d'une méta-analyse ont montré une efficacité clinique significative pour la réduction de la durée des rhumes avec des doses > 75mg par jour et pour la réduction de l'incidence des infections après 12 mois de supplémentation avec des doses 45mg par jour [134].

Pour rappel, les recommandations des différents produits de compléments présents sur le marché pharmaceutique est de 15mg par jour [223], [224], [225], [226].

Une étude menée chez des cadets de l'Académie de l'armée de l'air des Etats-Unis au sujet de l'utilisation du zinc à des doses de 15mg par jour pendant 7 mois pour réduire les IVRS a montré qu'il n'y avait pas d'efficacité prophylactique à ce dosage. Effectivement, les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative de proportion des cas d'IVRS diagnostiqué par les médecins entre le groupe supplémenté et le groupe placebo. En revanche, les candidats supplémentés ont significativement signalé plus d'épisodes sans symptômes tout au long de l'étude que ceux du groupe placebo [227].

L'utilisation du zinc est donc ambiguë dans la prévention des infections. Sa supplémentation est sans risque et poserait des problèmes qu'à des niveaux supérieurs à 50mg par jour pendant des durées supérieures à 3 mois [227].

Sélénium :

L'apport journalier recommandé est de 55ug [210].

D'après la *Partie 2.II.2.a.*, une diminution de sélénium a été observée chez les participants à La Diagonale. L'apport est d'environ 1ug/kg/jour sans dépasser la limite supérieure de sécurité fixée à 300ug par jour par l'ANSES afin d'éviter une sélérose (lésions des phanères et de la peau) [228].

L'étude SELECT a dû être interrompue à cause du risque plus élevé de 17% de développer un cancer de la prostate chez les hommes en bonne santé et supplémentés en sélénium et en vitamine E [229]. Il est ainsi fortement déconseillé de supplémenter les hommes en sélénium et en vitamine E.

Conseil (s)

- Fortement déconseillé chez les hommes. Orienter vers un médecin si une demande se présente au comptoir en leur expliquant les risques augmentés de survenue d'un cancer de la prostate.
- Un bilan du sélénium plasmatique est préférable avant toute supplémentation afin d'éviter une sélérose.

La vitamine D :

L'apport journalier recommandé est de 5ug [210] à 100ug (limite supérieure de sécurité de l'ANSES) [228].

Le dosage de vit D peut également être exprimé en unité internationale (UI) par certains laboratoires de compléments alimentaires. Pour maintenir les taux sanguins de 25(OH)D à un niveau adéquat, c'est-à-dire supérieurs à 30 ng/mL, il faut un apport quotidien de 1000 à 2000 UI [230].

L'ergocalciferol (vit D2) et le cholecalciferol (vit D3, forme principalement retrouvée dans l'alimentation) sont équivalents au niveau de leur absorption [231]. Une étude a montré que, par voie orale, la vit D liposomale est plus rapidement et mieux assimilée que la vit D dans une phase huileuse. Il s'agit d'une micro-encapsulation de la vitamine D dans une couche de phospholipides pour ensuite former une suspension préformée de particules stables de tailles bien définies. Cette formulation est ainsi moins sensible aux variations de la composition du bol alimentaire et/ou aux composants du tractus digestif [232].

Les effets d'une supplémentation en vitamine D (vit D) sont bien connus au sein de la population générale : rôle dans l'immunité, prévention de l'ostéoporose, homéostasie squelettique. Le sportif a tout intérêt à maintenir une bonne santé osseuse et ainsi d'optimiser sa densité minérale osseuse afin d'éviter les fractures et une usure prématurée des os.

La vit D augmenterait la synthèse des protéines musculaires, la concentration d'adénosine triphosphate (ATP), la force musculaire, et elle influencerait ainsi la capacité d'effectuer des exercices aérobiques et exercice anaérobie. En ayant des niveaux adéquats de vit D, les sportifs pourraient alors sensiblement améliorer et/ou maintenir leurs performances sportives. La vit D prévient également la dégénérescence musculaire et inverse la myalgie [233].

Bien que des études ont mis en évidence une relation positive entre le statut en vit D et les performances sportives d'endurance, les performances neuromusculaires, d'autres n'ont pas eu les mêmes résultats et n'ont pas abouti aux mêmes conclusions [233].

Les bénéfices de la supplémentation pour les performances sportives restent controversés.

La vitamine C (acide ascorbique) :

L'apport journalier recommandé est de 80mg [210]. L'ANSES recommande jusqu'à 110 mg par jour pour la population. C'est sa forme réduite qui est impliquée dans ses rôles biologiques. Outre son rôle dans les réactions antioxydantes et dans l'hydroxylation de la proline dans le collagène, l'intérêt chez le sportif est que l'acide ascorbique favorise l'absorption du fer non héminique.

La vit C est disponible sous différents dosages dont les plus courants sont 500 mg et 1 000 mg par prise. Certains articles suggèrent qu'une supplémentation à 500 mg par jour suffirait pour des carences légères [234], ce qui représente 625% des valeurs nutritionnelles de référence.

La vit C est bien tolérée, même à de fortes doses (jusqu'à 2g pour un adulte). Les effets indésirables d'un surdosage sont des troubles gastro-intestinaux (nausées, diarrhées, ballonnements, brûlures d'estomac) ou des calculs rénaux [234].

La biodisponibilité par voie orale est inversement proportionnelle à la dose administrée allant d'environ 80% pour des petites doses (30 mg par jour) à 63% pour des doses de 500mg par jour [235].

Sur le marché, les compléments se présentent sous forme de comprimé effervescent ou à croquer, de poudre orodispersible ou à diluer dans l'eau et plus récemment sous forme liposomale comme pour la vit D. Les liposomes améliorent la biodisponibilité de la vitamine C [236], sa concentration maximale et le temps de demi-vie ; ils atténuent l'irritation du tractus digestif pouvant être causée par de fortes doses d'acide ascorbique par voie orale.

Conseil (s)

- Déconseillée chez les personnes à risque de calculs rénaux.
- Déconseillée chez les personnes présentant des maladies où il y a une accumulation de fer (drépanocytose, thalassémie, hémochromatose).

Les omégas 3 :

Les apports nutritionnels conseillés par l'ANSES en oméga 3 sont de 500mg par jour en oméga 3 avec respectivement 250 mg en EPA et 250 mg en DHA pour un adulte. Ces besoins peuvent être augmentés en fonction de la situation et notamment chez le sportif.

Les omégas 3 sont des acides gras polyinsaturés (AGPI) qui ont des propriétés anti-inflammatoires et modifient la fluidité membranaire des cellules. Une supplémentation offre plusieurs bénéfices au sportif :

- Effet bénéfique sur la réponse adaptative aux exercices d'endurance en augmentant les concentrations plasmatiques en *picolinic acid*, métabolite neuroprotecteur du tryptophane avec une supplémentation en EPA à 2234 mg, en DHA à 930 mg et en triglycérides à chaîne moyenne [237].
- Augmentation de la biogénèse mitochondriale ce qui améliore les performances d'endurance [238].
- Augmentation de l'expression de GLUT4 (transporteurs à l'insuline) ce qui améliore la sensibilité à l'insuline des cellules musculaires [238] et amélioration de la capacité d'adaptation au substrat utilisé par les cellules [239] et donc les performances d'endurance.
- Atténuation des lésions musculaires induites par l'exercice après une supplémentation de 3g par jour pendant 4 semaines avant l'effort d'endurance [240].

Sur le marché, les compléments sont composés d'huile de poisson et l'étiquette précise le dosage en mg en EPA et DHA respectivement. Certains possèdent le label EPAX® qui garantit des huiles marines de hautes qualités et hautement purifiées issues d'une pêche éco-responsable [241].

3. Mésusage et contrefaçon

Bien qu'il ne s'agisse pas de la grande majorité, 4% des ultratraileurs se sont procurés leurs médicaments pour leur phase de préparation sur internet, dans leur club ou « autres ». Concernant, les compléments alimentaires, 41,57% des ultra-traileurs consommant des compléments alimentaires lors de l'édition 2025 du Grand-Raid ne les ont pas achetés en officine mais en hypermarché, sur internet ou en club [208] où un doute peut se poser sur la présence d'un professionnel de santé et de la transmission de conseils adaptés et personnalisés en fonction des antécédents, de la situation de chaque individu. De plus, sur internet, le consommateur ne peut s'assurer de l'authenticité de la composition des produits. Effectivement, la présence de contrefaçons sur internet n'est plus un secret de Polichinelle. Quid de la qualité des produits ? de la qualité de la composition ? de la bonne identification des éléments qui composent les produits ? Et des sites hébergés hors de France qui peuvent mettre en ligne des substances interdites par la législation française ?

En France, le circuit pharmaceutique est un circuit fermé. Au début de la chaîne, il y a un pharmacien et c'est aussi un pharmacien qui boucle le circuit lors de la dispensation. La vente sur internet est aussi règlementée : elle concerne les médicaments non soumis à prescription obligatoire qui sont accessibles sur des sites autorisés par l'Agence Régionale de la Santé. Il est possible de vérifier si le site est autorisé sur le site de l'ordre national des pharmaciens [242].

En ce qui concerne les compléments alimentaires, ils ne relèvent pas du monopole pharmaceutique et peuvent être vendus par d'autres commerces et sur internet. En revanche, le patient n'est pas garanti d'avoir les conseils adaptés à sa situation (pathologie, prise d'autres compléments/médicaments, particularités, allergies, précautions d'emploi, etc.).

Pour ces raisons, le pharmacien devrait se former afin de dispenser les conseils associés aux patients, et de mettre en avant ses qualités de professionnel de santé.

Partie 4 :
La prise en charge pendant et après la course

I. Le Jour J

Le jour J. Une organisation bien spécifique est mise en place lors d'une compétition d'ultra-trail. Par exemple lors de La Diagonale, il peut avoir jusqu'à près de 1800 bénévoles à gérer d'après Pierre MAUNIER, président de l'association Grand Raid. Beaucoup d'administratifs se cachent en coulisse, notamment au sujet des assistances médicales, de la sécurité, afin d'obtenir les contrôles techniques permettant le déroulement de la course [243]. En effet, outre le divertissement que cette course représente sur l'île, des moyens d'assistance médicale et de ravitaillement doivent être disponibles et opérationnels. Sont présents : une équipe médicale pluridisciplinaire (médecins, infirmiers, podologues, ostéopathes, secouristes), plusieurs points de ravitaillement, des hélicoptères et des bénévoles.

1. Système d'assistance médicale

a. L'équipe médicale pluridisciplinaire

Cette équipe est présente durant toute la durée de l'épreuve à certains points de ravitaillement visibles sur le carnet de route des compétiteurs (*cf. Annexe 1*). Il y a aussi des postes de secours qui interviennent en cas de blessure grave ou en cas de difficulté d'un coureur. Certains endroits ne sont accessibles qu'en hélicoptère, il convient donc aux coureurs de porter assistance à un autre coureur blessé en appelant les secours au numéro présent sur le dossard de chaque participant et/ou en utilisant le dispositif Sara Event [15].

b. Le dispositif « Sara Event »

Anciennement connu sous le nom de dispositif « Sara 112 » [244], il s'agit d'une application géolocalisable destinée aux personnes formées ou non aux gestes de premiers secours grâce à l'accès

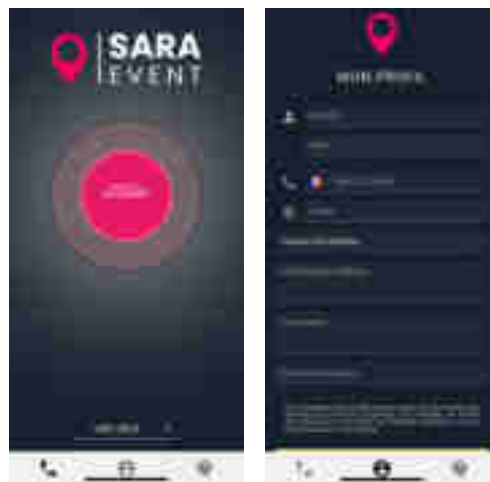


Figure 37. : Dispositif Sara Event sur mobile.

Partie 4 : La prise en charge pendant et après la course

à des vidéos de gestes de secours. Elle est pilotée à distance par les services d'urgence et peut être utilisée pour lancer des appels avec prise de photos et de vidéos. Elle est particulièrement utile et nécessaire aux coureurs si un accident survenait dans une des nombreuses zones du parcours où la difficulté d'accès rapide à pieds se traduit par la mobilisation d'hélicoptères [245], [246].






2. L'approvisionnement alimentaire

a. Les points de ravitaillement

Les points de ravitaillement mis en place pour la course sont visibles sur le carnet de route des compétiteurs (cf. *Annexe 1*).

Environ 37 postes de ravitaillement sont disponibles tout au long du parcours en passant dans les cirques et sont incarnés par des icônes sur le carnet de route [247]. Cela représente 4 tonnes de viandes et 56 000 litres d'eau, 1 tonne de fruits à cuisiner, à découper, à préparer et surtout à acheminer au niveau des cirques accessibles uniquement en hélicoptère [248]. Le Dynamalt® est une boisson énergétique sans alcool locale à base de malte d'orge [249].

Tableau 9. : Type de ravitaillement disponibles sur La Diagonale des Fous. ⁽²⁴¹⁾

TYPE DE RAVITAILLEMENT	BOISSONS	ALIMENTATION
Marathon ou Collation 	Eau, Coca-cola, Dynamalt, Café, Thé	Pain, jambon, fromage, fruits secs, biscuits salés ou sucrés, chocolat à craquer, oranges, pommes, bananes
Soupe 		Bouillon de poule ou de légumes, vermicelles
Repas 	Eau, Coca-cola, Dynamalt, Café, Thé	Poulet, lentilles, riz ou pâtes, pain, jambon, fromage, fruits secs, biscuits salés ou sucrés, oranges, pommes, bananes
Petit déjeuner 	Eau, Café, Thé	Vermicelles, oranges, pommes, bananes
Point d'eau 	Eau	

b. Les provisions personnelles

Les compétiteurs peuvent emporter des provisions personnelles dans leur sac à dos. Il est conseillé de se munir d'aliments faciles à digérer afin de ne pas favoriser et/ou entretenir les troubles digestifs connus lors des ultra-trails [250]:

- Barres de céréales
- Fruits
- Soupes

Partie 4 : La prise en charge pendant et après la course

- Boissons riches en bicarbonates de sodium pour neutraliser l'acidité produite lors de l'effort

L'apport en glucides et protéines est nécessaire durant l'épreuve afin de fournir du carburant énergétique à l'organisme et de limiter la perte en protéines consommées par l'organisme. Souvent cet apport de protéines se fait au niveau des points de ravitaillement mais le compétiteur peut également avoir sa propre source de protéines avec l'utilisation de BCAA (*cf. Partie 3.III.2.*), par l'intervention de son équipe d'assistance (quelques compétiteurs professionnels ou non peuvent être accompagné par une équipe professionnelle durant la course) ou de son entourage qui viennent en soutien psychologique et qui apportent des ressources alimentaires personnalisées et appréciées car choisies par le sportif ou des changes vestimentaires [182] [15].

Tout au long du parcours, le participant peut avoir accès à des points d'eau afin de pouvoir s'hydrater préférentiellement en petite quantité et régulièrement [250]. Il ne faut pas attendre la sensation de soif pour boire.

Après l'effort, il est conseillé de manger léger et d'alcaliniser l'organisme avec des boissons gazeuses et riches en bicarbonates de sodium [182].

Des médicaments dans le sac ?

L'étude de N. Pardet et al. lors du Grand Raid édition 2015 avait montré que 67,76% des ultra-traileurs avaient déjà mis des médicaments, dont majoritairement des antalgiques, des AINS, des médicaments à visée digestive, dans leur sac lors d'une course précédant celle de l'étude. Ils étaient près de 32% à avoir consommé les médicaments dont 68% en automédication.

Le **Tableau 10.** est une liste non exhaustive issues de diverses études sur la consommation médicamenteuse aux posologies usuelles recommandées à la suite d'une prescription médicale ou d'une automédication lors de trail, ultra-trail, course en montagne [251], [252], [253].

Tableau 10. : Liste non exhaustive des médicaments pouvant être consommés et/ou à proscrire lors d'une course d'ultra-trail.

Indication	A conseiller	A proscrire	Commentaire (s)
Antalgiques		Paracétamol : Pas de données sur une prise ponctuelle. Une augmentation possible des ALAT en prise prolongée.	Risque de surdosage en paracétamol Risque d'hépatite aigue
		AINS	<i>Per os</i> :

Partie 4 : La prise en charge pendant et après la course

			<p>Risque d'insuffisance rénal aigue</p> <p>Risque d'ulcération digestive aggravée par la prise d'AINS</p> <p>Risque d'hémorragie du tractus gastro-intestinal supérieur</p> <p><i>Topique</i> :</p> <p>Photosensibilité</p>
<p>Anti émétiques/Anti acides</p>	<p><u>Inhibiteurs de la pompe à protons</u> :</p> <p>Utile si prise 3 jours avant la course sur les hémorragies gastro-intestinales</p> <p><u>Topiques intestinaux</u></p> <p><u>Métopimazine</u></p> <p><u>Dompéridone</u></p> <p><u>Métoclopramide</u></p> <p><u>Ondansetron</u></p>		<p><u>Métopimazine</u> :</p> <p>Risque de surdosage en cas d'insuffisance rénal,</p> <p>EI type rétention urinaire et constipation</p> <p><u>Ondansétron</u> : risque d'allongement du QT chez les personnes présentant des troubles électrolytiques [253]</p>
<p>Anti spasmodique</p>	<p><u>Phloroglucinol</u></p>		
<p>Anti diarrhéiques</p>	<p><u>Diosmectite</u> : limite les symptômes digestifs bas types hyperperméabilité intestinale et endotoxinémie</p> <p><u>Lopéramide</u></p> <p><u>Racécadotril</u></p> <p>Associés à la prise de <u>soluté de réhydratation</u></p>		<p><u>Lopéramide</u> : EI types nausées, constipation, flatulence à éviter lors de la course [254]</p> <p><u>Racécadotril</u> : avec précaution si prise concomitante d'AINS lors de la course car l'élimination est</p>

	pour éviter un état de déshydratation		principalement rénale [255]
--	---------------------------------------	--	--------------------------------

3. La trousse à pharmacie de l'ultra-traileur

En plus des médicaments en accès libre et des protections solaires à conseiller à l'ultra-traileur pour sa future course, d'autres éléments peuvent être utiles :

- Antiseptiques : sous forme de compresse imprégnée ou en petit format de poche
- Petits pansements
- Bandes adhésives pour strapping
- Antihistaminiques en cas d'allergies aux piqûres d'insectes ou autres allergies
- Protections solaires en format de poche
- Répulsifs cutanés antimoustiques actifs contre les moustiques tigres *Aedes albopictus* (spéciale zone infestée lors de La Diagonale) contenant du DEET (20 à 50%) ou IR3535 (20 à 35%) ou Picaridine ou Citrodol (20 à 30%) [256].

Rythmer l'application sur les zones non recouvertes en fonction de l'intensité des transpirations.

N.B : Appliquer les crèmes solaires avant le répulsif pour ne pas diminuer l'efficacité de la protection solaire et pour éviter les traces de bronzage.

- Tire-tique
- Crèmes/gels après piqure en cas de piqûres d'insectes, notamment de moustiques lors de La Diagonale
- Crèmes anti-frottement

II. L'après course

1. Orthopédie

Comme présentés dans la **Partie 2 : Les risques liés à la pratique**, les désordres traumatologiques, et notamment ceux des membres inférieurs, sont les plus représentés dans la pratique de l'ultra-trail.

Ainsi, il convient au pharmacien de se former, d'avoir la capacité de fournir les conseils adaptés au patient pratiquant et de savoir l'orienter si nécessaire vers le (s) professionnel (s) adapté (s).

Pour se faire, il existe des DU d'orthopédie proposés par plusieurs universités en présentiel ou en e-learning. Certains laboratoires proposent également des formations à l'équipe officinale mais, comme pour les compléments alimentaires, le professionnel de santé doit garder un esprit critique et être indépendant.

a. Les troubles articulaires

La lombalgie du coureur :

La prise en charge se résume en la prévention en renforçant les muscles de la sangle dorso-lombaires, en pratiquant les étirements des muscles ischio-jambiers et fléchisseurs de la hanche [257]. Le médecin peut également décider de faire un « essai thérapeutique ». Il s'agit d'une infiltration intra-articulaire (aussi appelée un bloc facettaire) [49] ou d'une mésothérapie (injection de faible dose sous le derme) [258] afin de soulager la douleur véhiculée par les nerfs des facettes articulaires. Cette procédure permet donc également de faire le diagnostic sur l'origine de la douleur lombaire si les symptômes disparaissent.

Produit (s) :

- Anesthésique local : Xylocaïne
- Antiinflammatoire : Corticoïde

Durée : Plusieurs séances de mésothérapie peuvent être nécessaires [258] ou en quelques jours après une infiltration. Les biens faits sont temporaires et patient-dépendants (de quelques jours à quelques mois). [259].

Consultation médicale : Ostéopathe lors de la phase aiguë pour soulager les douleurs en curatif. Kinésithérapie pour le préventif et curatif (massage pour libérer la tension, gymnastique du dos, renforcement et étirements spécifiques en fonction du sport pratiqué).

Conseil (s)

- En cas de bloc facettaire/mésothérapie, les patients sous anticoagulants doivent communiquer leur (s) traitement (s) au médecin.
- Les patients doivent communiquer leurs allergies, notamment aux produits iodés.

Le conflit fémoro-acétabulaire [260], [261], [262]:

La prise en charge primaire comprend de la kinésithérapie, réduisant significativement les douleurs et réduisant l'impact des changements osseux, c'est la méthode la plus sécuritaire et elle est efficace. Ensuite il est possible de procéder à des injections intra-articulaires de corticostéroïdes qui procure un soulagement bref de la douleur.

Le traitement est l'arthrolyse de la hanche qui consiste en la suppression du conflit existant par la résection de la bosse de la face antérieure du col de fémur (cas le plus fréquent) ou en rabotant le débord impliqué de l'acétabulum (moins fréquent et nécessitant l'utilisation de cannes sur 4 semaines environs pour décharger la hanche en post-opératoire).

Ce traitement permet la récupération complète des mobilités de l'articulation avec disparition des douleurs en l'absence de complications notables (atteintes de nerfs, infections, phlébite).

Les entorses [263]:

Le protocole **RICE** est recommandé [264]:

Rest = repos

Ice = glace

Compression = contention

Élévation

Produit (s) :

- Botte de marche en cas d'arrachement ligamentaire au niveau de la cheville
- Attelle d'immobilisation pour garder l'articulation dans un axe
 - o Avec un angle de 0° ou 20° pour les attelles du genou
 - o Avec compression pour l'œdème (symptôme d'atteinte des ligaments)
 - o Avec maintien bilatéral renforcer
 - o Avec poche de glace (peut être intégrée à l'attelle selon les modèles et les laboratoires) pour créer une vasoconstriction qui réduit l'œdème

Durée : 3 semaines (jour et nuit) pour permettre aux ligaments de se régénérer lors de la phase de consolidation (4 à 5 semaines)

Consultation médicale : Kinésithérapie pour la rééducation.

Conseil (s)

- Lors de la phase traumatique : élévation de la jambe pour l'entorse de la cheville.
- Il est possible d'utiliser de la compression de classe II (chaussettes, bas, collant) pour accélérer la régression de l'œdème.
- A la fin des 3 semaines, il faut mettre une attelle élastique ligamentaire, plus souple pour la proprioception et la reprise d'activité sportive.

Certains modèles de chevillière d'immobilisation peuvent se transformer en chevillière souple en ôtant les baleines.

Syndrome fémoro-patellaire (syndrome rotulien) :

La prise en charge consiste à protéger la rotule en diminuant voire en arrêtant les activités contraignantes (montées/descentes, accroupissement, sauts) [65], à supprimer la douleur avec des médicaments antalgiques, antiinflammatoires associés au port d'une attelle et à restaurer le fonctionnement de la rotule et du genou par une rééducation qui consiste à des exercices ciblant la hanche et le genou [265], [266].

Produit (s) :

- Antalgiques de palier I (paracétamol) ou de palier II (paracétamol associé à de la codéine, tramadol)

Partie 4 : La prise en charge pendant et après la course

- Antiinflammatoires : AINS
- Genouillère avec fenêtre rotulienne pour stabiliser la rotule dans l'axe naturel tout en permettant à l'articulation du genou de se mouvoir. Port possible lors d'activité sportive.
- Infiltration de corticoïdes
- Infiltration de plasma enrichie en plaquette (PRP) afin de ralentir l'évolution des pathologies inflammatoires (notamment vers une arthrose)

Thérapie par PRP :

Les facteurs de croissance plaquettaire (PGF) et les cytokines soutiennent la cicatrisation et la régénération cellulaire (inflammation, prolifération, remodelage) et sont impliqués dans la croissance de nouveaux vaisseaux sanguins [267].

- Poche de glace pour calmer l'inflammation

Durée : Jusqu'à rétablissement (plusieurs mois).

Consultation médicale : Kinésithérapie et exercices à domicile de renforcement musculaire. La chirurgie est réservée aux cas présentant une anomalie structurelle après un échec du traitement conservateur.

Conseil (s)

- Repos partiel ou complet selon l'avis du médecin. Activité sportive possible sans dépasser le seuil de la douleur ou pratique d'activité alternative que le sport habituellement pratiqué.

b. Affections tendineuses

Tendinites [268]:

Produit (s) :

- Application de froid controversée car cela calme les douleurs en phase aiguë mais pourrait ralentir la cicatrisation en freinant la destruction cellulaire.
- Attelle d'immobilisation avec sangles latérales de renforcement

Durée : 6 à 12 semaines

Consultation médicale : Kinésithérapie avec remise en charge progressive du tendon pour favoriser la réorganisation des fibres et étirements. Les ultrasons, le laser, et les ondes chocs extracorporelle n'ont pas montré d'efficacité significative même si certains professionnels utilisent ces méthodes.

Conseil (s)

- Repos en phase aiguë
- Adapter les activités sportives en évitant les montées et descentes

- Application de froid

Tendinopathie d'Achille [269], [270]:

Produit (s) :

- Talonnette ou chevillière pour décharger le talon
- Semelles plantaires

Durée : Jusqu'à disparition de la douleur

Consultation médicale : Kinésithérapie pour la rééducation et étirements du mollets en particulier. Chirurgie possible suivant la gravité du cas. Il a été montré que les résultats à long terme de la prise en charge non chirurgicale est similaire à ceux post chirurgie.

Conseil (s)

- Repos
- Adapter les activités sportives en évitant les montées et descentes.
- Application de froid

Syndrome de la bandelette ilio-tibiale [84]:

Produit (s) :

- Bandeau de serrage pour un soutien et une compression sur la partie basse du muscle latéral externe de la hanche (TFL, Tenseur *fascia lata*), juste au-dessus du genou. Port pour la reprise du sport [271].

Durée : Plusieurs semaines (6 à 12 semaines).

Consultation médicale : Kinésithérapie avec massage transverse profond et étirements spécifiques du TFL et taping (bandage adhésif thérapeutique) inhibant le TFL.

Conseil (s)

- Placer l'insert amovible sur la face externe du genou directement sur la peau
- Repos partiel ou complet selon l'avis du médecin. Activité sportive possible sans dépasser le seuil de la douleur ou pratique d'activité alternative que le sport habituellement pratiqué.
- Reprise graduelle sur plusieurs semaines uniquement si étirements non douloureux

2. La récupération musculaire et articulaire

Outre l'hydratation et les mesures préventives d'étirements, renforcements et de prise de compléments alimentaires décrites dans la **Partie 3.**, il existe des produits pour pallier les courbatures ou pour améliorer la guérison lors d'un trouble articulaire.

Partie 4 : La prise en charge pendant et après la course

Les myorelaxants (décontractants) contre les courbatures :

Ils sont utilisés en général en complément des traitements antalgiques locaux qui contiennent des substances telles que des AINS, des salicylates qui sont antalgiques, du camphre, de l'eucalyptus ou du menthol qui provoque une sensation de chaleur [272].

La plupart d'entre eux peuvent s'utiliser en préventif et en curatif en augmentant la posologie *per os*. Ils peuvent contenir du magnésium, du sélénium mais aussi des plantes telles que l'ortie riches en minéraux, oligo-éléments, vitamines, acides aminés essentiels (utiles aux cellules musculaires), la scutellaire (*Scutellaria spp.*) riche en polyphénols pourvus d'une action anti-inflammatoire [273], la camomille (*Chamaemelum nobile*) au pouvoir apaisante et relaxante, le quinquina (*Cinchona officinalis*) qui intervient dans la transmission de l'influx nerveux et possède des propriétés anti-inflammatoires à faible dose [272], la vigne rouge (*Vitis vinifera*) contre la sensation de jambes lourdes. Certains contiennent de la Coenzyme Q10 qui possède une action mitochondriale en particulier dans les cellules en forte demande d'énergie, une action antioxydante contre les dommages tissulaires d'efforts intenses et un effet positif sur la fonction cardiaque [274] ou de l'ATP qui est acteur dans le métabolisme musculaire [275].

Conseil (s)

- Lors de l'utilisation du quinquina : risque de réaction allergique grave, avec troubles de la coagulation, hépatite et choc allergique.

Les protecteurs articulaires :

La plupart d'entre eux peuvent aussi s'utiliser en prévention ou en curatif en fonction de la posologie *per os*. Les substances les plus utilisées dans les produits disponibles sont :

- Le peptide de collagène : améliore les douleurs articulaires et la fonctionnalité avec une dose de 5 à 15g par jour. La consommation de collagène avant l'exercice maximise la synthèse de collagène par l'organisme [276], [277]. Il se trouve dans des produits isolés ou est associé à d'autres substances sous forme de comprimé, gélule ou poudre.

Conseil (s)

- Utilisation possible pour optimiser la guérison des troubles articulaires de type entorse et tendinite.

- La chondroïtine : composante de la matrice du cartilage, elle permet de maintenir une pression osmotique par l'absorption d'eau et ainsi de maintenir la flexibilité et l'élasticité. Son efficacité dans les douleurs articulaires ressort comme contradictoire dans la littérature. De plus, la chondroïtine est extraite d'animaux terrestres ou marins, ce qui peut poser problèmes chez certaines personnes (éthique, allergies) [278].

Partie 4 : La prise en charge pendant et après la course

- La glucosamine : composante du cartilage, elle permet de lutter contre les douleurs articulaires avec une activité anti-inflammatoire. Cependant, son efficacité est controversée dans la littérature. Elle serait dotée d'une meilleure efficacité lorsqu'elle est associée à la chondroïtine que lorsqu'elle est utilisée seule [279].

- L'harpagophytum : la racine d'*Harpogophytum procumbens* est utilisée pour ses propriétés anti-inflammatoires et analgésiques pour les douleurs articulaires. Les produits contenant au moins 50 mg d'harpagoside en dose journalière ont montré plus d'efficacité que ceux en contenant moins [280].

Conseil (s)

- Utilisation lors de douleurs articulaires de type chronique (arthrose) et lors des poussées inflammatoires.

Concernant la chondroïtine et la glucosamine :

- Déconseillée aux personnes devant surveiller leur teneur en électrolytes (calcium, sodium, potassium) due à l'origine cartilagineuse de la chondroïtine.

- Déconseillée chez les patients diabétiques et les patients sous anticoagulants car il y a un risque accru d'augmentation de la glycémie et des saignements.

- Se renseigner sur l'origine de la chondroïtine pour les personnes allergiques.

3. Les atteintes dermatologiques

Les pieds :

Les pieds pendant et à la fin d'un ultra-trail sont souvent détériorés : cornes, ampoules, mycoses, fissures, irritations.

La prise en charge des ampoules consiste en la prévention de leur apparition (cf. **Partie 3.I.4.b.**) et le traitement est basé sur l'utilisation des mêmes pansements hydrocolloïdes que ceux utilisés en prévention. Si la peau est à vif, il faut laisser sécher l'ampoule et ne pas découper ou arracher la peau qui s'est détachée. Il est éventuellement possible de mettre un pansement stérile sans trop serrer.

Les cornes sont traitées en retirant la source de cisaillement qui provoque cet épaissement de la peau (chaussures et chaussettes adaptées) et la douleur peut être diminuée en réduisant l'épaisseur de la peau [281].

Consultation médicale : Si le patient est diabétique, immunodéprimé ou s'il y a présence d'une infection par l'apparition de pus, d'une douleur, d'un gonflement et de fièvre, il faut orienter le patient vers un médecin au plus vite [282].

Conseil (s)

- Appliquer le pansement et laisser en place jusqu'à ce qu'il se décolle par lui-même.

Partie 4 : La prise en charge pendant et après la course

- Nettoyer à l'eau et au savon doux ou en utilisant un antiseptique local incolore afin de ne pas masquer l'aspect de la peau et de pouvoir suivre l'évolution.

La prise en charge des mycoses du pied consiste en l'application d'antifongiques sous forme de crème, poudre, lotion ou vernis (mycoses des ongles), voire *per os* pour les cas récalcitrants pendant plusieurs semaines sur une peau propre et sèche.

La peau [283]:

Il est possible d'avoir des coups de soleil à la suite d'une participation à un ultra-trail exposant fortement et/ou longuement les pratiquants aux UV. La prise en charge consiste à calmer les symptômes et de favoriser la guérison de la peau. Le premier réflexe est d'appliquer du froid par des compresses ou des poches disponibles en officine.

En officine, plusieurs produits sont disponibles pour aider à soulager les symptômes :

- Crèmes ou gels à base d'aloë vera pour apaiser
- La spécialité Biafine® à base de trolamine, protectrice et calmante en couche épaisse. Elle possède des propriétés occlusives et hydratantes et favorise le recrutement des macrophages sur la zone, la cicatrisation du derme et la formation de tissu de granulation [284].
- Produits après-soleil aux vertus hydratantes et parfois composés de complexe anti-oxydants sans parfum pouvant irriter la peau, ou provoquer une réaction allergique.
- Produits à base d'eau thermale aux propriétés apaisantes

Consultation médicale : Si des cloques ou des plaies types brûlures apparaissent à la suite d'une exposition aux UV, il est impératif de consulter un médecin pour déterminer la nécessité ou non d'un traitement antibiotique [285].

Conseil (s)

- Ne pas appliquer directement la poche de froid sur la peau car il peut avoir un risque de brûlure.
- Éviter les produits à base d'alcool et parfumés qui assèchent la peau.
- Appliquer une crème solaire adaptée pour les prochaines fois (*cf. Partie 3.I.4.a. Tableau 7.*)

Conclusion

Les risques physiques liés à la pratique d'ultra-trail se distinguent en deux catégories : les troubles musculosquelettiques et les pathologies cliniques. Les troubles musculosquelettiques, bien qu'ils soient susceptibles de se manifester à tout endroit du corps en fonction du profil de la course, prédominent au niveau des membres inférieurs. Les pathologies cliniques les plus décrites chez l'ultra-traileur sont les troubles gastro-intestinaux, les atteintes rénales et des carences.

Les blessures citées dans ce travail peuvent être prévenues par l'entraînement mais aussi par l'hydratation, la nutrition et les suppléments par l'utilisation de compléments alimentaires et de médicaments. Effectivement, plusieurs programmes d'entraînement sont disponibles sur internet, dans les librairies ou ces programmes sont coachés par des professionnels du sport, par des ultra-traileurs avancés.

Face aux différentes carences décrites chez l'ultra-traileur, la complémentation en fer est donc indispensable lorsque les résultats d'une prise de sang le suggèrent, l'assimilation du fer est améliorée en l'associant à de l'acide ascorbique ou lorsqu'il est amino chélaté.

La supplémentation en BCAA avant et après l'effort diminue l'apparition de courbatures et améliore la récupération musculaire. La consommation de collagène a montré son intérêt dans la protection des articulations contrairement à la chondroïtine et à la glucosamine dont l'intérêt est controversé dans la littérature.

La carence en sélénium décrite chez les marathoniens fut une surprise. D'autant plus qu'il n'est pas courant de se supplémenter en sélénium même s'il existe quelques laboratoires commercialisant des compléments à base de sélénium.

En revanche, la complémentation en magnésium, largement diffusée et pratiquée par de nombreux sportifs, est controversée en ce qui concerne les crampes musculaires. Alors qu'en pratique, son utilisation est recommandée par des professionnels de santé, particulièrement lorsqu'il est amino chélaté. De même, la complémentation en zinc pour la prévention des affections immunitaires est ambiguë et n'a pas montré d'efficacité pour les doses recommandées dans les compléments alimentaires. Seule l'utilisation de la vitamine D est fructueuse pour optimiser le système immunitaire, pour la conservation du capital osseux et pour la prévention des atteintes osseuses.

L'automédication chez les sportifs est tout autant problématique que pour la population générale, particulièrement chez des personnes mettant leur organisme dans des conditions extrêmes. Certains médicaments sont à proscrire chez les profils « sportifs extrêmes » et d'autres à conseiller pour la prise en charge de leurs maux les plus fréquents. Le pharmacien, professionnel de la santé dans le domaine du Médicament, est au cœur de cette pratique car ces médicaments sont délivrés en officine.

L'orthopédie à l'officine contribue également à la prise en charge des adeptes d'ultra-trail. En effet, les orthèses rigides d'immobilisation contribuent à la récupération après des atteintes articulaires et les souples donnent la possibilité de redémarrer une pratique sportive en sécurité. La compression a tout son intérêt dans la prise en charge des œdèmes pouvant apparaître lors de certains types de blessure. L'utilisation de certains produits parapharmaceutiques sont efficaces pour la prise en charge des affections cutanées fréquentes telles que les ampoules, les frottements, les coups de soleil. Le pharmacien a tout intérêt à exposer ses connaissances en plaçant les caractéristiques du patient sportif au cœur de la prise en charge afin de délivrer des conseils d'utilisation adaptés.

D'après le média de la presse professionnelle pharmaceutique française « Le Quotidien du Pharmacien », 9 Français sur 10 font confiance à leur pharmacien (enquête de François TASSAIN, juin 2023) [286]. Il est ainsi nécessaire d'entretenir ses connaissances scientifiques en effectuant des formations, des diplômes universitaires spécifiques en orthopédie, en micronutrition, en sport, en se référant à des articles de journal scientifique et bibliographique. Le rôle du pharmacien d'officine réside également en la mise en garde sur les précautions d'emploi des différents produits conseillés/achetés et sur les risques d'achat de produits en dehors du circuit pharmaceutique.

Toutefois, les risques psychiques ne doivent pas être négligés. Effectivement, le développement d'une addiction au sport et la gestion du sommeil, du stress, des abandons chez les ultra-traileurs, voire des sportifs globalement, pourraient faire l'objet d'un travail plus approfondi.

Annexes

Annexe 1 - Carnet de route, Edition 2022.....	97
Annexe 2 - Équipements obligatoires, Edition 2022.....	101
Annexe 3 - Certificat médical de non contre-indication, Edition 2023.	102
Annexe 4 - Tableau des résultats de l'étude des troubles métaboliques induits par un ultra-trail pendant 28 jours, menée par Sudrial et al.⁽⁹³⁾	104
Annexe 5 - Zones d'entrainement en fonction de la SV1.....	105
Annexe 6 - Fiche d'information aux patients traileurs - Thèse de médecine Damien Clineau et Mélanie Brenot soutenue en mai 2021.....	106



KM CIVILES TIB	ALT.	REPERES	PARCOURS
0	8	St Pierre Ravine Blanche	Départ sur la rive de la Ravine Blanche. Place Saladin. Prendre le boulevard Hubert De Laite jusqu'au front de mer de Terre Sainte, rue Armand Lacombe. Au rond-point de la croix Tablé (face à la technopole) prendre le chemin de la croix tablé sur la droite jusqu'à l'intersection Bassin Plat. A partir de Sérive, prendre la direction de Mont Vert. Les feux. Au village longeur la mer, prendre à gauche le chemin Joseph Bédier, ravitaillement en traversant le stade puis rue Cyrille Cadet en direction de Domaine Vêlot pour le poste de pontage et médical qui se situe au Carré.
14,4	447	Domaine Vêlot	Pontage électronique. Prendre à gauche jusqu'à la barrière (début du sentier des huttes des fraises). Reprendre les escaliers et monter tout droit jusqu'à l'exposé aminé (carrage Vêlot). Prendre le chemin Sédal, le poursuivre sur 2km jusqu'à une barrière. Prendre à gauche après la barrière jusqu'au Nord et Le Marin. Prendre à nouveau à gauche pour retrouver l'ancienne piste 424 traversant la forêt de Mont Vert Les Hauts jusqu'à la route 024 de Notre Dame de la Paix. Continuer jusqu'à l'étude pour le ravitaillement.
20,4	1481	Notre Dame de la Paix - Ecole	Pontage électronique. Après la traversée du petit village des Hauts prendre le chemin béton en marchant vers le RD de La Grande Ferme puis Place Sec, les Trois Blancs et Nez de Boeuf. Le parcours passant par des pâturages privés certains partent entre Notre Dame de la Paix et le RD de La Grande Ferme sont strictement interdits aux raccomandations avant le départ .
42,4	2028	Parking aux Nez de Boeuf	"Arriver sur la route du sécher, descendre à gauche sur environ 400m, puis prendre à droite sur une piste qui mène à une petite route bitumée. Après avoir dépassé l'axe de parking - de Place Sec, au village, prendre le sentier à droite vers Trois Blancs, monter jusqu'à la route forestière de Valcar à traverser, poursuivre sur environ 100m puis descendre sur (Aire de Net de Boeuf. Pontage électronique."
46,7	1485	Chalets des Pâtres	Après avoir pointé, on traverse une nouvelle fois le RT pour reprendre immédiatement en bus en direction de l'Organisation, puis le sentier à gauche le Sentier du Milieu qui mène directement au Chalet des Pâtres.
52,4	1620	Mars à Neige	Après avoir passé le Chalet des Pâtres, prendre le chemin bitumé et traverser les prairies pour rejoindre le RD [Les prairies sont strictement interdites aux recommandations de parcours]. Vous traversez la RD2 et prenez le chemin en direction du Pion des Neiges (passage indicatif). A environ 2 km, la route fait un coude marqué vers la gauche (intersection). Vous prenez alors le chemin qui continue tout droit et rejoint à 100 m le point d'assistance. Pontage électronique.
62,4	2187	Croix Carvegen (pas de pontage indicatif)	
62,9	2476	Croix Carvegen Carvegen (pas de pontage indicatif)	Le sentier monte tout régulièrement jusqu'au passage des échelles du Carvegen Neige, puis plonge rapidement par 4 échelles métalliques de 5 à 8 barreaux vers la forêt Dovernay. Arriver dans un appas malgré la fatigue. Puis au carvegen Carvegen continuer tout droit sur le GR RD en direction du refuge de La Caverne Dahnur et du Pion des Neiges. Au passage Croix Carvegen alt. 2476m prendre à gauche direction Le Blanc, Cléves et laisser le refuge de la Caverne Dahnur à votre droite pour prendre après le passage d'un petit ruisseau une longue descente. Pontage et ravitaillement en cas de Blac puis prendre à droite sur la 0241 pendant 500m et reprendre le sentier à droite en montée toujours sur le GR RD. Au Plateau des Chênes vous laissez le GR RT partir à droite pour prendre à gauche le GR RD et descendre au village de Cléves pour un bon ravitaillement.
67,5	1090	Le Blanc (pas de pontage indicatif)	
70,1	1328	Plateau des Chênes (pas de pontage indicatif)	
72	1201	Cléves Stade	Vous arrivez au stade de Cléves. Pontage électronique. Traverser la ville de Cléves pour rejoindre la petite descente du sentier des Porteurs. Vous arrivez sur la route d'Het à Cordes, prendre sur la gauche la route bitumée sur 500 m avant de reprendre sur votre gauche le sentier GR RD en direction de Cascade Bras Rouge.
76	972	Cascade Bras Rouge	Source Pélent, Cascade Bras Rouge, puis laisser sur votre côté droit le GR RT qui descend. La montée est raide. Vous retrouvez ainsi le départ du sentier Marla sur la route d'Het à Cordes 0242.
78,8	1298	Début sentier Tallé	"Pontage électronique. Le sentier reprend de l'autre côté de la route légèrement bitumé à gauche. L'ascension est raide mais ponctuée de deux rapides avant d'atteindre le Col de Tallé."
82,8	2081	Col de Tallé	Après le col, on commence une descente technique vers Marla.
84,4	1636	Marla	"Le pontage électronique se fait à l'étude, il faut se pencher à l'écart du sentier sur la droite. Ce pontage effectif, on reprend le GR RD que les gâchettes à la libération de La Nouvelle pour poursuivre sur le GR RT en direction de la Plaine des Tomates et du Col des Bœufs."
85,4	1425	Rivière des Jalats - Bras Mouine	On franchit par la suite les gais de la rivière Ferveil, de Bras Mouine et de la Rivière des Jalats. Le parcours reprend son ascension vers la Plaine des Tomates.



Les bornes de remonte des pentes sont indiquées pour le regard.
Pour les autres aspects : 27 - + 10m, 28 - + 20m, 29 - + 30m, 30 - + 40m



EN COMBLES TON	ACT.	REPERES	PARCOURS
88,5	1759	Plaine des Tamarins	Près du point d'intersection avec le sentier venant de la Nouvelle. Attention : à ce point de bifurcation, on prend à droite, en direction du Cal des Bœufs. Laissez sur votre droite le sentier vers le Cal de Fauche, pour suivre la remonte jusqu'à la plateforme du Cal des Bœufs.
91,3	1967	Cal des Bœufs	Prendre la piste en direction du parking du Cal des Bœufs, au bout du Ton vous prenez à droite la BF sur 100m avant d'atteindre la bifurcation de la Plaine des Merles. Prendre à gauche la direction "La Gâlière" / "Plaine Merle" / "Sentier Soud". Une descente assez facile qui permet de rejoindre le pont de la Plaine des Merles.
92,1	1854	Plaine des Merles	Prendre sur la gauche le sentier Plaine Merle sur 2 km qui vous amène à la BF des Vents de Malzieu. Prendre à gauche la BF sur 200m.
94,4	1621	Départ Sentier Soud	*Après le pontage électronique, reprenne à gauche la route forestière sur 200m avant de bifurquer sur le sentier Soud à droite. Engager vous sur le sentier Soud. Vous traversez plusieurs ravines dont le Bras Soudais (atterrie rochers glissants). Puis vous vous engagez sur une remonte plutôt raide (prenez les mains courantes). Vous arrivez sur le plateau de la Salle. Continuez tout droit en direction du lieu dit «La Plaque».
100,5	990	La Plaque	Laissez le sentier rejoint l'Et à Malheur et prenez à gauche en direction de l'Et à Bourne, descente qui vous amène vers la Grande Rivière. Franchissez la passerelle suspendue, une rude ascension vous attend avec quelques passages délicats, pour scolarer à un nouveau plateau, vous descendez le sentier menant à l'Et à Bourne.
102,2	895	Et à Bourne (pontage redouté)	Pontage électronique. Après avoir quitté l'Et à Bourne vous prenez une nouvelle descente. Vous traversez alors le Bras d'Orzy par une nouvelle passerelle puis un excellent escarpé vous attend. Accrochez vous bien, laissez sur votre gauche tous les sentiers et continuez tout droit pour atteindre le pont de l'Et de Grand Plateau.
105,6	671	Grand Plateau les Bœufs - Ecole	Pontage électronique et revêtement. Après avoir quitté le pont, prendre la direction de Roche Plate. Après 200 m, prendre la deuxième bifurcation sur votre gauche en direction de Gîte Cœur de Malzieu. Vous entamez immédiatement un ravin qui vous amène au sommet de Grand Plateau les Bœufs, face au Plateau des Calomets. Là encore une descente technique à négocier jusqu'au lieu dit La Basse (Rivière des Galats).
107,4	965	Grand Plateau les Hauts - La Basse	Après avoir traversé le gué de la Rivière des Galats, vous entamez la montée de la Roche Anceise jusqu'au col (730m), redescendez vers la ravine Roche Plate, continuez pour arriver à l'intersection de l'Et des Latonniers et du sentier Secourte prenez à gauche direction Roche Plate. Lors de la remontée constante mais raide avec succession de lacets serrés et de marches, vous traversez la ravine du Brocheard. Vous pouvez alors devant le cimetière de Roche Plate. Après quelques ratiflats, vous voici à l'intersection La Nouvelle / Roche Plate. Prenez le sentier sur votre droite puis à gauche en direction de Trois Roches par le ravin ; continuez jusqu'au pont de revêtement de Plateau Carré à Roche Plate. Pontage électronique.
109,2	541	Rivière des galats - Roche Anceise	
114	1256	Plateau Carré - Roche Plate	Continuez le sentier sur environ 150m et prenez à droite la descente pour rejoindre l'Et de Roche Plate par l'ancienne route. On commence alors une première montée dans des blocs. Après un petit talillard protégé par une main courante et un garde corps, vous arrivez sur un terre-plein à face de talus à la Brèche.
114,5	1290	La Brèche	Laissez le sentier à gauche qui mène au Muret, continuez tout droit en descente direction l'Et des Orangiers. Avant d'arriver au village dans la vallée prenez à droite l'Et des Orangiers amont.
119,3	816	Et des Orangiers - Ecole (pontage redouté)	Après le pontage vous descendez en direction de l'Et des Latonniers, à la bifurcation avec le sentier de la Cavitation des Orangiers prenez à droite la descente vers l'Et des Latonniers.
124,9	577	Et des Latonniers	Vous ne traversez pas le village d'Et des Latonniers mais continuez en direction de la Rivière des Galats direction Cayenne. Traverser la Rivière des Galats pour remonter en face légèrement sur la droite afin d'éviter le passage sur passerelle non appropriée aux passages de caudrons. Avant d'arriver à Cayenne vous prenez à gauche direction Deux Bras par la passerelle d'Orzy.

DESRIPTIF DIAGONALE DES FOUS 2022

KM CUMULÉS FOU	ALT.	REPERES	PARCOURS
124,4	365	Passerelle Bruc d'Orsay (pontage artificiel)	Après une descente et juste avant d'arriver à la passerelle premier garde au virage droit en restant bien sur votre droite à un petit passage droit. Vous empruntez la passerelle, pontage, puis continuez toujours en direction de Deux Bras. Laissez la bifurcation sur votre droite en direction d'Aurère et vous descendez jusqu'à la Rivière des Galés au bas St La Pierre. Plusieurs traversées de rivière avec des passages à gué pour atteindre le poste de Deux Bras.
127,7	275	Deux Bras	Une grosse montée vers Dos d'Âne vous attend pour sortir du Cirque de Malafé puis redescendre vers l'actuel. Prendre à gauche en haut de cette belle montée sur un chemin béton puis vous retrouver très vite un sentier pour rejoindre le poste de chemin National.
136,1	418	Intersection ch Railroad / Kalla	Chemin Railroad. Continuez jusqu'à l'entrée du sentier de la Kalla (entre 2 gros murs). Prenez à droite (descente glissée sur Sibi), traversez le lit de la rivière et commencez votre montée vers la grotte "Kalla". Vous descendez ensuite vers la Passerelle. Descente sur 200m lés glissants, vous traversez tout droit une rivière puis vous prenez à droite. Le sentier s'élargit, il est en sous-bois. Prendre à gauche à chaque intersection. A la sortie du sentier Kalla, prendre tout de suite à votre droite, descendre tout droit jusqu'au STSP, puis prendre à gauche, suivre le chemin des Laténiens sur 800 mètres, puis prendre à droite. Jauges le chemin, vous arriverez dans une petite descente escarpée qui vous amène dans un sous bois au Parc Rochers, traversez à gué "La Grande Ravine des Laténiens", puis prendre à droite, monter le petit escalier pour rejoindre le poste de l'Arche Evriste de Parry.
142,5	47	Lot. La résidence Grande Montagne	
144,3	8	La Passerelle - Ecole Evriste De Parry	
151,8	9	Grande Chaloupe	En quittant le poste de ravitaillement, reprenez à gauche en direction de la route de la Passerelle, sur 200m, prenez à droite le chemin du nouveau lotissement, suivre le chemin béton jusqu'à ressortir sur la route des Laténiens. Prendre à gauche sur 200m et tourner à droite dans une ruelle entre deux lotissements. Emprunter une piste qui vous amène dans un sous bois, lés de "Le Berger". Traverser à gué une rivière, bifurquez à gauche en direction de la route de la Montagne (300 mètres). Au rond-point prenez en face le chemin bétonné, dit "Chemin Crémant". Traverser la rivière, vous êtes à l'entrée de "Chemin des Anglais" au parking en bois. Le sentier est pavé de raches, glissant. La montée est raide, penchez de faux plats avant d'entamer la descente vers la Grande Chaloupe jusqu'au parking en bois. Après celui-ci, prendre à gauche, le poste de ravitaillement est situé environ 300 mètres plus loin. Pontage électronique.
156,8	573	Saint Bernard - Maison Forestière	En quittant le poste, prendre tout de suite à droite le deuxième partie du Chemin des Anglais qui vous mène à St-Bernard / La Montagne. Vous passez les portiques en bois, vous arrivez sur un chemin bétonné. Dès après, prendre à gauche la passerelle en fer. Suivre le chemin bétonné sur 100m. Au carrefour, prendre en face la route (ruelle Bambou) qui vous amène sur une descente jusqu'à l'arrêt de bus. Traverser la route, prendre le sentier entre Carvè de bus et le conteneur à verre. Poursuivre le chemin pavé à gauche jusqu'à ressortir sur la route. Prenez la route en face vers l'abri bus, 300m plus loin, prenez le 2e chemin béton (ch Feuilles) qui vous amène sur un chemin de terre à suivre jusqu'à la maison forestière sur la CD41 (Route de La Montagne). Descendre cette route et 200 plus loin, prenez à droite et suivez jusqu'à l'embranchement venant du sentier de la forêt et continuez à gauche jusqu'à Zone parking puis remontez au poste de Colorado.
160,9	596	Colorado	Pontage électronique. Au poste de ravitaillement, suivre le sentier de crête qui, plus loin, bifurque à droite et plonge dans la forêt en direction du Stade de la Redoute.
165,7	48	La Redoute	"STADE DE LA REDOULTE... Arrivée et fin de votre aventure, BRAVO! Enfile le Repos et le réconfort que vous attendez depuis 24, 40 ou 66 heures. FIN DE LA DIAGONALE DES FOUS!"

dyna malt

LA BOISSON ÉNERGÉTIQUE OFFICIELLE DU GRAND RAID

POUR VOTRE SANTÉ. PRATIQUEZ UNE ACTIVITÉ PHYSIQUE RÉGULIÈRE. WWW.MANGERBOUGER.FR



MATERIEL OBLIGATOIRE

Ce matériel devra **impérativement** être présenté
mercredi 19 oct. 2022 à la **remise des dossards**

20 23
OCTOBRE
2022

- 1 secours transport ou torche avec piles ou batteries de rechange
- 1 kit secours deux minimum 1,5 L.
- 1 affiche
- 1 affiche portable avec capacité de chargement suffisante à prévoir pour l'ensemble de votre course sur lequel il est fortement recommandé de télécharger "Sana Event", l'application d'urgence médicale.
- 2 bandes élastiques adhésives pour la Diagonale des Fois et le Trial de Bouvard permettant de faire un strapping et 1 pour la Mascareignes et le Zémoroud Trial par équipe (d'une longueur minimum de 250 m. et de 6 à 8 cm de largeur)
- 1 affiche alimentaire constante et suffisante pour relier les points de ravitaillement.
- 1 élément de tête imperméable avec capuche et coutures thermo-soudées (équipement à proscrire : protection insuffisante)
- 1 élément chaud type « second peau » à manches longues en tissu technique adapté à l'environnement.
- 1 gilet réutilisable.
- 1 kit d'hygiène.
- 1 couverture de survie d'une dimension minimum de 1,40x2m.



Obligatoire en cas d'évolution du protocole sanitaire :

- 2 couvertures de survie minimum de 1,40x2m,
- 2 masques conformes aux normes NF,
- 1 flacon de solution hydroalcoolique.

DIAGONALE
DES FOIS
du 19 au 23 oct. 2022

TRIAL DE
ZÉMOROD
du 19 au 23 oct. 2022

du 20 au 23 OCTOBRE 2022

MASCAREIGNES
du 19 au 23 oct. 2022

TRIAL
DE BOUARD
du 19 au 23 oct. 2022



CERTIFICAT MEDICAL

"LA DIAGONALE DES FOUS"

Les 19, 20, 21 et 22 octobre 2023

Grand Raid 31^e édition – Trail de Bourbon 24^e édition
La Mascareignes 13^e édition – Zembrocal Trail 7^{ème} édition

DECLARATION SUR L'HONNEUR DU COUREUR

Je soussigné(e) :

- Ne pas prendre de produits dopants pour participer à cette course (art. 19 du règlement)
- Être informé(e) de la longueur et des spécificités de cette épreuve qui se déroule à la Réunion, en montagne, dans des conditions environnementales pouvant être très difficiles (humidité, nuit, variations de températures de 0° à 35°C et d'altitude de 0 à 2500 m), nécessitant un très bon entraînement et une réelle capacité d'autonomie personnelle.
- Avoir sensibilisé le médecin qui rédige le certificat médical ci-dessous des spécificités de cette épreuve et lui avoir signalé toutes les informations médicales me concernant.
- Avoir pris connaissance des conditions d'assistance médicale (art. 13 et 24 du règlement) et des conseils médicaux au sportif qui figurent au verso (les "10 REGLES D'OR").

Fait à :

Date :

Signature :

CERTIFICAT MEDICAL

Je soussigné Docteur :

Adresse du cabinet :

Code Postal : Ville : Pays :

Certifie :

1- Avoir examiné Mr / Mme / Melle :

NOM : **PRENOM** : Né(e) le : / /

2- N'avoir constaté ce jour aucune contre-indication médicale à la pratique d'une activité physique
EN COMPÉTITION de très longue distance en montagne et à sa participation à la course suivante

(rayez les mentions inutiles) :

Diagonale des fous

Trail de Bourbon

Mascareignes

Zembrocal Trail - Nom de votre équipe :

- Quel est votre relais (1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} ou 4^{ème}) :

3- Avoir pris connaissance de l'existence des recommandations signalées au verso.

Date :

CACHET OBLIGATOIRE :

Fait à :

SIGNATURE du Médecin :

IMPORTANT : L'ATTRIBUTION DU N° DE DOSSARD EST SOUMISE A LA PRODUCTION DE CE CERTIFICAT. Aucun concurrent inscrit ne pourra recevoir son dossard et prendre le départ sous couvert de l'Association GRAND RAID sans la production du certificat téléchargeable dans votre espace coureur dûment rempli entre le 01/06/23 et le 31/08/23



"LA DIAGONALE DES FOUS"

Les 19, 20, 21 et 22 octobre 2023

Grand Raid 31^e édition – Trail de Bourbon 24^e édition
La Mascareignes 13^e édition – Zembrocal trail 7^{ème} édition

Conseils médicaux au sportif

Ces "10 REGLES D'OR" sont une base essentielle pour une bonne pratique sportive :

1. **ENTRAINEMENT** : Se préparer plusieurs mois à l'avance et avoir l'expérience de sorties longues en montagne. S'échauffer avant, bien s'étirer pendant et après l'effort.
2. **HYDRATATION** : Boire suffisamment (avant, pendant et après l'activité) avant même d'avoir la sensation de soif, toutes les 15 min, environ 1 litre/heure d'effort important.
3. **ALIMENTATION** : Toujours avoir sur soi une réserve alimentaire. Manger très régulièrement, avant même d'avoir faim.
4. **BLESSURE** : Ne pas prendre le départ d'une épreuve avec une lésion musculaire, osseuse ou ligamentaire en cours, qui ne pourra que s'aggraver avec les kilomètres.
5. **INFECTION** : Pas de sport intense en cas de fièvre, ni dans les 8 jours qui suivent un syndrome grippal (risque d'atteinte cardiaque et de lésions musculaires).
6. **MEDICAMENTS** : Les effets indésirables de certains médicaments peuvent se majorer à l'effort et provoquer de graves complications (rénales et musculaires). Prendre toujours conseil auprès d'un médecin.
7. **DOPAGE** : L'utilisation des substances ou méthodes dopantes est illicite et passible de sanctions. La liste est disponible sur www.afld.fr. Tout médicament interdit mais indispensable doit faire l'objet d'une demande d'Autorisation d'Usage à des fins Thérapeutique (AUT).
8. **TABAC** : Sa consommation nuit à la santé. Il est particulièrement dangereux de fumer 1h avant et jusqu'à 2h après une activité sportive.
9. **SYMPTOMES A L'EFFORT** : Des DOULEURS dans la poitrine, des PALPITATIONS, un ESSOUFFLEMENT anormal ou un MALAISE à l'effort ou juste après l'effort doivent absolument être signalés à un médecin.
10. **SYMPTOMES APRES L'EFFORT** : Des urines très foncées ou peu abondantes, du sang dans les selles, des œdèmes avant un voyage en AVION... imposent de consulter un médecin.

N'hésitez pas à prendre également l'avis des kinésithérapeutes, des podologues ou des nutritionnistes. N'oubliez pas de vous documenter sur les techniques d'entraînement et de préparation (matérielle, physique et psychologique) essentielles à la participation à un Trail.

Recommandations médicales

Il existe des **RECOMMANDATIONS** concernant le contenu de la **visite de non contre-indication au sport**, la réalisation de l'**ECG de repos** pour le sport en compétition, l'indication d'une **Epreuve d'Effort** et la liste des **substances ou méthodes dopantes**.

Elles sont disponibles sur :

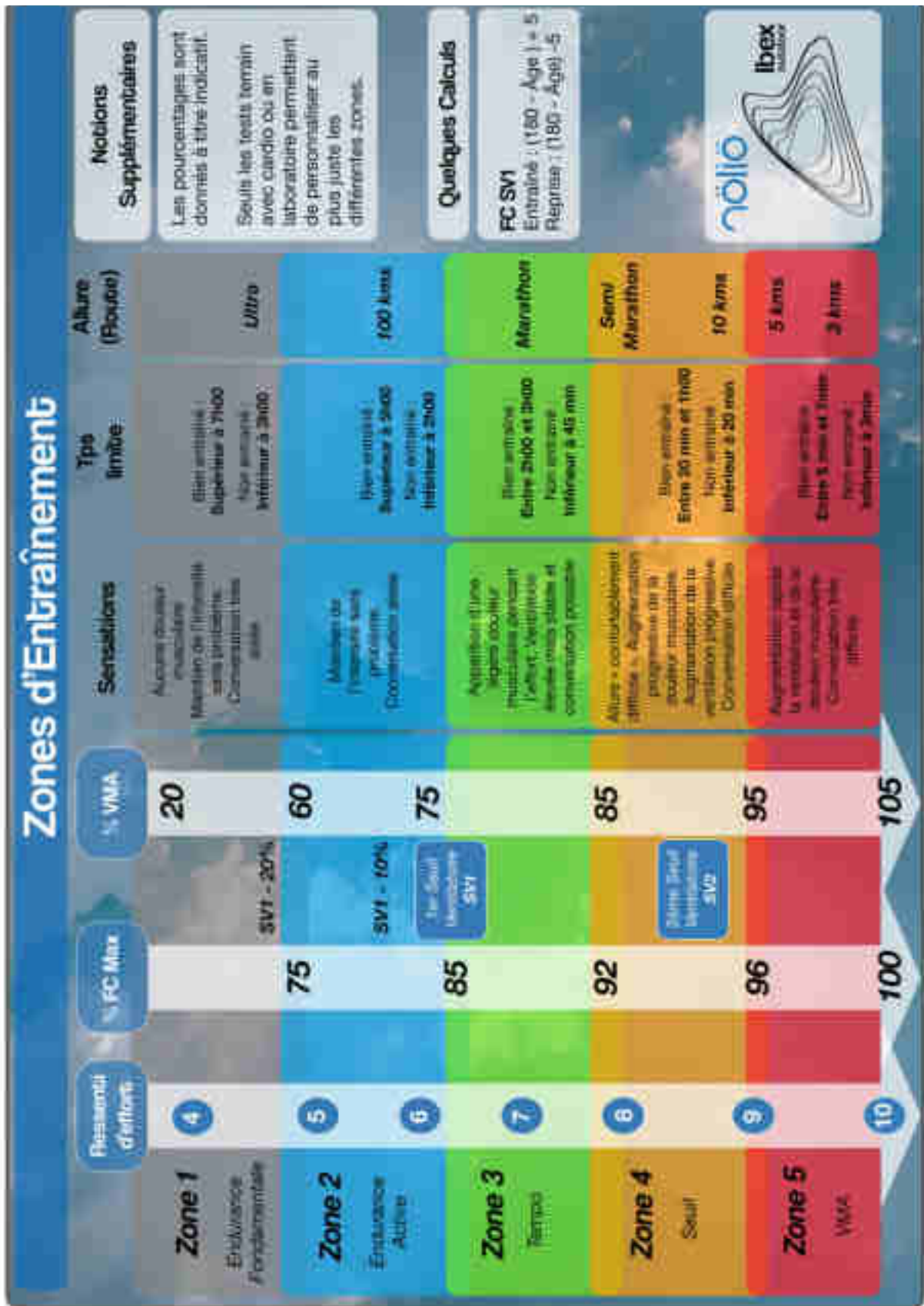
- Société Française de Médecine du Sport (SFMS) : www.sfms.asso.fr
- Société Française de Cardiologie (SFC) : www.sfc cardio.fr
- Club des Cardiologues du Sport (CCS) : www.clubcardiosport.com
- Agence Française de Lutte contre le Dopage (AFLD) : www.afld.fr

Annexe 4 - Tableau des résultats de l'étude des troubles métaboliques induits par un ultra-trail pendant 28 jours, menée par Sudrial et al.⁽⁹³⁾

Tableau 2 Évolution des taux de Sélénium, CPK, Zinc, vitamine B12, Ferritine sérique et fer sérique entre j0 (départ) et j28 chez 106 coureurs du Grand Raid de la Réunion 2014.

	j0	j1	j7	j28
<i>Selenium en µg/L, moy (SD)</i>	102,1 (11,5)	89,1 (12,7)	86,6 (11,8)	86,0 (10,9)
Variation en % vs j0		-12,7 %	-15,2 %	-15,8 %
(p-value)		(< 0,0001)	(< 0,0001)	(< 0,0001)
Variation en % vs j1			-2,8 %	-3,5 %
(p-value)			(0,04)	(0,04)
Variation en % vs j7				-0,70 %
(p-value)				(0,92)
<i>CPK en UI/L, moy (SD)</i>	160,4 (124,7)	10612,0 (21807,8)	352,0 (494,6)	204,8 (232,6)
Variation en % vs j0		+6515,0 %	119,5 %	27,7 %
(p-value)		(< 0,0001)	(0,89)	(0,97)
Variation en % vs j1			-96,7 %	-98,1 %
(p-value)			(< 0,0001)	(< 0,0001)
Variation en % vs j7				-41,2 %
(p-value)				(0,99)
<i>Zinc en µmol/L, moy (SD)</i>	12,5 (1,8)	9,9 (2,1)	12,8 (2,3)	13,1 (1,8)
Variation en % vs j0		-20,8 %	+2,4 %	+4,8 %
(p-value)		(< 0,0001)	(0,04)	(0,0003)
Variation en % vs j1			29,3 %	32,3 %
(p-value)			(< 0,0001)	(< 0,0001)
Variation en % vs j7				2,3 %
(p-value)				(0,49)
<i>Vitamin B12 en pmol/mL, moy (SD)</i>	338,9 (126,5)	331,9 (130,7)	366,3 (136,7)	359,6 (134,0)
Variation en % vs j0		-2,1 %	8,1 %	6,1 %
(p-value)		(0,41)	(< 0,0001)	(< 0,0001)
Variation en % vs j1			+10,4 %	+8,3 %
(p-value)			(< 0,0001)	(0,0005)
Variation en % vs j7				-1,8 %
(p-value)				(0,89)
<i>Serum ferritine en µg/L, moy (SD)</i>	158,3 (109,9)	213,8 (145,1)	171,0 (129,9)	160,7 (126,5)
Variation en % vs J0		+35,0 %	+8,0 %	+1,5 %
(p-value)		(< 0,0001)	(0,11)	(0,94)
Variation en % vs j1			-20,0 %	-24,8 %
(p-value)			(0,0007)	(< 0,0001)
Variation en % vs j7				-6,0 %
(p-value)				(0,39)
<i>Iron level in µmol/L, moy (SD)</i>	19,0 (4,8)	15,4 (9,9)	12,2 (3,8)	18,3 (5,6)
Variation en % vs j0		-18,9 %	-35,8 %	-3,7 %
(p-value)		(0,007)	(< 0,0001)	(0,72)
Variation en % vs j1			-20,8 %	+18,8 %
(p-value)			(0,04)	(0,02)
Variation en % vs j7				+50,0 %
(p-value)				(< 0,0001)

Annexe 5 - Zones d'entraînement en fonction de la SV1.



Source : Ibex - Simon TISSIER

Fiche d'information pour les patients traileurs

Cette fiche d'information a été élaborée grâce à des médecins experts (généralistes, médecins du sport, MPR, urgentistes, cardiologue) – Mai 2021.



Généralités

- ⊗ Respecter le principe de progression lors de l'entraînement – volume, intensité, durée, moment et repère d'une séance
- ⊗ Respecter au minimum 10 jours de récupération de 11 ans les 10 semaines sportives
- ⊗ Faire des séjours d'entraînement, diversifier ses activités
- ⊗ Respecter le principe de régularité lors de l'entraînement
- ⊗ Ne pas commencer une course si une blessure est détectée, attendre qu'un médecin soit consulté. Cette blessure peut être un obstacle au départ de l'épreuve ou peut être l'aggraver, avec la distance et le temps.

Cardiovasculaire

Signes d'alarme

- ⊗ Signaler à son médecin et à l'entraîneur ou après l'effort plusieurs d'entre eux :
 - ↳ malaise à la position, malaise lors du passage au repos
 - ↳ fatigue excessive ou détresse des performances
 - ↳ anomalies au cœur-impulsométrique
- ⊗ Éviter de descendre à la position à l'effort

Conseils

- ⊗ Être en mesure de mesurer et interpréter ses pulsations (PC ou > 190 ou en cas de palpitations)
- ⊗ Ne jamais faire une course avant un 2 heures après une pratique sportive
- ⊗ Ne pas faire de sport intense si l'effort se fait les 3 jours qui suivent un épisode grippal (fièvre + courbatures)
- ⊗ Consulter un médecin, si repère d'une activité sportive intense après 11 ans chez l'homme et 13 ans chez la femme



Approche respiratoire

Signes d'alarme

- ⊗ Signaler à son médecin ou entraîneur, grippe, toux, éternuement, écoulement nasal, malaise à l'effort
- ⊗ Signaler à son médecin avant une compétition pour éviter

Conseils et précautions

- ⊗ Le froid, les allergies ou l'effort peuvent déclencher une crise d'asthme
- ⊗ Tenir compte des symptômes de crise dans le cas de persistance ou aggravation de l'asthme
- ⊗ Ne pas prendre le départ en cas d'asthme aiguë
- ⊗ Demander à votre médecin une prescription d'équipe à des fins thérapeutiques (AET)



Approche locomotrice

Signes d'alarme

- ⊗ Consulter un médecin en cas de crampes musculaires

Conseils

- ⊗ La chaleur est un signe d'alarme : connaître ses limites, se faire accompagner le jour d'entraînement ou de compétition
- ⊗ Tenir compte de la chaleur (hydratation, vêtements adaptés et la température ambiante)
- ⊗ Si blessé :
 - ↳ respecter le temps de consolidation avant le repartir
 - ↳ demander conseil à un professionnel pour la reprise d'activité
- ⊗ Respecter le sens de ses chaussures
- ⊗ Signaler au médecin avant toute course, douleur ou crampes musculaires répétées à l'entraînement



Approche Thérapeutique et Dopage

Conseils

- ⊗ Discuter avec son médecin traitant :
 - ↳ de ses médicaments habituels
 - ↳ avant de modifier votre régime alimentaire habituel
- ⊗ Signaler à son médecin avant toute modification de son régime
- ⊗ Ne jamais commencer de substance dopante ou faire l'automatisme de prise
- ⊗ Suivre d'entraînement concernant les produits dopants (<https://www.wada-ama.org/fr/content/100-des-actualites>)
- ⊗ Demander une Autorisation d'Usage à des fins Thérapeutiques (AUT) pour les traitements médicaux comme dopants
- ⊗ Partager les compléments alimentaires et médicaments de l'effort après le logo ANORD / sportissimo® (attention aux compléments alimentaires au lithium)
- ⊗ Demander conseil à son médecin avant de prendre des compléments alimentaires
- ⊗ Pas de consommation pendant et après la course
- ⊗ Pas d'alcool avant, pendant et dans les 48-72 heures après la course
- ⊗ Pas de mélange entre les produits, connaître les interactions



Non-ojectuable juridiquement

Références bibliographiques

- [1] « Comparateur de territoires – Département de La Réunion (974) | Insee ». Consulté le: 21 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1405599?geo=DEP-974>
- [2] « Géographie de La Réunion », Habiter La Réunion. Consulté le: 11 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://habiter-la-reunion.re/geographie-de-la-reunion/>
- [3] Réunion la 1ère, *Diagonale des fous : Réaction du vainqueur ex aequo Daniel Jung #grandraid #trail #lareunion*, (22 octobre 2021). Consulté le: 11 octobre 2022. [En ligne Vidéo]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=1xUnhTfft4g>
- [4] Sylvain Cesbron, *Se préparer à la Diagonale des Fous - Interview de David Maillochon*, (17 mai 2018). Consulté le: 6 octobre 2022. [En ligne Vidéo]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=pSsBu-LeIdE>
- [5] « L’histoire du trail », Trail story. Consulté le: 21 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://trailstory.fr/2020/06/30/lhistoire-du-trail-les-dates-cles/>
- [6] « Définition ». Consulté le: 6 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.sportsdenature.gouv.fr/trail/reglementation/definition>
- [7] « athlétisme - course pedestre de nature trail.pdf ». Consulté le: 6 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://www.sports.gouv.fr/IMG/pdf/athle_tisme_-_course_pedestre_de_nature_trail.pdf
- [8] « Petit glossaire du trail et de l’entraînement | TrailPRO ». Consulté le: 25 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://trailpro.fr/petit-glossaire-du-trail-et-de-lentrainement/>
- [9] « A l’origine du Grand Raid : la Marche des Cimes (1989) », Réunionnais du Monde. Consulté le: 21 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.reunionnaisdumonde.com/magazine/actualites/a-l-origine-du-grand-raid-la-marche-des-cimes-1989/>
- [10] « UTMB® : La naissance de l’Ultra-Trail du Mont-Blanc | La Planète Trail ». Consulté le: 21 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://planetetrail.com/actualites/utmb-la-naissance-de-lultra-trail-du-mont-blanc/>
- [11] « Roger Fagonde, « l’inventeur » du premier parcours du Grand Raid », Réunion la 1ère. Consulté le: 9 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://la1ere.francetvinfo.fr/reunion/roger-fagonde-inventeur-du-premier-parcours-du-grand-raid-535133.html>
- [12] J Vaucher, « La Diagonale des Fous de 1989 à aujourd’hui ». Consulté le: 7 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://en-diagonale.com/historique/circuits/>
- [13] Pauline et Julian (Nom), « L’histoire mouvementée de la Diagonale des Fous », Wecanruntogether. Consulté le: 11 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.wecanruntogether.com/2019/09/09/lhistoire-mouvementee-de-la-diagonale-des-fous/>
- [14] « Le parcours de la Diagonale des Fous (du 17 au 20 octobre 2024) », Grand Raid de la Réunion. Consulté le: 7 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/fr/les-courses/la-diagonale-des-fous/>
- [15] « Règlement des courses », Diagonale des Fous - Trail de Bourbon - Mascareignes - Zembrocal Trail. Consulté le: 25 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/francais/inscriptions/reglement/>
- [16] « Pace on Earth (@paceonearth) • Photos et vidéos Instagram », Instagram. Consulté le: 16 novembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.instagram.com/paceonearth/>
- [17] « Modalités des inscriptions », Grand Raid de la Réunion. Consulté le: 11 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/fr/inscriptions/modalites-des-inscriptions/modalites-des-inscriptions>
- [18] « Justificatifs des points », Grand Raid de la Réunion. Consulté le: 11 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/fr/inscriptions/modalites-des-inscriptions/Diagonale-des-Fous-et-Trail-de-Bourbon-Justifier-de-points>
- [19] « Diagonale des Fous : ce point de règlement qui change tout », CNEWS. Consulté le: 25

- octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cnews.fr/sport/2022-10-20/diagonale-des-fous-ce-point-de-reglement-qui-change-tout-1279901>
- [20] « Hardrock 100 | Hardrock Hundred Mile Endurance Run ». Consulté le: 19 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://hardrock100.com/>
- [21] « The Montane Dragon's Back Race® route », Dragon's Back Race®. Consulté le: 19 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.dragonsbackrace.com/the-route>
- [22] Nicolas, « Top 20 des ultra-trails les plus difficiles du monde ! », Athlé expliqué. Consulté le: 31 août 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://athleexplique.fr/ultra-trail-les-courses-les-plus-dures-au-monde/>
- [23] « TOR330 - Tor des Géants® », TORX Trail Running Races 8-17 Septembre 2023. Consulté le: 31 août 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.torxtrail.com/fr/content/tor-des-g%C3%A9ants%C2%AE>
- [24] « Les dix courses de trail les plus difficiles au monde ». Consulté le: 31 août 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.continental-tires.com/fr/fr/b2c/stories/the-world-s-ten-toughest-trail-runs/>
- [25] C. Bertein, « Diagonale des fous : le Grand Raid qui fait frémir les traileurs (Guide 2022) », Chaussure Running. Consulté le: 23 novembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://chaussurerunning.fr/diagonale-fous-grand-raid-reunion/>
- [26] M. Jourdan, « Runraid : Diagonale des Fous 2023, Grand Raid de la Réunion », Runraid, le site des Sports nature. Consulté le: 16 novembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: http://runraid.free.fr/grand_raid/index.php
- [27] Olivier, « Conseils et description du parcours de la Diagonale des fous », Inspiration Trail. Consulté le: 1 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.inspirationtrail.fr/parcours-diagonale-des-fous>
- [28] I. Bernier, « La Diagonale des fous : un tracé empreint de folie - Distances+ », Distance +, Magazine de trail. Consulté le: 16 novembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://distances.plus/international/diagonale-des-fous-grand-raid-la-reunion-trace-folie-parcours/>
- [29] G. Lamy, « Diagonale des Fous vécue de l'intérieur : voyage au centre d'un volcan », Lyon Capitale. Consulté le: 1 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.lyoncapitale.fr/actualite/diagonale-des-fous-vecue-de-l-interieur-voyage-au-centre-d-un-volcan>
- [30] C. Bertein, « Diagonale des fous : le Grand Raid qui fait frémir les traileurs (Guide 2022) », Chaussure Running. Consulté le: 16 novembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://chaussurerunning.fr/diagonale-fous-grand-raid-reunion/>
- [31] T. LOUE, *J'ai re-survécu à la Diagonale des fous - Grand Raid de la Réunion*, (24 octobre 2019). Consulté le: 16 novembre 2023. [En ligne Vidéo]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=psb8Zm4oXw8>
- [32] « Information sur l'index d'ultraviolet à la Réunion », Sénat. Consulté le: 12 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.senat.fr/questions/base/2005/qSEQ05090808S.html>
- [33] C. Goube, D. Dufour, N. Bouscaren, et A. Bertolotti, « Pratiques de protection solaire des ultra-traileurs des programmes du Grand Raid de la Réunion », *Annales de Dermatologie et de Vénéréologie*, vol. 147, n° 12, Supplement, p. A249, déc. 2020, doi: 10.1016/j.annder.2020.09.341.
- [34] « Départ du Grand Raid, au cœur du parc national ! | Parc national de la Réunion ». Consulté le: 12 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.reunion-parcnational.fr/fr/actualites/depart-du-grand-raid-au-coeur-du-parc-national>
- [35] « Grand Raid et biodiversité : un équilibre à trouver », *Le Quotidien de la Réunion*, 16 octobre 2021. Consulté le: 12 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.lequotidien.re/actualites/societe/grand-raid-et-biodiversite-un-equilibre-a-trouver/>
- [36] « Charte de l'environnement », Diagonale des Fous - Trail de Bourbon - Mascareignes - Zembrocal Trail. Consulté le: 12 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/francais/la-reunion/charte-de-proprete/>
- [37] « Charte de l'environnement », Grand Raid de la Réunion. Consulté le: 16 mars 2024. [En

- ligne]. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/fr/la-reunion/charte-de-proprete/>
- [38] « Troubles musculo-squelettiques (TMS) | Portail de la Fonction publique ». Consulté le: 17 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.fonction-publique.gouv.fr/files/files/ArchivePortailFP/www.fonction-publique.gouv.fr/troubles-musculo-squelettiques-tms.html>
- [39] « Prise en charge des traumatismes liés au sport - Blessures; empoisonnement », Édition professionnelle du Manuel MSD. Consulté le: 17 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msmanuals.com/fr/professional/blessures-empoisonnement/1%C3%A9sions-li%C3%A9es-au-sport/prise-en-charge-des-traumatismes-li%C3%A9s-au-sport>
- [40] A. Bovens, G. Janssen, H. G. Vermeer, J. H. Hoeberigs, M. P. Janssen, et F. T. Verstappen, « Occurrence of running injuries in adults following a supervised training program », 1989, doi: 10.1055/s-2007-1024970.
- [41] T. P. Yamato, B. T. Saragiotto, et A. Dias Lopes, « A Consensus Definition of Running-Related Injury in Recreational Runners: A Modified Delphi Approach », *JOSPT inc*, p. 375-380, 2015, doi: 10.2519/jospt.2015.5741.
- [42] Maxime Dujardin, « Etude rétrospective des coureurs d'un ultra-trail ayant recours aux services d'accueil des urgences. Exemple : la Diagonale des Fous 2012 », Université de Bordeaux 2 - Victor Segalen, Bordeaux, 2013.
- [43] R. B. Souza, « An Evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis », *Phys Med Rehabil Clin N Am*, vol. 27, n° 1, p. 217-236, févr. 2016, doi: 10.1016/j.pmr.2015.08.006.
- [44] T. L. Nicola et D. J. Jewison, « The Anatomy and Biomechanics of Running », *Clinics in Sports Medicine*, vol. 31, n° 2, p. 187-201, avr. 2012, doi: 10.1016/j.csm.2011.10.001.
- [45] F. Bieuzen, « Influence des propriétés musculaires sur un exercice de locomotion humaine : de l'efficacité à la déficience motrice », Thèse de doctorat, Toulon, 2007. Consulté le: 26 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://theses.fr/2007TOUL0009>
- [46] E. Masson, « Lésions musculaires et cartilagineuses en course à pied d'ultra endurance, ce que l'orthopédiste doit savoir », EM-Consulte. Consulté le: 8 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1089675/lesions-musculaires-et-cartilagineuses-en-course-a>
- [47] C. Cano, « Course à pied et maux de dos », U Run. Consulté le: 17 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.u-run.fr/17755-course-a-pied-et-maux-de-dos>
- [48] Nicolas, « Lombalgie et course à pied ! », Running Sport Santé. Consulté le: 17 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://runningsportsante.com/lombalgie-et-course-a-pied/>
- [49] Hopitaux Universitaires de Genève, *Articulations facettaires*, (21 mai 2024). Consulté le: 26 juin 2024. [En ligne Vidéo]. Disponible sur: <https://www.hug.ch/atlas-sante/anatomie/articulations-facettaires>
- [50] Dr Morin, « Syndrome Facettaire : symptômes, causes, diagnostic et traitement », Clinique Chiropratique Sillery / Chiro à Ste-Foy, Québec. Consulté le: 17 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://chiropratiquesillery.ca/syndrome-facettaire-symptomes-causes-diagnostic-et-traitement/>
- [51] R. Perolat *et al.*, « Facet joint syndrome: from diagnosis to interventional management », *Insights Imaging*, 2018, doi: 10.1007/s13244-018-0638-x.
- [52] S. P. Cohen et S. N. Raja, « Pathogenesis, Diagnosis, and Treatment of Lumbar Zygapophysial (Facet) Joint Pain », *The American Society of Anesthesiologists*, vol. 106, n° 3, 2007, doi: 10.1097/00000542-200703000-00024.
- [53] N. J. Kasunich, DC, et CCSP, « Changes in low back pain in a long distance runner after stretching the iliotibial band », vol. 2, n° 1, 2003, doi: 10.1016/S0899-3467(07)60071-8.
- [54] D. F. Arnaud, « Arthroscopie de hanche Réunion – 974 – Conflit fémoro acétabulaire », Dr FELDEN Arnaud - Chirurgien orthopédique Réunion 974. Consulté le: 1 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://chirurgienorthopediqueiledelareunion.fr/arthroscopie-de-hanche-reunion-974-conflit-femoro-acetabulaire-douleur-hanche-sportif-dr-felden-arnaud/>
- [55] J. D. Wylie et Y.-J. Kim, « The Natural History of Femoroacetabular Impingement », *Journal*

- of *Pediatric Orthopaedics*, vol. 39, p. S28, juill. 2019, doi: 10.1097/BPO.0000000000001385.
- [56] J. Kemp *et al.*, « Current trends in sport and exercise hip conditions: Intra-articular and extra-articular hip pain, with detailed focus on femoroacetabular impingement (FAI) syndrome », *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, vol. 33, n° 1, p. 66-87, févr. 2019, doi: 10.1016/j.berh.2019.02.006.
- [57] D. M. Levy, M. D. Hellman, J. D. Harris, B. Haughom, R. M. Frank, et S. J. Nho, « Prevalence of Cam Morphology in Females with Femoroacetabular Impingement », *Front. Surg.*, vol. 2, déc. 2015, doi: 10.3389/fsurg.2015.00061.
- [58] V. V. Mascarenhas *et al.*, « Imaging prevalence of femoroacetabular impingement in symptomatic patients, athletes, and asymptomatic individuals: A systematic review », *European Journal of Radiology*, vol. 85, n° 1, p. 73-95, janv. 2016, doi: 10.1016/j.ejrad.2015.10.016.
- [59] H. K. Vincent, M. Brownstein, et K. R. Vincent, « Injury Prevention, Safe Training Techniques, Rehabilitation, and Return to Sport in Trail Runners », *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, vol. 4, n° 1, p. e151-e162, janv. 2022, doi: 10.1016/j.asmr.2021.09.032.
- [60] M. D. Hoffman et E. Krishnan, « Health and Exercise-Related Medical Issues among 1,212 Ultramarathon Runners: Baseline Findings from the Ultrarunners Longitudinal TRACKing (ULTRA) Study », *PLoS One*, vol. 9, n° 1, p. e83867, janv. 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0083867.
- [61] V. Scheer, C. V. Sousa, D. Valero, B. Knechtle, P. T. Nikolaidis, et E. Valero, « A descriptive study on health, training and social aspects of adults that participated in ultra endurance running as youth athletes », *J Sports Med Phys Fitness*, sept. 2020, doi: 10.23736/S0022-4707.20.11198-8.
- [62] A. de R. de la S. O. I. Institut de veille sanitaire, « Bulletin de veille sanitaire - N°20/avril 2013 ». avril 2013.
- [63] G. Vernillo, A. Savoldelli, A. La Torre, S. Skafidas, L. Bortolan, et F. Schena, « Injury and Illness Rates During Ultratrail Running », *Int J Sports Med*, vol. 37, n° 7, p. 565-569, juin 2016, doi: 10.1055/s-0035-1569347.
- [64] « Définition, symptômes et diagnostic de l'entorse du genou | Dr Paillard », Dr Philippe Paillard. Consulté le: 6 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.chirurgie-orthopedique-paris.com/pathologies/entorse-du-genou/>
- [65] « Patellofemoral pain syndrome (runner's knee): How can you relieve pain at the front of the knee? », in *InformedHealth.org [Internet]*, Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG), 2020. Consulté le: 5 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK561504/>
- [66] B. V. Scheer et A. Murray, « Al Andalus Ultra Trail: An Observation of Medical Interventions During a 219-km, 5-Day Ultramarathon Stage Race », *Clinical Journal of Sport Medicine*, vol. 21, n° 5, p. 444, sept. 2011, doi: 10.1097/JSM.0b013e318225b0df.
- [67] J. Taunton, M. Ryan, D. Clement, D. McKenzie, D. Lloyd-Smith, et B. Zumbo, « A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries », *Br J Sports Med*, vol. 36, n° 2, p. 95-101, avr. 2002, doi: 10.1136/bjsm.36.2.95.
- [68] « Syndrome fémoro patellaire | Institut de kinésithérapie - Paris », Institut de kinésithérapie. Consulté le: 5 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.institut-kinesitherapie.paris/pathologies/douleurs-blessures-genou-et-jambe/pathologies-genou/syndrome-femoro-patellaire/>
- [69] M. Saubade, G. Gremion, R. Martin, et A. Becker, « Mieux comprendre le syndrome douloureux fémoro-patellaire... pour mieux le traiter », *Rev Med Suisse*, vol. 437, p. 1451-1456, juill. 2014.
- [70] H. Collado et M. Fredericson, « Patellofemoral pain syndrome », *Clin Sports Med*, vol. 29, n° 3, p. 379-398, juill. 2010, doi: 10.1016/j.csm.2010.03.012.
- [71] « Tendinite et ténosynovite - Troubles osseux, articulaires et musculaires », Manuels MSD pour le grand public. Consulté le: 6 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msdmanuals.com/fr/accueil/troubles-osseux,-articulaires-et-musculaires/troubles-des-muscles,-des-bourses-s%C3%A9reuses-et-des-tendons/tendinite-et-t%C3%A9nosynovite>
- [72] M. A. Hutson, « Medical implications of ultra marathon running: observations on a six day

- track race », *Br J Sports Med*, vol. 18, n° 1, p. 44-45, mars 1984, doi: 10.1136/bjism.18.1.44.
- [73] « Extensor Tendonitis/Tendinopathy - Symptoms, Causes and Treatment », Sportsinjuryclinic.net. Consulté le: 6 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.sportsinjuryclinic.net/sport-injuries/foot/midfoot-pain/extensor-tendonitis>
- [74] « Tendinopathie tibiale antérieure | PCNA : Pied Cheville Nantes Atlantique ». Consulté le: 6 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.pcna.fr/cheville/tendinopathie-jambier-anterieur/>, <https://www.pcna.fr/cheville/tendinopathie-jambier-anterieur/>
- [75] L. M. Rabello, I. S. Albers, M. van Ark, R. L. Diercks, I. van den Akker-Scheek, et J. Zwerver, « Running a Marathon-Its Influence on Achilles Tendon Structure », *J Athl Train*, vol. 55, n° 2, p. 176-180, févr. 2020, doi: 10.4085/1062-6050-49-19.
- [76] K. J. von Rickenbach, H. Borgstrom, A. Tenforde, J. Borg-Stein, et K. C. McInnis, « Achilles Tendinopathy: Evaluation, Rehabilitation, and Prevention », *Current Sports Medicine Reports*, vol. 20, n° 6, p. 327, juin 2021, doi: 10.1249/JSR.0000000000000855.
- [77] M. A. Medina Pabón et U. Naqvi, « Achilles Tendinopathy », in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023. Consulté le: 4 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538149/>
- [78] S. Dr. Leal, « Problématique des tendinopathies. A l'usage du praticien de 1er recours », présenté à Colloque de formation MPR, Hôpitaux universitaires de Genève, 13 juin 2012.
- [79] N. Maffulli, U. G. Longo, A. Kadakia, et F. Spiezia, « Achilles tendinopathy », *Foot and Ankle Surgery*, vol. 26, n° 3, p. 240-249, avr. 2020, doi: 10.1016/j.fas.2019.03.009.
- [80] K. G. Silbernagel, S. Hanlon, et A. Sprague, « Current Clinical Concepts: Conservative Management of Achilles Tendinopathy », *Journal of Athletic Training*, vol. 55, n° 5, p. 438-447, mai 2020, doi: 10.4085/1062-6050-356-19.
- [81] N. Maffulli, P. Sharma, et K. L. Luscombe, « Achilles tendinopathy: aetiology and management », *J R Soc Med*, vol. 97, n° 10, p. 472-476, oct. 2004.
- [82] E. J. Strauss, S. Kim, J. G. Calcei, et D. Park, « Iliotibial Band Syndrome: Evaluation and Management », *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, vol. 19, n° 12, p. 728, déc. 2011.
- [83] Y. Dr Rouxel, « Syndrome de la bandelette ilio-tibiale », Dr Yves ROUXEL. Consulté le: 4 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.docteurrouxel.com/medecine-sportive/syndrome-de-la-bandelette-ilio-tibiale/>
- [84] Dr. Levy Biau, « Pathologies - Genou : Syndrôme bandelette ilio-tibiale ». Consulté le: 4 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.medecinedusportmontpellier.com/pathologies/genou/syndrome-bandelette-ilio-tibiale.html>
- [85] « Fascia lata », Dictionnaire médical de l'Académie de médecine. Consulté le: 20 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.academie-medecine.fr/le-dictionnaire/index.php?q=fascia%20lata>
- [86] « Treatment of Recalcitrant Iliotibial Band Friction Syndrome With Open Iliotibial Band Bursectomy ». Consulté le: 4 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://oce-ovid-com.scd-rproxy.u-strasbg.fr/article/00000475-200907000-00020>
- [87] L. Moncelon, G. Y. Millet, L. Poletti, L. Féasson, et P. Edouard, « Facteurs prédictifs d'abandon chez les coureurs à la limite des barrières horaires en Ultra-Trail : application à l'UTMB® et à la TDS® 2019 », *Journal de Traumatologie du Sport*, vol. 38, n° 1, p. 16-27, mars 2021, doi: 10.1016/j.jts.2020.10.007.
- [88] « Lésions musculaires : diagnostic, classification et traitements », IRBMS. Consulté le: 8 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/traitement-des-accidents-musculaires/>
- [89] J. M Coudreuse, « Pathologies musculaires du sportif », *EMC-AKOS (Traité de médecine)*, févr. 2014, Consulté le: 8 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/medecine/pathologies-musculaires-du-sportif>
- [90] E. Renuy, « La prise en charge des lésions musculaires aiguës en médecine générale :

évaluation des pratiques professionnelles. », Université de Bordeaux. U.F.R des Sciences médicales, Bordeaux, 2016.

[91] K. E. Fallon, « Musculoskeletal injuries in the ultramarathon: the 1990 Westfield Sydney to Melbourne run. », *British Journal of Sports Medicine*, vol. 30, n° 4, p. 319-323, déc. 1996, doi: 10.1136/bjsem.30.4.319.

[92] M. D. Hoffman et K. J. Stuemple, « Muscle Cramping During a 161-km Ultramarathon: Comparison of Characteristics of Those With and Without Cramping », *Sports Med Open*, vol. 1, p. 24, mai 2015, doi: 10.1186/s40798-015-0019-7.

[93] J. Sudrial, B. Plaisancie, C. Ferdynus, B. Guihard, L. Huiart, et X. Combes, « Suivi des troubles métaboliques induits par un ultra trail pendant 28 jours », *Science & Sports*, vol. 34, n° 6, p. 388-394, déc. 2019, doi: 10.1016/j.scispo.2019.05.005.

[94] R. J. Maughan, « Exercise-induced muscle cramp: a prospective biochemical study in marathon runners », *J Sports Sci*, vol. 4, n° 1, p. 31-34, 1986, doi: 10.1080/02640418608732095.

[95] Y. Eggel, « Les pathologies du coureur d'ultra- endurance », présenté à Colloque des praticiens, Hôpital du Valais en Suisse, 25 février 2021.

[96] « Courbatures et crampes - symptômes, causes, traitements et prévention », VIDAL. Consulté le: 8 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/maladies/appareil-locomoteur/douleurs-musculaires-crampes-courbatures.html>

[97] G. Millet et P. Balducci, « Les effets immédiats des courses d'ultra-endurance : état des lieux et conséquences pour la santé », *Mains Libres*, vol. 217, p. 9-16, juin 2017.

[98] Robert S. McKelvie, MD, PhD, Western University, « Cœur d'athlète - Troubles cardiaques et vasculaires », Manuels MSD pour le grand public. Consulté le: 11 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/troubles-cardiaques-et-vasculaires/le-sport-et-le-c%C5%93ur/c%C5%93ur-d-athl%C3%A8te>

[99] D. Stergiou et E. Duncan, « Atrial Fibrillation (AF) in Endurance Athletes: a Complicated Affair », *Curr Treat Options Cardiovasc Med*, vol. 20, n° 12, p. 98, 2018, doi: 10.1007/s11936-018-0697-9.

[100] G. Marceau, Maître de conférences des Universités, praticien hospitalier, PharmD, PhD, « Créatine kinase et isoenzymes », *EM-Consulte*, p. 7, déc. 2015, doi: 10.1016/S2211-9698(15)68932-4.

[101] H. R. Patil, J. H. O'Keefe, C. J. Lavie, A. Magalski, R. A. Vogel, et P. A. McCullough, « Cardiovascular Damage Resulting from Chronic Excessive Endurance Exercise », *Mo Med*, vol. 109, n° 4, p. 312-321, 2012.

[102] C. Tubacki et J. Harle, « Prévalence et comparaison des événements cardiovasculaires en Trail Running et Road Running », p. 68, déc. 2020.

[103] A. La Gerche *et al.*, « Cardiac Imaging and Stress Testing Asymptomatic Athletes to Identify Those at Risk of Sudden Cardiac Death », *JACC: Cardiovascular Imaging*, vol. 6, n° 9, p. 993-1007, sept. 2013, doi: 10.1016/j.jcmg.2013.06.003.

[104] Robert S. McKelvie, MD, PhD, Western University, « Mort cardiaque subite chez l'athlète - Troubles cardiaques et vasculaires », Manuels MSD pour le grand public. Consulté le: 11 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/troubles-cardiaques-et-vasculaires/le-sport-et-le-c%C5%93ur/mort-cardiaque-subite-chez-l-athl%C3%A8te>

[105] C.-I. Park et D. Shah, « Sport d'endurance, nouveau facteur de risque pour la fibrillation auriculaire ? », *Rev Med Suisse*, vol. 251, n° 21, p. 1122-1126, juin 2010.

[106] L. Brent Mitchell, MD, Libin Cardiovascular Institute of Alberta, University of Calgary, « Fibrillation auriculaire - Troubles cardiovasculaires », Édition professionnelle du Manuel MSD. Consulté le: 11 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msmanuals.com/fr/professional/troubles-cardiovasculaires/arythmies-cardiaques-sp%C3%A9cifiques/fibrillation-auriculaire>

[107] V. Scheer et D. Rojas-Valverde, « Long-term health issues in ultraendurance runners: should we be concerned? », *BMJ Open Sport Exerc Med*, vol. 7, n° 3, p. e001131, juill. 2021, doi: 10.1136/bmjsem-2021-001131.

- [108] Flavien Rosso, « [Grand Raid] Les organismes à l'épreuve de la chaleur et de l'humidité », *Le Quotidien de la Réunion*, 20 octobre 2023. Consulté le: 12 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.lequotidien.re/actualites/sport/grand-raid-les-organismes-a-lepreuve-de-la-chaleur-et-de-lhumidite/>
- [109] N. B. Tiller, « Pulmonary and Respiratory Muscle Function in Response to Marathon and Ultra-Marathon Running: A Review », *Sports Med*, vol. 49, n° 7, p. 1031-1041, 2019, doi: 10.1007/s40279-019-01105-w.
- [110] F. Gagnadoux, J. Gonzalez-Bermejo, A. Duguet, et C. Tromeur, « Mécanismes physiopathologiques de l'atteinte respiratoire », *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*, vol. 4, n° 3, p. 123-126, juill. 2012, doi: 10.1016/S1877-1203(12)70206-9.
- [111] N. B. Tiller, S. T. Chiesa, J. D. Roberts, L. A. Turner, S. Jones, et L. M. Romer, « Physiological and Pathophysiological Consequences of a 25-Day Ultra-Endurance Exercise Challenge », *Front Physiol*, vol. 10, p. 589, mai 2019, doi: 10.3389/fphys.2019.00589.
- [112] O. Gaillard, « La myoglobine », *Immuno-analyse & Biologie Spécialisée*, vol. 18, n° 2, p. 64-66, avr. 2003, doi: 10.1016/S0923-2532(03)00004-8.
- [113] G. Schrago, « Sport et fer en 2006 », *Rev Med Suisse*, vol. 074, p. 1778-1781, juill. 2006.
- [114] Larry E Johnson, MD, PhD, Université of Arkansas for Medical Sciences, « Carence en fer - Troubles de la nutrition », Manuels MSD pour le grand public. Consulté le: 16 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/troubles-de-la-nutrition/min%C3%A9raux/carence-en-fer>
- [115] Service Presse HAS et Bouhadda Mohamed, « Suspicion de carence en fer : quels examens prescrire ? », Haute Autorité de Santé. Consulté le: 16 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_1062859/fr/suspicion-de-carence-en-fer-quels-examens-prescrire
- [116] Nicolas Duployez, *Hématologie*, 3e édition. in Prépa Pharma. De Boeck Supérieur, 2020.
- [117] Denis Riché, *L'alimentation du sportif en 80 questions*, 2e édition. Vigot, 2015.
- [118] Nancy Clark, *Nutrition du sportif*. Vigot, 2015.
- [119] D. Malbos, « La carence en fer », *Actualités Pharmaceutiques*, vol. 62, n° 631, p. 48-52, déc. 2023, doi: 10.1016/j.actpha.2023.10.012.
- [120] Jérôme Manetta, *Micronutrition et nutrithérapie du sportif. Optimisation des performances*. Sparte, 2014.
- [121] G. Nicolas, S. Vaulont, et C. Beaumont, « Mécanismes impliqués dans la régulation de l'absorption intestinale du fer », *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, vol. 39, n° 3, p. 195-201, juin 2004, doi: 10.1016/S0007-9960(04)94453-7.
- [122] A. Péré, D. Rivière, I. Harant, et M. Guarigues, « Sport et carence en fer », *Science & Sports*, vol. 6, n° 1, p. 1-14, mars 1991, doi: 10.1016/S0765-1597(05)80230-8.
- [123] Julien Miozzo, « Rôle et intérêt du dosage de l'hepcidine dans l'homéostasie du fer », UFR de médecine de Grenoble, 2021.
- [124] Hans Konrad Biesalski, Peter Grimm, et Susanne Nowitzki-Grimm, *Atlas de poche de nutrition*, 2e édition. Lavoisier Médecine Sciences, 2017.
- [125] R. W. Bielinski, « Magnésium et activité physique », *Revue Médicale Suisse*, juill. 2006.
- [126] James L. Lewis III, « Revue générale des troubles de la concentration du magnésium - Troubles endocriniens et métaboliques », Édition professionnelle du Manuel MSD. Consulté le: 21 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msmanuals.com/fr/professional/troubles-endocriniens-et-m%C3%A9taboliques/troubles-%C3%A9lectrolytiques/revue-g%C3%A9n%C3%A9rale-des-troubles-de-la-concentration-du-magn%C3%A9sium>
- [127] « Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine - Hyperexcitabilité neuromusculaire ». Consulté le: 18 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.academie-medecine.fr/le-dictionnaire/index.php?q=hyperexcitabilit%C3%A9%20neuromusculaire>
- [128] É. Larousse, « signe de Chvostek - LAROUSSE ». Consulté le: 18 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/signe_de_Chvostek/11976
- [129] « Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine - Signe de Trousseau ». Consulté le: 21 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.academie-medecine.fr/le->

dictionnaire/index.php?q=Trousseau%20%28signe%20de%29

- [130] S. Kopic et J. P. Geibel, « Gastric acid, calcium absorption, and their impact on bone health », *Physiol Rev*, vol. 93, n° 1, p. 189-268, janv. 2013, doi: 10.1152/physrev.00015.2012.
- [131] B. Knechtle et P. T. Nikolaidis, « Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running », *Front Physiol*, vol. 9, p. 634, juin 2018, doi: 10.3389/fphys.2018.00634.
- [132] Véronique Haddad et Rémy Mas, *Biochimie clinique*. Vernazobres-Gregg, 2019.
- [133] B. Melin et Chantal Jimenez, « L'hyponatrémie hypotonique du sportif d'endurance », *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, vol. 39, n° 4, p. 255-260, août 2004, doi: 10.1016/S0007-9960(04)94460-4.
- [134] C. Weyh, K. Krüger, P. Peeling, et L. Castell, « The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System », *Nutrients*, vol. 14, n° 3, p. 644, févr. 2022, doi: 10.3390/nu14030644.
- [135] Miguel Lecina, Carlos Castellar-Otín, Isaac López-Laval, Luis Carrasco Páez, et Francisco Pradas, « Acute Kidney Injury and Hyponatremia in Ultra-Trail Racing: A Systematic Review », *Medicina*, vol. 58, n° 5, p. 569, avr. 2022, doi: 10.3390/medicina58050569.
- [136] « Marathon Running and Kidney Damage: What Runners Should Know », Yale Medicine. Consulté le: 21 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.yalemedicine.org/news/marathons-and-kidney-damage>
- [137] M. D. Hoffman et R. H. Weiss, « Does Acute Kidney Injury From an Ultramarathon Increase the Risk for Greater Subsequent Injury? », *Clinical Journal of Sport Medicine*, vol. 26, n° 5, p. 417-422, sept. 2016, doi: 10.1097/JSM.0000000000000277.
- [138] M. Poussel *et al.*, « Ultramarathon and Renal Function: Does Exercise-Induced Acute Kidney Injury Really Exist in Common Conditions? », *Front. Sports Act. Living*, vol. 1, p. 71, janv. 2020, doi: 10.3389/fspor.2019.00071.
- [139] J. Watelet, « Troubles digestifs du sportif », *Science & Sports*, vol. 26, n° 2, p. 111-115, avr. 2011, doi: 10.1016/j.scispo.2011.03.001.
- [140] K. J. Stuempfle, T. Valentino, T. Hew-Butler, F. M. Hecht, et M. D. Hoffman, « Nausea is associated with endotoxemia during a 161-km ultramarathon », *J Sports Sci*, vol. 34, n° 17, p. 1662-1668, sept. 2016, doi: 10.1080/02640414.2015.1130238.
- [141] R. Burcelin, « L'intestin métabolique : dualité fonctionnelle des incrétones et de la flore intestinale », *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, vol. 197, n° 1, p. 79-92, janv. 2013, doi: 10.1016/S0001-4079(19)31627-9.
- [142] K. J. Stuempfle et M. D. Hoffman, « Gastrointestinal distress is common during a 161-km ultramarathon », *J Sports Sci*, vol. 33, n° 17, p. 1814-1821, 2015, doi: 10.1080/02640414.2015.1012104.
- [143] E. M. Peters et E. D. Bateman, « Ultramarathon running and upper respiratory tract infections. An epidemiological survey », *S Afr Med J*, vol. 64, n° 15, p. 582-584, oct. 1983.
- [144] John P. Metz, « Upper respiratory tract infections: who plays, who sits? », *Curr Sports Med Rep*, vol. 2, n° 2, p. 84-90, avr. 2003, doi: 10.1249/00149619-200304000-00007.
- [145] P. F. J. Pacque, C. K. Booth, M. J. Ball, et D. B. Dwyer, « The effect of an ultra-endurance running race on mucosal and humoral immune function », *J Sports Med Phys Fitness*, vol. 47, n° 4, p. 496-501, déc. 2007.
- [146] E. Amari et E. Boffi, « Infections des voies respiratoires supérieures et sport : qui joue ?... », *Rev Med Suisse*, vol. 258, n° 28, p. 1499-1503, août 2010.
- [147] C. Pichard, Comasia A. Raguso, Laurence Genton, Nadine Maisonneuve, et Josiane Jetzer, « Glutamine : métabolisme et physiopathologie », *Med Hyg*, vol. 2369, p. 2327-2329, nov. 2001.
- [148] Thibault Duchesne, Université de Grenoble, « Détection et prévention du syndrome de surentraînement en trail running : étude observationnelle auprès de 125 sportifs et entraîneurs. »
- [149] M. Hasegawa, D. Singh, N. Yim, et F. D. Parsa, « Recurrent Tibial Periostitis Due to Blunt Trauma », *Hawaii J Health Soc Welf*, vol. 81, n° 2, p. 38-41, févr. 2022.
- [150] N. Reshef et D. R. Guelich, « Medial tibial stress syndrome », *Clin Sports Med*, vol. 31, n° 2, p. 273-290, avr. 2012, doi: 10.1016/j.csm.2011.09.008.

- [151] P.-E. Fournier, « [Tibial periostitis (“medial tibial stress syndrome”)] », *Rev Med Suisse Romande*, vol. 123, n° 6, p. 369-370, juin 2003.
- [152] S. Sharma, N. Verma, et B. Adhya, « Doors to new treatment approach in medial tibial stress syndrome (MTSS)-A case report of a runner. », *Foot & Ankle Surgery: Techniques, Reports & Cases*, p. 100322, oct. 2023, doi: 10.1016/j.fastrc.2023.100322.
- [153] « Phlyctène (cloque, ampoule) : définition, soins, traitements », Dr David Picovski. Consulté le: 12 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://docteur-picovski.com/lexique/phlyctene-ampoule/>
- [154] « Reconnaître une ampoule ou une cloque ». Consulté le: 12 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/ampoules-cloques/reconnaitre-ampoule-cloque>
- [155] E. A. Mailler et B. B. Adams, « The wear and tear of 26.2: dermatological injuries reported on marathon day », *Br J Sports Med*, vol. 38, n° 4, p. 498-501, août 2004, doi: 10.1136/bjism.2004.011874.
- [156] P. Wehrlé, « Aspects galéniques des produits dermatologiques, d’hygiène corporelle et cosmétique et éléments du conseil en officine », présenté à Cours de 6ème d’année filière officine, Faculté de pharmacie de Strasbourg, 2022.
- [157] René Guillet et Jean Génety, *Abrégé de médecine du sport*, 2e édition. Masson et cie, 1975.
- [158] S. Prétagut, « Bigorexie : l’addiction à l’exercice physique », in *Les Addictions*, Elsevier, 2023, p. 205-211. doi: 10.1016/B978-2-294-77934-3.00022-6.
- [159] J. Besson, J. Grivel, A. Tomei, J.-P. Falcheri, A. Rougemont-Bücking, et Y. Khazaal, « Addictions », *Rev Med Suisse*, vol. 41213, p. 13-17, janv. 2014.
- [160] M. Monserrat Hernández, Á. Arjona Garrido, J. C. Checa Olmos, et D. Salguero García, « Relationship between Negative Running Addiction and Eating Disorder Patterns in Runners », *Nutrients*, vol. 13, n° 12, p. 4344, déc. 2021, doi: 10.3390/nu13124344.
- [161] Z. Demetrovics et T. Kurimay, « [Exercise addiction: a literature review] », *Psychiatr Hung*, vol. 23, n° 2, p. 129-141, 2008.
- [162] « Les bienfaits du sport », [sports.gouv.fr](https://www.sports.gouv.fr). Consulté le: 26 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.sports.gouv.fr/les-bienfaits-du-sport-25>
- [163] Aviv Weinstein et Yitzhak Weinstein, « Exercise addiction- diagnosis, bio-psychological mechanisms and treatment issues », *Curr Pharm Des*, vol. 20, n° 25, p. 4062-4069, 2014, doi: 10.2174/13816128113199990614.
- [164] Dr. Patrick Bacquaert, « Comment la course à pied booste le moral ? », IRBMS. Consulté le: 25 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/se-sentir-bien-en-courant/>
- [165] « Sport défonce, coeurs défoncés », *Radio Télévision Suisse*, Suisse, 30 novembre 2011.
- [166] D. Živčić Tomić, M. Tomić, F. Vuletić, et G. Vrgoč, « Running addiction », *J Sports Med Phys Fitness*, vol. 63, n° 3, p. 503-508, mars 2023, doi: 10.23736/S0022-4707.22.14285-4.
- [167] S. Márquez et R. de la Vega, « [Exercise addiction: an emergent behavioral disorder] », *Nutr Hosp*, vol. 31, n° 6, p. 2384-2391, juin 2015, doi: 10.3305/nh.2015.31.6.8934.
- [168] B. Allegre et P. Therme, « Étude confirmative de l’échelle de dépendance à l’activité physique *Exercise Dependence Scale-Revised* pour une population francophone », *L’Encéphale*, vol. 34, n° 5, p. 490-495, oct. 2008, doi: 10.1016/j.encep.2007.08.004.
- [169] L. Kern et N. Baudin, « Validation française du questionnaire de dépendance de l’exercice physique (Exercise Dependence Questionnaire) », *European Review of Applied Psychology*, vol. 61, n° 4, p. 205-211, oct. 2011, doi: 10.1016/j.erap.2011.08.001.
- [170] N. Debois, « Surentraînement et burnout : comment le repérer chez l’athlète ? », *Revue de l’AEFA*, mars 2008.
- [171] Maxime Lauvernier, « Prévalence du syndrome de surentraînement chez les traileurs en région Provence Alpes Côte d’Azur », Faculté des sciences médicales et paramédicales de Marseille, 2020.
- [172] Stéphane Dufour, « Principes d’entraînement », présenté à Cours d’activité physique adaptée, Faculté de pharmacie de Strasbourg, 27 septembre 2022.

- [173] Anaïs Chauveau et Clémence Merlot, « Du monde professionnel au monde scolaire: les aptitudes athlétiques, héritage génétique ou construction physique? », Université de Nantes, 2021.
- [174] Simon Garcia, « La prescription d'activité physique, conséquences pour les professionnels de santé et les patients », Faculté de pharmacie de Marseille, Marseille, 2020.
- [175] C. Chenevier-Gobeaux, « Acide lactique, acide pyruvique », *Elsevier Masson*, juin 2021, doi: 10.1016/S2211-9698(21)43414-X.
- [176] Fabrice Favret, « Evaluations qualités aérobies - Cours de l'option activité physique adaptée à la Faculté de pharmacie de Strasbourg ». 19 septembre 2022.
- [177] R. Iaiche, M. Toraa, et F. Friemel, « Évaluation de VO₂ max et de VMA, en laboratoire et sur le terrain », *Science & Sports*, vol. 11, n° 2, p. 91-95, janv. 1996, doi: 10.1016/0765-1597(96)88155-X.
- [178] Asok Kumar Ghosh, « Anaerobic Threshold: Its Concept and Role in Endurance Sport », *Malays J Med Sci*, vol. 11, n° 1, p. 24-36, janv. 2004.
- [179] Olivia Gautier, « L'adaptation physiologique et nutritionnelle du coureur du grand raid, ultra-trail à l'Île de la Réunion », Faculté de pharmacie de Bordeaux, 2019.
- [180] T. Haugen, Ø. Sandbakk, S. Seiler, et E. Tønnessen, « The Training Characteristics of World-Class Distance Runners: An Integration of Scientific Literature and Results-Proven Practice », *Sports Medicine - Open*, vol. 8, n° 1, p. 46, avr. 2022, doi: 10.1186/s40798-022-00438-7.
- [181] Simon Tissier, « Comment optimiser sa performance aérobie avec le SV1 ? », Ibex outdoor. Consulté le: 22 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ibexoutdoor.fr/post/optimiser-performance-aerobie-avec-sv1>
- [182] Marie Paturel, *Le guide du trail : des premières foulées aux ultras*. Glénat, 2023.
- [183] Dr. Christophe Popineau et Dr. Paulo Fernandes Carlos, « Régimes de Contraction : Application Pratiques », *IRBMS*, avr. 2008, Consulté le: 25 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/regimes-de-contraction-application-pratiques/>
- [184] K. Valdes, K. C. Manalang, et C. Leach, « Proprioception: An evidence-based review », *Journal of Hand Therapy*, oct. 2023, doi: 10.1016/j.jht.2023.09.015.
- [185] « Entraînement », Grand Raid de la Réunion. Consulté le: 22 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/fr/se-preparer/entrainement/>
- [186] « Optez pour la planification par blocs d'entraînements - Distances+ ». Consulté le: 22 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://distances.plus/entrainement/planification-blocs-course-trail-endurance/>
- [187] Jeremy Vaucher, « S'entraîner pour la Diagonale des Fous ». Consulté le: 22 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://en-diagonale.com/se-preparer/entrainement/>
- [188] Romain Adam, « Réussir sa Diagonale des Fous avec un plan d'entraînement personnalisé. », RunMotion Coach Running. Consulté le: 22 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://run-motion.com/diagonale-des-fous-grand-raid-reunion-plan-entrainement/>
- [189] Olivier, « Vers la diagonale des fous : mon plan d'entraînement », Inspiration Trail. Consulté le: 22 avril 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.inspirationtrail.fr/entrainement-diagonale-des-fous>
- [190] B. Arnaud, « Évaluation des blessures musculosquelettiques en trail running et connaissance des moyens de prévention dans une population amateur », Université d'Angers, Angers, 2020.
- [191] D. Collineau et M. Brenot, « La visite de non-contre-indication à la pratique du trail en médecine générale: élaboration, par méthode Delphi, d'un guide de consultation et d'une fiche d'information patient », Université de la Réunion. UFR Santé., 2021.
- [192] « Inscription pour la Diagonale des fous ». Consulté le: 6 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://en-diagonale.com/inscription/>
- [193] « LE CONCEPT | MARATHON DES SABLES - Site officiel ». Consulté le: 11 mars 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.marathondessables.com/fr/marathon-des-sables/le-concept>
- [194] « Produits de protection solaire ». Consulté le: 6 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Protection-solaire>
- [195] « Coraux dans les Outre-mer : l'impact de substances chimiques confirmé », Anses - Agence

nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Consulté le: 6 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/coraux-impact-substances-chimiques>

[196] Nicolas Berrod, « En 1960, l'Éthiopien Abebe Bikila remporte le marathon de Rome... pieds nus », *leparisien.fr*. Consulté le: 6 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.leparisien.fr/sports/en-1960-l-ethiopien-abebe-bikila-remporte-le-marathon-de-rome-pieds-nus-14-04-2019-8052798.php>

[197] Anthony Carreira, Pédiacre-Podologue, « Préparer ses pieds pour un marathon. », Podologue Anthony Carreira. Consulté le: 6 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.podologue-carreira.fr/preparer-ses-pieds-pour-un-marathon/>

[198] Q. Liu *et al.*, « Surface components and metabolites of probiotics for regulation of intestinal epithelial barrier », *Microb Cell Fact*, vol. 19, n° 1, p. 23, févr. 2020, doi: 10.1186/s12934-020-1289-4.

[199] L. Zhang, R. Zhang, et L. Li, « Effects of Probiotic Supplementation on Exercise and the Underlying Mechanisms », *Foods*, vol. 12, n° 9, p. 1787, avr. 2023, doi: 10.3390/foods12091787.

[200] Dr. Frédéric Maton, « Glutamine et renforcement musculaire : quels effets ? », IRBMS. Consulté le: 13 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/glutamine/>

[201] Elisa Hugues, « L'intérêt de la glutamine dans la prise en charge de l'hyperméabilité intestinale en pratique officinale », Université d'Aix-Marseille - Faculté de pharmacie, Marseille, 2023.

[202] Maud Mingeau, *Pratiquer la micronutrition à l'officine*, Le moniteur des pharmacies. in Pro-officina. 2017.

[203] Lidia Tchakirian, « Les omégas 3 et 6 : action sur l'organisme et le cerveau », Faculté de pharmacie de Marseille, 2018. Consulté le: 12 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01960388>

[204] P.-A. Geoffroy et J.-A. Micoulaud-Franchi, « La mélatonine et ses agonistes : un traitement adjuvant d'intérêt dans le trouble bipolaire ? », *Médecine du Sommeil*, vol. 13, n° 3, p. 100-108, sept. 2016, doi: 10.1016/j.msom.2016.07.002.

[205] P. Yousef, J. Rosen, et C. Shapiro, « Chapter 1 - Tryptophan and its role in sleep and mood », in *Studies in Natural Products Chemistry*, vol. 80, Atta-Ur Rahman, Éd., Elsevier, 2024, p. 1-14. doi: 10.1016/B978-0-443-15589-5.00001-3.

[206] C. Hudson, S. P. Hudson, T. Hecht, et J. MacKenzie, « Protein source tryptophan versus pharmaceutical grade tryptophan as an efficacious treatment for chronic insomnia », *Nutr Neurosci*, vol. 8, n° 2, p. 121-127, avr. 2005, doi: 10.1080/10284150500069561.

[207] « Consignes et aide à la facturation ». Consulté le: 23 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/pharmacien/sante-prevention/accompagnements/accompagnement-pharmaceutique-patients-chroniques/consignes-aide-facturation>

[208] N. Paret, B. Lemarchand, et B.-A. Gaüzère, « La prise de médicaments et de compléments alimentaires chez l'ultra-trailer compétiteur durant la préparation du Grand Raid 2015 de l'île de La Réunion », *Science & Sports*, vol. 32, n° 6, p. 344-354, déc. 2017, doi: 10.1016/j.scispo.2017.05.003.

[209] « Compléments alimentaires - Présentation générale ». Consulté le: 23 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/s%C3%A9curit%C3%A9/produits-alimentaires/compléments-alimentaires>

[210] « Directive 2008/100/CE de la Commission modifiant la directive 90/496/CEE du Conseil relative à l'étiquetage nutritionnel des denrées alimentaires en ce qui concerne les apports journaliers recommandés, les coefficients de conversion pour le calcul de la valeur énergétique et les définitions - Légifrance ». Consulté le: 30 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000019706287/>

[211] « Spirulina », in *Drugs and Lactation Database (LactMed®)*, Bethesda (MD): National Institute of Child Health and Human Development, 2006. Consulté le: 27 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK501849/>

[212] S. Grosshagauer, K. Kraemer, et V. Somoza, « The True Value of Spirulina », *J Agric Food Chem*, vol. 68, n° 14, p. 4109-4115, avr. 2020, doi: 10.1021/acs.jafc.9b08251.

- [213] « Compléments alimentaires à base de spiruline : privilégier les circuits d’approvisionnement les mieux contrôlés », Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail. Consulté le: 6 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/compl%C3%A9ments-alimentaires-%C3%A0-base-de-spiruline-privil%C3%A9gier-les-circuits-d%E2%80%99approvisionnement>
- [214] M. Touvier, F. Clavel-Chapelon, et M.-C. Boutron-Ruault, « Consommation élevée de β -carotène : un risque de certains cancers diminué chez les non-fumeuses, mais augmenté chez les fumeuses. », vol. 22, n° 3, mars 2006, doi: <https://doi.org/10.1051/medsci/2006223319>.
- [215] « Dictionnaire médical de l’Académie de Médecine ». Consulté le: 6 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.academie-medecine.fr/le-dictionnaire/index.php?q=acide%20amin%C3%A9%3Cstrong%3E%2C%3C%2Fstrong%3E%20acide%20amin%C3%A9%20indispensable>
- [216] S. Duttagupta, N. Krishna Roy, et G. Dey, « Efficacy of amino acids in sports nutrition-review of clinical evidences », *Food Research International*, vol. 187, p. 114311, juill. 2024, doi: 10.1016/j.foodres.2024.114311.
- [217] Y. Shimomura, T. Murakami, N. Nakai, M. Nagasaki, et R. A. Harris, « Exercise Promotes BCAA Catabolism: Effects of BCAA Supplementation on Skeletal Muscle during Exercise1 », *The Journal of Nutrition*, vol. 134, n° 6, p. 1583S-1587S, juin 2004, doi: 10.1093/jn/134.6.1583S.
- [218] L. Berard et A.-F. Creff, *Diététique sportive. Physiologie nutritionnelle et diététique des activités physiques.*, 4e édition. in Collection de monographies de médecine du sport. Masson, 1987.
- [219] J. M. Christensen, M. Ghannam, et J. W. Ayres, « Effects of divalent amino acids on iron absorption », *J Pharm Sci*, vol. 73, n° 9, p. 1245-1248, sept. 1984, doi: 10.1002/jps.2600730913.
- [220] D. Riche, « Les déficits en magnésium et le sport », *Science & Sports*, vol. 4, n° 1, p. 41-52, mars 1989, doi: 10.1016/S0765-1597(89)80006-1.
- [221] Kenneth Maiese, MD, « Neurotransmission - Troubles neurologiques », Édition professionnelle du Manuel MSD. Consulté le: 30 mai 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/troubles-neurologiques/neurotransmission/neurotransmission>
- [222] M. S. Hernandez, L. de Magalhães, et L. R. P. Troncone, « Glycine stimulates the release of labeled acetylcholine but not dopamine nor glutamate from superfused rat striatal tissue », *Brain Res*, vol. 1168, p. 32-37, sept. 2007, doi: 10.1016/j.brainres.2007.06.090.
- [223] « Forzinc Pileje ». Consulté le: 9 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://solutions.pileje.fr/fr/produit/forzinc>
- [224] « Zinc NHCO », Laboratoires NHCO Nutrition. Consulté le: 9 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://nhco-nutrition.com/produit/zinc/>
- [225] « Zinc Bisglycinate Nutripure », Nutripure.fr. Consulté le: 9 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.nutripure.fr/fr/sante/146-679-zinc-bisglycinate.html?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIivGy-evOhgMVOqhoCR2klwA3EAQYAiABEgII7_D_BwE
- [226] « Zinc Bisglycinate Granions ». Consulté le: 9 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.granions.fr/zinc-15mg.html>
- [227] D. V. Veverka, C. Wilson, M. A. Martinez, R. Wenger, et A. Tamosuinas, « Use of zinc supplements to reduce upper respiratory infections in United States Air Force Academy Cadets », *Complementary Therapies in Clinical Practice*, vol. 15, n° 2, p. 91-95, mai 2009, doi: 10.1016/j.ctcp.2009.02.006.
- [228] « Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux », Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail. Consulté le: 9 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/les-r%C3%A9f%C3%A9rences-nutritionnelles-en-vitamines-et-min%C3%A9raux>
- [229] E. A. Klein *et al.*, « Vitamin E and the Risk of Prostate Cancer: Updated Results of The Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial (SELECT) », *JAMA*, vol. 306, n° 14, p. 1549-1556, oct. 2011, doi: 10.1001/jama.2011.1437.

- [230] V. Amstutz, B. Favrat, J. Cornuz, et M.-A. Krieg, « Vitamine D : actualité et recommandations », *Rev Med Suisse*, vol. 319, n° 43, p. 2332-2338, nov. 2011.
- [231] P. Borel, D. Caillaud, et N. J. Cano, « Vitamin D Bioavailability: State of the Art », *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 55, n° 9, p. 1193, 2015, doi: 10.1080/10408398.2012.688897.
- [232] P. Dalek *et al.*, « Bioavailability by design — Vitamin D3 liposomal delivery vehicles », *Nanomedicine*, vol. 43, p. 102552, juill. 2022, doi: 10.1016/j.nano.2022.102552.
- [233] M. de la Puente Yagüe, L. Collado Yurrita, M. J. Ciudad Cabañas, et M. A. Cuadrado Cenxual, « Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends », *Nutrients*, vol. 12, n° 2, p. 579, févr. 2020, doi: 10.3390/nu12020579.
- [234] J. Lykkesfeldt, A. J. Michels, et B. Frei, « Vitamin C », *Adv Nutr*, vol. 5, n° 1, p. 16-18, janv. 2014, doi: 10.3945/an.113.005157.
- [235] S. J. Padayatty et M. Levine, « Vitamin C physiology: the known and the unknown and Goldilocks », *Oral Dis*, vol. 22, n° 6, p. 463-493, sept. 2016, doi: 10.1111/odi.12446.
- [236] M. Łukawski *et al.*, « New oral liposomal vitamin C formulation: properties and bioavailability », *Journal of Liposome Research*, vol. 30, n° 3, p. 227-234, juill. 2020, doi: 10.1080/08982104.2019.1630642.
- [237] M. Tomczyk *et al.*, « Omega-3 fatty acid supplementation affects tryptophan metabolism during a 12-week endurance training in amateur runners: a randomized controlled trial », *Sci Rep*, vol. 14, p. 4102, févr. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-54112-x.
- [238] J. D. Philpott, O. C. Witard, et S. D. R. Galloway, « Applications of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for sport performance », *Res Sports Med*, vol. 27, n° 2, p. 219-237, 2019, doi: 10.1080/15438627.2018.1550401.
- [239] S. Jeromson, I. J. Gallagher, S. D. R. Galloway, et D. L. Hamilton, « Omega-3 Fatty Acids and Skeletal Muscle Health », *Mar Drugs*, vol. 13, n° 11, p. 6977-7004, nov. 2015, doi: 10.3390/md13116977.
- [240] Y. Kyriakidou, C. Wood, C. Ferrier, A. Dolci, et B. Elliott, « The effect of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on exercise-induced muscle damage », *J Int Soc Sports Nutr*, vol. 18, n° 1, p. 9, janv. 2021, doi: 10.1186/s12970-020-00405-1.
- [241] « Charte qualité Epax® », Laboratoires COPMED. Consulté le: 12 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.copmed.fr/fr/page/56-charte-qualite-epax>
- [242] « Le circuit de distribution du médicament en France ». Consulté le: 9 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/medicaments/le-circuit-du-medicament/article/le-circuit-de-distribution-du-medicament-en-france>
- [243] Clicanoo, « Diagonale des Fous - Pierre Maunier (président) : “Tout est possible sur le Grand Raid” », Clicanoo | Premier de l’actualité à La Réunion et dans l’Océan Indien. Consulté le: 18 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.clicanoo.re/article/sport/2023/10/16/diagonale-des-fous-pierre-maunier-president-tout-est-possible-sur-le-grand-raid>
- [244] Lisa Hourdel et Suzette Emma, « SARA 112 : une application qui peut sauver des vies », Réunion la 1ère. Consulté le: 25 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://la1ere.francetvinfo.fr/reunion/sara-112-application-qui-peut-sauver-vies-635372.html>
- [245] « SARA EVENT – la sécurité atteint des sommets ». Consulté le: 19 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://sara-event.com/>
- [246] Clicanoo, « Grand Raid : une application mobile pour la sécurité des coureurs », Clicanoo | Premier de l’actualité à La Réunion et dans l’Océan Indien. Consulté le: 12 décembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.clicanoo.re/article/sport/2021/10/20/grand-raid-une-application-mobile-pour-la-securite-des-coureurs>
- [247] « Alimentation sur les postes », Grand Raid de la Réunion. Consulté le: 19 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/fr/informations-pratiques/alimentation-sur-les-postes/>
- [248] HA, Michelle Bertil, « Une logistique de “Fous” pour les 37 postes de ravitaillements du Grand Raid », Réunion la 1ère. Consulté le: 18 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur:

- <https://la1ere.francetvinfo.fr/reunion/une-logistique-de-fou-pour-les-37-postes-de-ravitaillements-du-grand-raid-1332320.html>
- [249] www.noulafe.re, « Dynamalt ». Consulté le: 19 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.noulafe.re/marques/dynamalt>
- [250] Chloë Lanthier, *Trail : Les clés pour performer sans se blesser*. Glénat, 2024.
- [251] Cédric André, « Description d'un échantillon de 212 participants à l'édition 2016 du trail de la Plagne : la 6000D. », Université de Lille 2 Droit et Santé - Faculté de médecine Henri Warembourg, 2017.
- [252] Sandra Didier, « Automédication chez les coureurs de trail et d'ultra-trail® : enquête lors de l'Infernal Trail des Vosges 2014, 13 et 14 septembre 2014 », other, Université de Lorraine, 2015. Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733245>
- [253] Pauline Bonneau, « La médicalisation des courses en montagne dans les Pyrénées. Le rôle du médecin encadrant la course. Aspect médico-légal pendant la course et avant la course. », 2019.
- [254] « Résumé des caractéristiques du produit - LOPERAMIDE ARROW 2 mg, gélule - Base de données publique des médicaments ». Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=61303791&typedoc=R#RcpMisesEnGarde>
- [255] « Résumé des caractéristiques du produit - RACECADOTRIL BGR 100 mg, gélule - Base de données publique des médicaments ». Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=65348773&typedoc=R>
- [256] « Résumé des recommandations actuelles en matière de protection contre les piqûres de moustiques. » Consulté le: 25 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.paca.ars.sante.fr/media/11555/download?inline>
- [257] L. Purcell, « Les causes et la prévention des lombalgies chez les jeunes athlètes », *Paediatrics & Child Health*, vol. 14, n° 8, p. 536, oct. 2009.
- [258] Caroline Lautner et Et Anne-Lyse Vives, « Lombalgie chronique et mésothérapie dans le syndrome articulaire postérieur. A propos de 3 cas. », Université Pierre et Marie Curie Paris 6, 2017.
- [259] Radiologie Mailloux, « Bloc facettaire », Radiologie Mailloux. Consulté le: 26 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://radiologiemaillox.com/patients/intervention/bloc-facettaire/>
- [260] P. Bartolone et P. Christofilopoulos, « Conflit fémoro-acétabulaire chez le sportif : prise en charge et traitement », *Rev Med Suisse*, vol. 481, p. 1445-1449, juill. 2015.
- [261] S. D. Trigg, J. Schroeder, et C. Hulsopple, « Femoroacetabular Impingement Syndrome », *Current Sports Medicine Reports*, 2020, doi: 10.1249/JSR.0000000000000748.
- [262] « Arthrolyse de la hanche à Paris - Chirurgie orthopédique | Dr Paillard », Dr Philippe Paillard. Consulté le: 12 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.chirurgie-orthopedique-paris.com/les-chirurgies/chirurgie-de-la-hanche/arthrolyse-de-hanche/>
- [263] D. Campagne, « Entorses de la cheville. », Édition professionnelle du Manuel MSD. Consulté le: 21 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/blessures-empoisonnement/entorses-et-autres-lésions-des-tissus-mous/entorses-de-la-cheville>
- [264] P. Trudelle *et al.*, « Rééducation de l'entorse externe de la cheville. Texte des recommandations. » janvier 2000. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/recosentors.pdf>
- [265] N. J. Collins *et al.*, « 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017 », *Br J Sports Med*, vol. 52, n° 18, p. 1170-1178, sept. 2018, doi: 10.1136/bjsports-2018-099397.
- [266] Centre Ostéo Articulaires des Cèdres, « Le syndrome rotulien », Centre Ostéo Articulaires des Cèdres. Consulté le: 5 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.centre-osteo-articulaire.fr/index.php?page=le-syndrome-rotulien>

- [267] P. Everts, K. Onishi, P. Jayaram, J. F. Lana, et K. Mautner, « Platelet-Rich Plasma: New Performance Understandings and Therapeutic Considerations in 2020 », *Int J Mol Sci*, vol. 21, n° 20, p. 7794, oct. 2020, doi: 10.3390/ijms21207794.
- [268] S. Gard, « Tendinopathies: quels sont les traitements efficaces en physiothérapie? », *Rev Med Suisse*, vol. 120, p. 1788-1791, août 2007.
- [269] Dr Philippe Paillard, « Traitement de la tendinopathie d'Achille à Paris | Dr Paillard », Dr Philippe Paillard. Consulté le: 12 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.chirurgie-orthopedique-paris.com/comment-traiter-la-tendinopathie-dachille/>
- [270] « Tendinite achilléenne - Blessures; empoisonnement », Édition professionnelle du Manuel MSD. Consulté le: 12 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/blessures-empoisonnement/lésions-liées-au-sport/tendinite-achilléenne>
- [271] « Bandeau de serrage IT BAND Thuasne sport - syndrome de l'essuie-glace (TFL) », Boutique Thuasne. Consulté le: 21 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.thuasne.shop/products/bandeau-it-band-sport-syndrome-essuie-glace>
- [272] « Les traitements des courbatures et des crampes », VIDAL. Consulté le: 19 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/maladies/appareil-locomoteur/douleurs-musculaires-crampes-courbatures/traitements.html>
- [273] S. Maleki, T. Akaberi, S. A. Emami, et M. Akaberi, « Diterpenes of *Scutellaria* spp.: Phytochemistry and pharmacology », *Phytochemistry*, vol. 201, p. 113285, sept. 2022, doi: 10.1016/j.phytochem.2022.113285.
- [274] J. Garrido-Maraver *et al.*, « Clinical applications of coenzyme Q10 », *Front Biosci (Landmark Ed)*, vol. 19, n° 4, p. 619-633, janv. 2014, doi: 10.2741/4231.
- [275] « ATEPADENE », VIDAL. Consulté le: 19 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/medicaments/gammes/atepadene-751.html>
- [276] S. A. Kviatkovsky, R. C. Hickner, et M. J. Ormsbee, « Collagen peptide supplementation for pain and function: is it effective? », *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, vol. 25, n° 6, p. 401-406, nov. 2022, doi: 10.1097/MCO.0000000000000870.
- [277] M. Khatri, R. J. Naughton, T. Clifford, L. D. Harper, et L. Corr, « The effects of collagen peptide supplementation on body composition, collagen synthesis, and recovery from joint injury and exercise: a systematic review », *Amino Acids*, vol. 53, n° 10, p. 1493-1506, oct. 2021, doi: 10.1007/s00726-021-03072-x.
- [278] G. Pj, S. M, et W. Af, « Dietary supplements for osteoarthritis », *American family physician*, vol. 77, n° 2, janv. 2008, Consulté le: 19 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18246887/>
- [279] S. Dahmer et R. M. Schiller, « Glucosamine », *Am Fam Physician*, vol. 78, n° 4, p. 471-476, août 2008.
- [280] S. Chrubasik, C. Conradt, et A. Black, « The quality of clinical trials with *Harpagophytum procumbens* », *Phytomedicine*, vol. 10, n° 6-7, p. 613-623, 2003, doi: 10.1078/094471103322331647.
- [281] J. Bailey, « Nail and Foot Procedures », *Primary Care: Clinics in Office Practice*, vol. 49, n° 1, p. 63-83, mars 2022, doi: 10.1016/j.pop.2021.10.010.
- [282] « Comment réagir en cas d'ampoule? », VIDAL. Consulté le: 18 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/maladies/peau-cheveux-ongles/ampoule/que-faire.html>
- [283] Julia Benedetti, MD, Harvard Medical School, « Coups de soleil », Manuels MSD pour le grand public. Consulté le: 21 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.msdmanuals.com/fr/accueil/troubles-cutanés/lésions-cutanées-dues-au-soleil/coups-de-soleil>
- [284] « Résumé des caractéristiques du produit - BIAFINE, émulsion pour application cutanée - Base de données publique des médicaments ». Consulté le: 18 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=69931588&typedoc=R#RcpPropPharmacodynamiques>

[285] « Comment traite-t-on les coups de soleil », VIDAL. Consulté le: 18 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/maladies/peau-cheveux-ongles/coup-soleil-erytheme-solaire/traitements.html>

[286] François TASSAIN, « 9 Français sur 10 font confiance à leur pharmacien », *Le Quotidien du Pharmacien*, 15 juin 2023. Consulté le: 8 septembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.lequotidiendupharmacien.fr/gestion-de-lofficine/9-francais-sur-10-font-confiance-leur-pharmacien>

Coraly LAMOLY

Née le 11 février 1997 à Saint-Denis, La Réunion

**PRISE EN CHARGE D'UN SPORTIF AVANT, PENDANT ET APRES UN ULTRA-
TRAIL : EXEMPLE DE LA DIAGONALE DES FOUS A L'ILE DE LA REUNION
ROLE DU PHARMACIEN ET CONSEILS A L'OFFICINE**

Soutenu le 14 novembre 2024 à la Faculté de pharmacie de Strasbourg

N° d'ordre :

Résumé :

Un dispositif hors norme est mis en place pour l'organisation de la Diagonale des Fous, une course d'ultra-trail mythique à l'île de La Réunion : une équipe multidisciplinaire, une assistance médicale hors pair munies d'hélicoptères, d'une application numérique d'aide aux premiers secours en temps réel et une quantité astronomique de boissons et de victuailles sont déployées aux quatre coins de l'île jusqu'aux endroits inaccessibles en voiture.

La prise en charge des risques physiques et psychiques est un enjeu pour les ultra-traileurs. L'ultra-trail est une discipline dont le succès s'accroît au fil des années. Il est donc nécessaire pour le pharmacien d'en connaître les risques afin de mieux prendre en charge à l'officine les sportifs y adhérant. Le pharmacien d'officine fait partie des professionnels de santé de première ligne, il est facile d'accès et ses conseils sont perçus comme scientifiquement recevables.

Ce travail s'adresse aux personnes s'intéressant à la description et à la prise en charge des blessures les plus fréquentes décrites chez les ultra-traileurs. Cette prise en charge est pluridisciplinaire et concerne plusieurs domaines de la pharmacie d'officine : la nutrition, la micronutrition, l'orthopédie, le médicament accompagnés de conseils représentés par des petits encadrés « pop-up » à l'issue de chaque item de prise en charge des différentes affections.

Mots clés : Ultra-trail, sportif, officine, effort

Directeur de thèse : Monsieur Pascal WEHRLE