



**HAL**  
open science

# Prévalence des troubles neurologiques des membres inférieurs chez les ultra-traileurs de La Réunion

Anne Perrotin

► **To cite this version:**

Anne Perrotin. Prévalence des troubles neurologiques des membres inférieurs chez les ultra-traileurs de La Réunion. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04552428

**HAL Id: dumas-04552428**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04552428v1>**

Submitted on 19 Apr 2024

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

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

**UNIVERSITE DE LA REUNION  
UFR SANTE**

Année : 2024

N° 2024LARE012M

**THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE  
DOCTEUR EN MEDECINE**

**Etude épidémiologique de la prévalence des troubles  
neurologiques des membres inférieurs chez les ultra-traileurs de  
La Réunion**

Présentée et soutenue publiquement le 28/02/2024

À La Réunion

**Par Anne PERROTIN**

**JURY**

**Président :**

**Professeur Loïc RAFFRAY**

**Assesseurs :**

**Rapporteur : Docteur Damien VAGNER**

**Jury : Monsieur le Docteur Vincent GUÉRIN**

**Jury : Monsieur le Docteur Gabriel MIREBEAU**

**Jury : Monsieur le Docteur René BUN**

**Directeur de Thèse :**

**Docteur Bruno LEMARCHAND**

# TABLE DES MATIERES

<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>2</b>
<b>PREAMBULE .....</b>	<b>5</b>
I. L’Ultra-trail à la Réunion .....	5
II. Les spécificités médicales du trail.....	7
III. Les douleurs du membre inférieur chez les coureurs .....	10
IV. Les neuropathies du membre inférieur chez les coureurs .....	14
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>24</b>
<b>METHODOLOGIE.....</b>	<b>26</b>
I. Type d’étude .....	26
II. Population étudiée .....	26
III. Elaboration du questionnaire .....	26
IV. Recueil des données .....	27
V. Analyse des données .....	28
VI. Aspects éthiques et protection des données .....	28
<b>RESULTATS .....</b>	<b>29</b>
I. Sélection de la population étudiée .....	29
II. Caractéristiques de la population étudiée .....	29
III. Evaluation du critère principal.....	33
IV. Description des différentes atteintes neurologiques .....	36
V. Analyse des critères secondaires .....	39

<b>DISCUSSION.....</b>	<b>42</b>
I. Synthèse et interprétation des résultats.....	42
II. Critique de l'étude.....	46
III. Hypothèses et perspectives.....	47
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>50</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>54</b>
Annexe 1 : Questionnaire GoogleForm®.....	54
Annexe 2 : Résultats non significatifs.....	59
<b>SERMENT D'HIPPOCRATE .....</b>	<b>62</b>

## Liste des abréviations

<b>AINS</b>	Anti-inflammatoires Non Stéroïdiens
<b>ARA II</b>	Antagoniste des Récepteurs de l'Angiotensine II
<b>CNIL</b>	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
<b>CPK</b>	Créatine Phosphokinase
<b>CPP</b>	Comité de Protection des Personnes
<b>CRP</b>	C-Reactive Protein
<b>EAE</b>	Effondrement Associé à l'Exercice
<b>EMG</b>	Electromyogramme
<b>FFA</b>	Fédération Française d'Athlétisme
<b>HLE</b>	Hyponatrémie Liée à l'Effort
<b>IEC</b>	Inhibiteur de l'Enzyme de Conversion
<b>ITRA</b>	International Trail Running Association
<b>KCAL</b>	Kilocalorie
<b>KM</b>	Kilomètre
<b>SIADH</b>	Sécrétion Inappropriée de l'Hormone Antidiurétique
<b>SLE</b>	Syndrome de Loge d'Effort
<b>SNC</b>	Système Nerveux Central
<b>ULTRA</b>	Ultrarunners Longitudinal TRAcking
<b>UTMB</b>	Ultra Trail du Mont Blanc

# PREAMBULE

---

## I. L'Ultra-trail à la Réunion

Les courses de trail sont des épreuves de course à pied organisées en milieu naturel sur des terrains plus ou moins accidentés (montagne, désert, forêt, plaine...) avec le minimum possible de routes cimentées ou goudronnées et un certain dénivelé positif. La course se déroule en autonomie ou semi-autonomie (les participants gèrent leur équipement et une partie de leur eau et nourriture) sur un itinéraire matérialisé avec des points de contrôle et de ravitaillement à des endroits stratégiques. (1,2)

En France, cette discipline dépend de la Fédération Française d'Athlétisme (FFA) qui a adopté la classification suivante :

Tableau 1 : Classification des courses selon la FFA (2)

	Distance	Surface goudronnée	Dénivelé conseillé
<b>Course Nature</b>	< 21km	< 25 %	-
<b>Trail Court</b>	21-42 km	< 25 %	-
<b>Trail</b>	42-80 km	< 15 %	2000m
<b>Ultra-trail</b>	> 80 km	< 15 %	> 2000m

L'International Trail Running Association (ITRA) a été fondée en 2013 afin de soutenir le développement du trail running à travers le monde. Elle est partenaire de la World Athletics qui reconnaît ce sport comme une discipline de l'athlétisme depuis 2015.(3) L'ITRA propose un classement des courses en se basant sur la notion de « kilomètre-effort ». Cette méthode prend en compte la distance parcourue et le dénivelé positif :

- 1 kilomètre parcouru = 1 kilomètre-effort ;
- 100 mètres de dénivelé positif = 1 kilomètre-effort.

Elle évalue ensuite la difficulté de la course sur une échelle de 0 à 6 points.

Tableau 2 : Classification des courses selon l'ITRA (3)

Catégories	Points ITRA	Km-effort
<b>XXS</b>	0	0-24
<b>XS</b>	1	25-44
<b>S</b>	2	45-74
<b>M</b>	3	75-114
<b>L</b>	4	115-154
<b>XL</b>	5	155-209
<b>XXL</b>	6	≥210

Les courses de catégorie M, L, XL et XXL sont considérées comme des épreuves d'ultra-trail.

Le trail est une pratique relativement récente, dont les premières courses officielles ont vu le jour aux États-Unis au milieu des années 1970. Elle connaît un véritable essor en Europe avec la première édition de l'UTMB® (Ultra-Trail du Mont Blanc) en 2003, et s'étend à travers le monde entier avec des courses de plus en plus nombreuses. (4)

L'île de la Réunion, avec son point culminant à 3070 mètres et ses trois grands cirques, offre un terrain propice à la pratique du trail. Il y existe un grand nombre de clubs et plus d'une centaine de courses y sont organisées tous les ans avec des profils et des niveaux de difficultés variés. Sa course la plus emblématique, *La Diagonale des Fous*, a vu le jour en 1989. Avec une distance de 165 kilomètres et un dénivelé positif de plus de 10 000 mètres, elle est l'une des plus difficiles au monde. Son parcours traverse l'île du front de mer de St Pierre jusqu'au stade de la Redoute à St Denis. Ont ensuite été créés *Le Trail de Bourbon* en 2000, *La Mascareigne* en 2011, puis *La Zembrocal* en 2017 (**Figure 1**). Ces quatre courses organisées par le Grand Raid ont lieu chaque année au mois d'octobre et ont réuni plus de 7100 participants lors de la 31<sup>e</sup> édition de 2023, dont 2381 de la Réunion inscrits à la *Diagonale* et au *Trail de Bourbon*. Une cinquième course de 51.5 kilomètres, le *Métis Trail Réunion*, verra le jour en 2024.

Deux autres courses au format « ultra », la *Raid 974* et la *Caldeira Trail*, sont également organisées tous les ans. (5–7)

Le site **Sport Pro Réunion™** reconnu par la FFA, permet de s'inscrire aux différentes compétitions de l'île.(8)



Figure 1 : Les quatre parcours du Grand Raid (6)

## II. Les spécificités médicales du trail

Le médecin généraliste est le premier contact médical auquel peut avoir recours le traileur, notamment pour le certificat de non contre-indication à la pratique du trail. Les conditions extrêmes de cette discipline en font des sportifs atypiques, sujets à des blessures ou des douleurs, auxquelles les médecins Réunionnais sont souvent confrontés. Dans une étude réalisée en 2017 et incluant 1014 traileurs, 78,4% déclaraient consulter leur médecin généraliste pour la visite de non contre-indication au trail, et un tiers en cas de pathologie liée spécifiquement à la pratique du trail. (9) L'étude ULTRA menée en 2011 a démontré que les athlètes pratiquants l'ultra-trail présentaient moins de pathologies chroniques par rapport à la population générale, à l'exception de l'asthme et des allergies respiratoires. L'étude a également révélé qu'ils s'absentaient moins souvent du travail pour raison médicale par rapport à la population générale et avaient un recours aux soins médicaux plus limité. (10)



Cependant, si l'on considère que la pratique d'une activité physique modérée est bénéfique pour la santé, les effets sur le corps humain d'une pratique aussi extrême restent encore à étudier (11). Plusieurs études ont ainsi révélé que les épreuves d'ultra-endurance modifiaient certains marqueurs biologiques : augmentation des marqueurs de l'inflammation (Protéine C-Réactive ou CRP élevée, hyperleucocytose, hyper ferritinémie) ; augmentation des marqueurs hépatiques (transaminases, gamma-glutamyl transférase, bilirubine) ; augmentation de la Créatine Kinase ; hyponatrémie et diminution de la fonction rénale ; élévation des marqueurs cardiaques ; diminution des taux de cholestérol et de triglycérides ; perturbation des sécrétions hormonales (augmentation du cortisol, diminution de la testostérone). Ces modifications transitoires sont témoins du stress important induit par l'ultra-endurance sur l'organisme, et disparaissent quelques jours après la course. (12)

Des pathologies spécifiques à la pratique de l'ultra-trail ont été rapportées, liées d'une part à l'environnement parfois extrême (climat, altitude) et d'autre part à l'effort prolongé de l'ultra-endurance. En fonction de l'organe ou du système, les atteintes peuvent être plus ou moins sévères (10,12–19) :

### Les troubles gastro-intestinaux

Particulièrement fréquents, ils sont d'origine multifactorielle (troubles du péristaltisme intestinal, facteurs hormonaux, microtraumatismes, ischémie de perfusion...). Nausées, vomissements, diarrhées et douleurs abdominales sont les symptômes les plus souvent rapportés. Ils peuvent provoquer ou aggraver une déshydratation aiguë.

### Les troubles métaboliques

Le déficit énergétique lors d'une course d'ultra-trail peut être considérable, en raison notamment de la diminution d'appétit et des troubles digestifs. Le coureur consomme plus de 6000 kcal par jour et l'apport énergétique est principalement constitué de glucides (de 62 à 88% en fonction de la longueur de la course). Ce déficit a pour conséquence une diminution de la masse maigre et une fatigue musculaire.

L'Hyponatrémie Liée à l'Exercice (HLE) correspond à un taux de sodium plasmatique inférieur à 135 mmol/L, qui apparaît durant un effort et jusqu'à 24 heures après. Souvent asymptomatique, elle est retrouvée chez 8 à 50% des coureurs en fonction des études. Elle est due à une hyperhydratation sans compensation en sel, ainsi qu'à une sécrétion inappropriée d'hormone antidiurétique (SIADH) d'origine multifactorielle. Les symptômes sont peu spécifiques et se manifestent par des céphalées, des nausées ou vomissements, voir par des troubles de la conscience en cas de sévérité.

La déshydratation aiguë est due à une sudation extrême et un apport hydrique insuffisant. Les anti-Inflammatoires non stéroïdiens (AINS) aggravent l'insuffisance rénale et les troubles digestifs, favorisant la déshydratation.

La rhabdomyolyse d'effort correspond à une destruction des cellules musculaires lors d'un effort prolongé et entraîne une augmentation de la Créatine Kinase (CPK). Elle est accompagnée d'une « fausse hématurie » à l'effort en raison d'une augmentation de la myoglobinurie. La principale complication est l'insuffisance rénale par nécrose tubulaire aiguë. Elle est favorisée par la déshydratation, les fortes chaleurs, et les médicaments néphrotoxiques (AINS, IEC, ARAII) ou myotoxiques (statines, fibrates).

### Les troubles de la thermorégulation

L'hyperthermie liée à l'effort peut aller de la simple insolation au coup de chaleur sévère, menant à un état de choc avec défaillance multi-viscérale. Elle dépend à la fois de facteurs intrinsèques liés à la condition physique de l'athlète, et de facteurs environnementaux (température extrême, humidité, longue distance). La prise en charge consiste en un refroidissement rapide et une réhydratation.

### Les troubles circulatoires

L'Effondrement Associé à l'Exercice (EAE) se caractérise par le coureur qui s'effondre une fois la ligne d'arrivée franchie. Il est dû à une chute brutale de la pression artérielle systolique secondaire à une vasodilatation et un défaut du retour veineux suite l'arrêt de l'effort musculaire. Il s'agit d'un diagnostic d'exclusion. Les autres causes (hyponatrémie, hyperthermie, hypoglycémie) ne doivent pas être écartées, d'autant plus si le malaise a eu lieu pendant la course.

## Les troubles génito-urinaires

La prévalence de l'incontinence urinaire chez les femmes pratiquant des épreuves d'ultra-endurance est supérieure à 30%. Les impacts périnéaux répétés sur une période prolongée en font une pratique particulièrement à risque.

## Les troubles respiratoires

L'asthme et les allergies respiratoires sont plus fréquents, probablement en raison d'une exposition environnementale plus importante aux allergènes. Le bronchospasme induit par l'exercice peut également survenir chez les non asthmatiques. Il est favorisé par l'hyperventilation, l'air froid et sec.

Les infections respiratoires hautes sont particulièrement fréquentes après une épreuve d'ultra endurance. Elles sont dues à une immunodépression, notamment par diminution de la sécrétion salivaire d'immunoglobulines A.

### III. Les douleurs du membre inférieur chez les coureurs

En plus de ces pathologies médicales, de nombreuses blessures et douleurs peuvent être à l'origine d'un arrêt précoce de la compétition ou d'un entraînement. L'incidence des blessures chez les coureurs d'ultra-marathon varie de 50 à 60%. (10) Le membre inférieur est le plus souvent touché avec par ordre de fréquence le pied, le genou, le mollet, la cuisse et la cheville. (14)

## Les atteintes dermatologiques

Les ampoules sont le problème médical le plus courant lors de courses d'ultra-endurance et concernent 26 à 76% des coureurs. Les irritations par frottement sont rapportées chez 8,7 à 41,9% des coureurs et se situent au niveau de l'aîne, du dos et des mamelons. Les hématomes sous-unguéaux au niveau des orteils sont également des blessures fréquentes. (10,15,16,20)

## Les atteintes musculo-squelettiques

Les blessures musculo-squelettiques sont fréquentes dans les sports de course à pied et peuvent être à l'origine d'un arrêt de la course ou d'un entraînement. Elles varient de 19 à 75 % lors de marathons, de 2 à 18 % lors d'ultra-trails continus et de 19 % à 22 % dans les ultra-trails par étapes sur plusieurs jours. Le genou et la cheville sont les articulations les plus souvent touchées. (16) Dans une étude de cohorte, 90% des ultra-traileurs ont rapporté une ou plusieurs blessures, de sévérité variable. (21)

### *Les crampes musculaires associées à l'exercice*

Elles sont caractérisées par une contraction douloureuse, soudaine et involontaire d'un ou plusieurs groupes musculaires et concernent principalement le mollet, le quadriceps, et les ischio-jambiers. La fatigue musculaire engendrée par la course d'ultra-trail altère le contrôle neuromusculaire, qui est responsable de l'apparition des crampes. (14,22)

### *Les élancements musculaires*

Elles concernent surtout les muscles recouvrant deux articulations, comme les gastrocnémiens et les ischio-jambiers. Elles sont plus fréquentes lors de courses en région montagneuse, le dénivelé important augmentant le travail excentrique des muscles. (14,15)

### *L'entorse de cheville avec l'instabilité chronique*

Très fréquente en trail, elle est favorisée par le terrain irrégulier. Elle résulte d'une torsion du pied en inversion, entraînant un étirement voire une déchirure des ligaments antérolatéraux de la cheville. (15)

### *La tendinopathie d'Achille*

Due à une sur-sollicitation, la tendinite affecte jusqu'à 19% des ultra-traileurs. La douleur se situe au niveau de la partie médiane du tendon d'Achille ou de son insertion.

Elle est favorisée par le mauvais chaussage, l'augmentation rapide de la charge d'entraînements et la course sur surfaces dures. (15,20,23)

### *L'aponévrosite plantaire*

Son incidence est de 10,6% chez les ultra-traileurs. Elle est due aux chocs répétés de la face plantaire des pieds et favorisée par un mauvais soutien du pied. Les coureurs se plaignent généralement d'une douleur au niveau de la voûte plantaire. (15)

### *Le syndrome de la bandelette ilio-tibiale*

Le « *syndrome de l'essuie-glace* » se présente comme une douleur latérale du genou, survenant à une durée ou distance de course identique, notamment en descente. Elle résulte du frottement du fascia lata sur le condyle fémoral latéral. (15,20)

### *La tendinite du tibia antérieur*

Cette tendinopathie est relativement spécifique des courses d'endurance et est rapportée chez 1,4% des ultra-marathoniens. Elle résulte d'un conflit du tendon avec le ligament annulaire antérieur et est favorisée par les chaussures serrées et la course sur surfaces dures. (15,20)

### *Le syndrome fémoro-patellaire*

Relativement fréquent lors d'ultra-marathons, il touche jusqu'à 15,6% des coureurs. La douleur, située sur la face antérieure du genou, est souvent chronique et peut être confondue avec les atteintes méniscales du genou ou la gonarthrose. Une malformation de la rotule ou un déséquilibre des forces musculaires peuvent en être l'origine. (15,16,20)

### *Les fractures de fatigue*

Elles sont plus fréquentes chez les femmes et représentent 5 à 16% des blessures. Elles se situent principalement au niveau de l'os naviculaire et des métatarses, du tibia et de la fibula. L'incidence de ces fractures varie de 12 à 53% selon les études. (10,20,23)

### *La périostite tibiale*

Aussi appelée « *Medial Tibial Stress Syndrome* », elle représente 10% des blessures de la jambe chez les ultra-traileurs. La douleur apparaît pendant l'effort au niveau du tiers distal du bord postéro-médial du tibia et peut persister plusieurs jours après l'arrêt de l'exercice. (20,23,24)

## Les douleurs d'origine neuro-vasculaire

### *Le Syndrome de Loge d'Effort Chronique*

Le syndrome de loge d'effort (SLE) est dû à une hyperpression intramusculaire des loges antérieure, externe et/ou postérieure profonde de la jambe, provoquée par l'activité physique et induisant une diminution de la perfusion tissulaire avec une perte de force, une douleur ischémique et/ou des symptômes neurologiques. La douleur, souvent bilatérale, reste localisée et apparaît lors d'efforts identiques en durée et en intensité, puis s'estompe au repos. La physiopathologie est cependant mal connue : augmentation du contenu musculaire de la loge, épaississement et rigidité de la paroi aponévrotique de la loge, stimulation des récepteurs sensitifs aponévrotiques, perturbations du retour veineux, microlésions musculaires traumatiques, forme mineure de myopathies. Ce syndrome est surtout rencontré chez les sportifs pratiquent la course-à-pied d'endurance. (23–25)

### *Le Syndrome de l'Artère Poplitée Piégée*

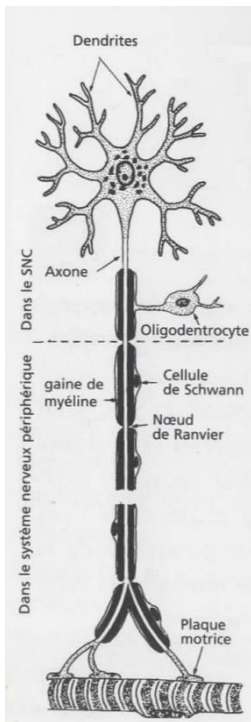
Il résulte de la compression de l'artère poplitée par les muscles gastrocnémiens, dû à une déformation congénitale des tendons ou un trajet anormal de l'artère. Il s'agit d'une cause importante de claudication intermittente chez les jeunes adultes. Les coureurs présentent une douleur au niveau du mollet et du pied qui est corrélée à l'intensité de l'activité physique et au degré de compression de l'artère. (23,24)

Ces blessures et douleurs d'origine musculo-tendineuse, ostéo-articulaire et neuro-vasculaire sont donc relativement fréquentes dans la course-à-pied, notamment dans les épreuves d'ultra-endurance et l'ultra-trail. Il existe également des neuropathies spécifiques à la pratique de la course-à-pied, qui comprennent les atteintes radiculaires et autres sciatalgies, ainsi que les syndromes canaux, souvent sous-diagnostiqués. (21,23,24)

## IV. Les neuropathies du membre inférieur chez les coureurs

### Physiopathologie des lésions nerveuses périphériques

#### *Le neurone*



Les neurones sont des cellules spécialisées dans la réponse aux stimulus et dans la transmission de signaux activant les autres cellules. Le neurone typique comprend un corps cellulaire, des dendrites assurant la réception des signaux des autres neurones, et d'un axone qui conduit un influx nerveux vers un autre neurone ou une cellule musculaire ou glandulaire par le biais d'une synapse.

Dans le système nerveux central, les axones sont entourés par les cellules oligodendrogiales, alors que dans le système nerveux périphérique, chaque axone est enveloppé par des cellules de Schwann. Les fibres sont dites myélinisées lorsque la cellule de Schwann s'enroule de nombreuses fois autour de l'axone pour former la gaine de myéline. Cette gaine est interrompue à intervalles réguliers et reliée par les nœuds de Ranvier. (26)

Figure 2 : Composants d'un neurone (*Histologie L'Essentiel, Don W. Fawcett, 2002, Editions Maloine*)

#### *Le nerf périphérique*

Les nerfs du système nerveux périphérique sont constitués d'axones myélinisés et non myélinisés provenant de neurones dont le corps cellulaire est situé dans le système nerveux central (cerveau, moelle épinière, ganglions). Les fibres nerveuses, constituées de complexes axone-cellule de Schwann, sont regroupées dans l'endonèvre, tissu conjonctif parcouru par des capillaires. Elles forment alors un faisceau, entouré et isolé de l'environnement extérieur par le périnèvre. Ces faisceaux, dont le nombre varie en fonction du nerf, sont enveloppés dans du tissu conjonctif dense, l'épinèvre. La vascularisation nerveuse comprend deux systèmes anastomosés : un extrinsèque épineural, péri- et interfasciculaire, et un intrinsèque endoneural intra-fasciculaire.

Les nerfs contiennent des fibres afférentes qui transportent l'information de la surface ou de l'intérieur du corps vers le SNC et les fibres efférentes qui transportent l'influx nerveux du SNC vers les tissus et les organes. On distingue les nerfs sensitifs, les nerfs moteurs et les nerfs mixtes. (26,27)

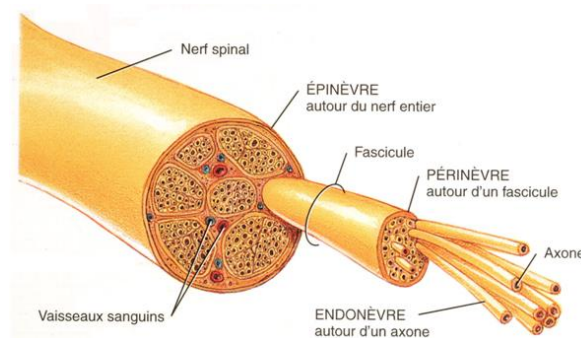


Figure 3 : Anatomie d'un nerf périphérique (Tortora et Grabowski, 2001)

### *Les lésions traumatiques des nerfs périphériques*

Une première classification des lésions a été établie en 1943 par Seddon (27) :

- **Neurapraxie** : altération transitoire et réversible de la gaine de myéline et de la conduction nerveuse.
- **Axonotmesis** : interruption de la fibre nerveuse (axone et gaine de myéline) avec conservation des structures histologiques (tubes endoneuraux, périnevire, épinevire).
- **Neurotmesis** : lésion complète du nerf.

La classification de Sunderland, plus récente, décrit cinq degrés lésionnels (27) :

- **Degré I** : La fibre axonale est intacte, mais la conduction nerveuse interrompue en raison d'une démyélinisation segmentaire. Cette atteinte est le plus souvent liée à un étirement ou une contusion. La levée de la compression entraîne une récupération complète après une durée pouvant aller jusqu'à 12 semaines, temps de remyélinisation.
- **Degré II** : Les axones sont interrompus, entraînant une dégénérescence wallérienne de la fibre nerveuse en aval de la lésion. Les tubes endoneuraux restent intacts, permettant la repousse axonale (environ 1mm par jour) et une récupération complète. Cependant, la dénervation musculaire prolongée résultant de la dégénérescence wallérienne peut entraîner une limitation de la récupération fonctionnelle.



➤ Degré III : Les axones sont interrompus, ainsi que les tubes endoneuraux. Le périnèvre est intact avec maintien d'une certaine disposition fasciculaire. La réinnervation spontanée est partielle et la récupération fonctionnelle variable.

➤ Degré IV : Seul l'épinèvre est intact. Les autres structures, endonèvre et périnèvre ainsi que la disposition fasciculaire sont détruites. La récupération spontanée est impossible et la lésion équivaut à une section complète. L'évolution secondaire se fait vers la formation d'un névrome (épaississement du nerf).

Les degrés lésionnels II à IV interviennent surtout lors de traumatismes par écrasement ou étirement important.

➤ Degré V : La rupture complète du nerf survient lors de traumatismes importants, comme une fracture diaphysaire des os longs ou de traction violente. Une réparation nerveuse est nécessaire par suture ou greffe nerveuse.

L'Electromyogramme (EMG) permet de faire la distinction entre une atteinte myélinique, dont la récupération est spontanée sans séquelle, et l'atteinte axonale qui est suivie d'une dégénérescence wallérienne. Celle-ci n'apparaissant pas immédiatement après le traumatisme, l'EMG ne doit être réalisé qu'à partir de la quatrième semaine. (27)

Les lésions liées à la pratique sportive sont le plus souvent chroniques, liées à un mouvement spécifique ou à un syndrome canalaire. Les mécanismes lésionnels incluent la section, l'étirement, la compression et parfois l'ischémie du nerf. (27)

### Les syndromes radiculaires et les sciatalgies

La sciatique est due à une compression des racines du nerf sciatique par une hernie discale, généralement au niveau des vertèbres L4-L5 et L5-S1, et moins souvent L3-L4 ou L2-L3. La douleur suit le territoire d'innervation de la racine comprimée, de la fesse jusqu'au pied, mais le plus souvent la sciatique est tronquée et la douleur s'arrête au genou ou au mollet. On parle de cruralgie lorsque la douleur irradie dans la face antérieure de la cuisse. Des paresthésies à type d'engourdissement ou de fourmillement y sont associées, et peut apparaître une hypoesthésie voire une parésie en fonction de l'évolution.

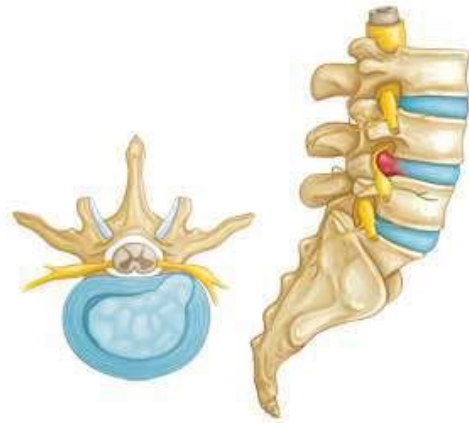


Figure 4 : Coupe transversale et vue latérale d'une hernie discale (28)

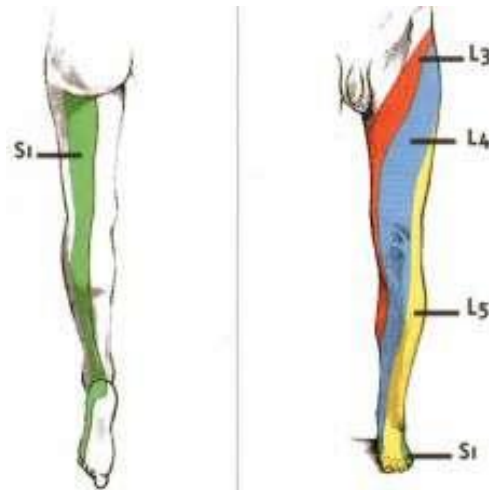


Figure 5 : Trajet de la douleur en fonction de l'atteinte radiculaire (28)

La pathologie discale lombaire à l'origine de rachialgies est plus fréquente par rapport à la population générale lors de la pratique de certains sports, notamment chez les gymnastes de haut niveau, ainsi que tout sport entraînant une surcharge axiale associée à une rotation ou une inclinaison latérale (haltérophilie, hand-ball, volley-ball, tennis). (29)

Dans une étude transversale, ont été recruté 107 militaires pratiquant la course à pied et ayant présenté une douleur du membre inférieur responsable d'un arrêt de l'entraînement : sur les participants 9.3% rapportaient des sciatalgies. (30) Dans une étude recrutant uniquement des ultra-traileurs, les hernies discales représentaient 14% des blessures diagnostiquées. (21)

D'autres causes de sciatalgies d'origine non discale ont été décrites en médecine du sport :

- **Le syndrome du piriforme** correspond à une compression du nerf sciatique par le muscle piriforme, rotateur externe de la cuisse et abducteur en flexion à 90°. Une des étiologies est la surutilisation du muscle lors de certaines pratiques sportives, comme le cyclisme, la course-à-pied, le ski de fond, la danse. Il en découle une contracture pouvant comprimer le nerf et entraîner une sciatalgie. (31)
- **Le syndrome de Purinen** ou « *Hamstring syndrome* » est expliquée par un conflit entre le nerf sciatique et les tendons et muscles ischio-jambiers, soit par hypertrophie des tendons ischio-jambiers, soit à la suite d'une déchirure musculaire avec cicatrisation hypertrophique comprimant le nerf. Ce syndrome est souvent rencontré chez les sprinters et les coureurs de haie. (32)

### Les syndromes canaux

Les syndromes canaux résultent de lésions nerveuses périphériques dues à une compression chronique du tronc nerveux au niveau de certains défilés anatomiques étroits, souvent associés à des facteurs dynamiques tels que les compressions musculaires ou la répétition de mouvements identiques. Ces microtraumatismes sont à l'origine de phénomènes irritatifs et inflammatoires provoquant une altération de la fibre nerveuse avec des modifications diffuses de sa structure et dégénérescence wallérienne. Les neuropathies canaux constituent une variété de présentations cliniques en fonction du site de compression du nerf. On distingue trois stades cliniques : le stade I se caractérise par des paresthésies intermittentes, le stade II survient après une compression progressive chronique entraînant des symptômes plus constants, le stade III se définit par une altération de la microcirculation nerveuse avec œdème conduisant à une démyélinisation segmentaire, la douleur est alors permanente. (23,33,34)

Chez les athlètes, certains positionnements, l'hypertrophie musculaire ou d'autres blessures peuvent être à l'origine d'étirement ou de compression chronique de nerfs périphériques. Ces lésions nerveuses sont à l'origine de douleurs qui peuvent être relativement contraignantes voire handicapantes pour le sportif. (35)

Quelques syndromes canaux sont souvent rapportés lors de la pratique sportive. Chez les lanceurs au baseball, l'atteinte du nerf supra-scapulaire est la plus fréquente, ainsi que le Syndrome de l'espace quadrilatère qui comprime le nerf axillaire et le « *Valgus Extension Overload Syndrome* » provoquant des lésions répétitives du nerf ulnaire. Le syndrome du nerf interosseux postérieur est un syndrome canalaire du nerf radial rencontré chez les joueurs de tennis. La névralgie pudendale du cycliste est un syndrome fréquent qui peut entraîner des troubles érectiles. Chez les skieurs, des chaussures mal adaptées peuvent engendrer des neuropathies compressives du nerf fibulaire commun. La lésion du nerf pectoral médian est spécifiquement retrouvée chez les haltérophiles en raison d'une hypertrophie musculaire. (35)

Chez les coureurs, les douleurs d'origine neurologique représentent 10 à 15% des douleurs des membres inférieurs. Cette fréquence est élevée comparée aux autres disciplines sportives. Elle peut s'expliquer par les mouvements répétitifs induits par la course à pied provoquant des microtraumatismes nerveux avec démyélinisation voire perte axonale. Plusieurs syndromes canaux sont particulièrement fréquents chez les coureurs. Ils sont cependant sous-diagnostiqués car de présentation clinique variée selon le degré et la localisation du conflit, et souvent associés à d'autres blessures musculo-squelettiques courantes lors de la course à pied. (36,37)

#### *Névrome de Morton*

Le névrome interdigital est l'affection neurologique la plus fréquente chez les coureurs. Elle résulte d'une compression d'un des nerfs interdigitaux par le ligament métatarsien transverse, le plus souvent au niveau du troisième espace (**Figure 6**), induisant une fibrose péri-neurale et une démyélinisation du nerf. (36,37)

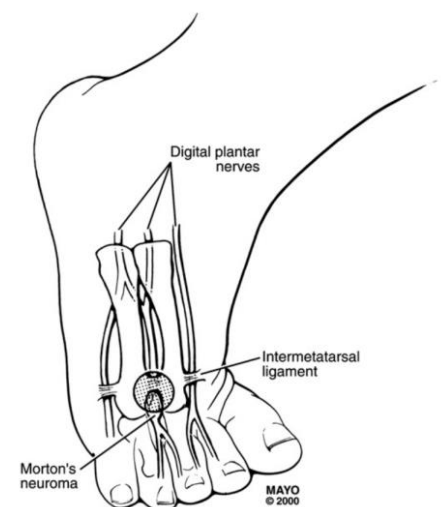
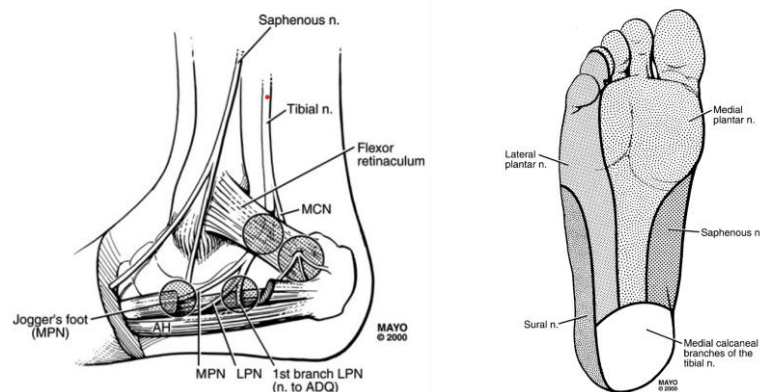


Figure 6 : Névrome de Morton (36)

### *Syndrome du tunnel tarsien*

Ce syndrome également appelé syndrome du tunnel tarsien postérieur, est souvent rencontré chez les coureurs. Au niveau du canal tarsien derrière la malléole interne, le nerf tibial postérieur se divise en nerf plantaire médial et latéral, et en une troisième branche légèrement au-dessus, le nerf calcanéen interne. La variété clinique du syndrome du tunnel tarsien résulte de la compression du nerf tibial et/ou des nerfs plantaires, le nerf calcanéen interne étant souvent épargné (**Figure 7**). Les paresthésies de la plante du pied peuvent être diffuses ou localisées à un ou plusieurs territoires nerveux, et irradier dans le bas du mollet ou les orteils. Les douleurs sont généralement plus intenses la nuit. Elles sont aggravées par la station debout et la course à pied, notamment sur des surfaces inclinées qui favorisent l'hyperpronation. Le déficit sensitivomoteur est souvent absent et l'atteinte est rarement bilatérale. (36,37)



**Figure 7 : Syndromes canaux du nerf tibial et de ses branches et territoires sensitifs (36)**

### *Syndrome du tunnel tarsien distal*

La compression de la première branche du nerf plantaire latéral est une cause non négligeable de talalgie chronique chez les athlètes, notamment les coureurs, et est souvent confondu avec l'aponévrosite plantaire. La douleur neuropathique est localisée au niveau de la partie médiale du talon, et parfois s'étend à la face latérale du pied (**Figure 7**). (36,38)

### *Syndrome du nerf plantaire médial*

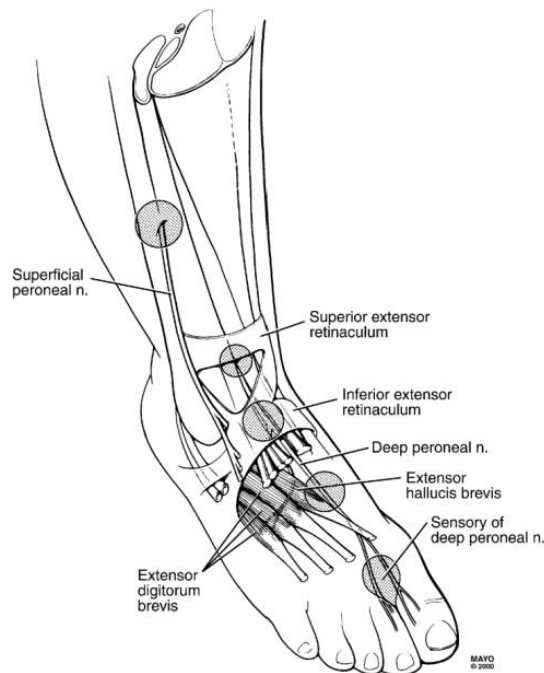
Ce syndrome canalaire, appelé aussi « *Jogger's Foot* », se manifeste par une douleur neuropathique déclenchée uniquement à l'effort, irradiant le long de la voûte plantaire vers la face plantaire des premier et deuxième orteils (**Figure 7**). (36,38)

### *Syndrome du nerf fibulaire commun*

Le piégeage du nerf a lieu au niveau de la tête de la fibula, avant la bifurcation des nerfs fibulaires superficiel et profond. La douleur et les paresthésies s'étendent sur la face antérolatérale de la jambe jusqu'au dos du pied. Le sportif se plaint généralement d'une faiblesse de dorsiflexion et d'éversion de la cheville avec un pied tombant. (36,37)

### *Syndrome du nerf fibulaire superficiel*

Le nerf fibulaire superficiel perfore l'aponévrose du long fibulaire et traverse le septum intermusculaire antérieur au-dessus de la malléole externe où il donne naissance à plusieurs branches sous-cutanées (**Figure 8**). La lésion du nerf résulte souvent d'entorses de chevilles répétées. Certains cas rapportés sont associés à un SLE du compartiment antérolatéral. Les symptômes associent une douleur et des crampes au niveau de la face antérolatérale de la jambe et un engourdissement du dos du pied épargnant le premier espace métatarsien (**Figure 9**). Le déficit moteur est en général absent. (36,37)



**Figure 8 : Syndromes canaux des nerfs fibulaires (36)**

### *Syndrome du nerf fibulaire profond*

Le syndrome du tunnel tarsien antérieur implique le nerf fibulaire profond. Celui-ci descend sous le muscle tibial antérieur et s'engage en-dessous du rétinaculum supérieur des extenseurs, appelé aussi tunnel tarsien antérieur, où il se divise en branches latérale et médiale. La branche latérale est motrice et innerve le court extenseur des orteils. La branche médiale, sensitive, continue son trajet sous le rétinaculum inférieur et innerve le premier espace métatarsien (**Figure 8**). Cette branche est plus susceptible d'être piégée, notamment par les structures osseuses (ostéophytes talo-naviculaires) ou par des contusions ou des entorses de cheville. L'atteinte sensitive est souvent isolée, le déficit du court extenseur de l'hallux étant inconstant. La douleur est localisée sur la face dorsale du médio-pied irradiant au premier espace intermétatarsien (**Figure 9**). Les symptômes sont aggravés par l'exercice, la position debout prolongée et les chaussures serrées. (36,37)

### *Syndrome du nerf sural*

Le nerf sural est purement sensitif et provient d'une anastomose de la branche cutanée surale médiale du nerf tibial et du rameau communicant du nerf fibulaire commun. Il descend en profondeur du mollet entre les gastrocnémiens, et sort ensuite par l'aponévrose au tiers inférieur de la jambe pour longer le tendon d'Achille. En cas de conflit au niveau de l'aponévrose, la douleur neuropathique irradie à la face postérolatérale du mollet et au bord latéral du pied (**Figures 7, 9**). Elle s'aggrave la nuit et à l'effort, et peut être diagnostiquée à tort comme une tendinopathie d'Achille. (34,36,37)

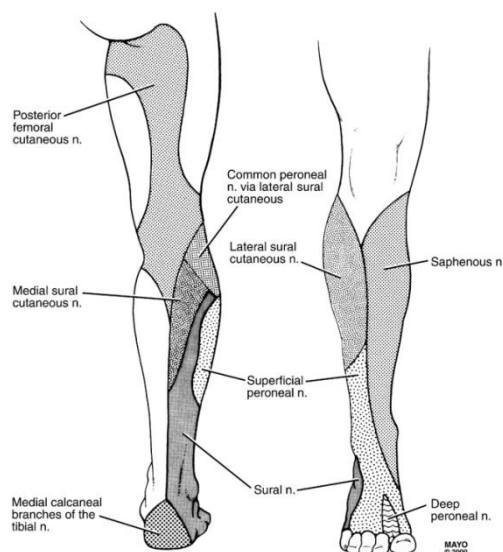


Figure 9 : Territoires sensitifs des nerfs du membre inférieur (36)

### *Syndrome du nerf saphène interne*

Le nerf saphène est la plus longue branche sensitive du nerf fémoral et descend jusqu'au niveau du bord médial du genou pour donner la branche infra-patellaire. Il perfore le canal du Hunter qui est un repli aponévrotique du moyen adducteur et une potentielle zone de conflit, puis descend le long de la veine saphène jusqu'à la malléole interne. Le sportif signale une douleur neuropathique associée à des dysesthésies dans la région médiale du genou en cas de compression isolée de la branche infra-patellaire, ou de la face médiale de la jambe et du pied si la compression est distale (**Figure 9**). Plusieurs zones de conflits sont possibles en raison de la longueur du trajet du nerf, d'où la présentation clinique variée. (34,37) Les épreuves d'endurance, comme les ultra-trails, entraînent une fatigue musculaire des rotateurs externes de la hanche, augmentant le valgus du genou et la tension du nerf à travers le canal de l'adducteur, et donc l'apparition d'un conflit au niveau du nerf saphène interne. (39)

### *Syndrome du nerf cutané latéral de la cuisse*

La méralgie paresthésique correspond à une lésion du nerf fémoral cutané latéral qui innerve la face antérolatérale de la cuisse. La clinique se manifeste par une perte de sensibilité avec dysesthésie du territoire innervé, sans déficit moteur associé. (40)



## INTRODUCTION

---

En effectuant une revue de la littérature, nous avons retrouvé peu d'études concernant les troubles neurologiques - notamment les syndromes canaux - des membres inférieurs chez les ultra-traileurs. Les différentes blessures de l'appareil musculo-squelettique sont souvent étudiées, mais rarement les blessures et douleurs d'origine neurologique. Une étude multicentrique de 2014 traitant l'état de santé global chez 1212 ultra-traileurs rapportait un pourcentage non négligeable de névrome de Morton avec une incidence de 3.1%, sans évoquer d'autres atteintes neurologiques. (10)

En 2006, une étude a été menée sur des courses de longues distances, le Trail des Appalaches et le Trail de la Côte Pacifique, qui correspondent à des parcours de plus de 800km. Sur les 128 participants inclus, 48% déclaraient ressentir des paresthésies, définies par des sensations de fourmillements, de brûlures ou d'engourdissement. Le risque de survenue de paresthésies était corrélé à l'augmentation du poids du sac-à-dos. Leur localisation au niveau du membre inférieur n'était pas précisée. (41)

Une précédente étude réalisée par D.Boulware en 1997 a mis en évidence une prévalence de paresthésies de 34 % chez les 280 participants du Trail des Appalaches. Ces paresthésies incluaient le nerf ulnaire, la meralgie paresthésique, le syndrome du tunnel tarsien, les paresthésies digitales ; et deux tiers étaient non spécifiques. Le risque de survenue de paresthésies augmentait avec la distance parcourue. (42)

Des cas de paresthésies transitoires de l'avant-pied ont été rapportés chez des militaires au cours de leur entraînement, chez des utilisateurs de machines à escaliers, ou chez des randonneurs de longue distance en haute altitude. Dans la majorité des cas, ces paresthésies étaient bilatérales et résolutive au bout de quelques semaines. Une étiologie autre que celle des syndromes canaux a été évoquée, la symptomatologie étant peu typique (43–45).

L'étude portant sur les utilisateurs de machine à escaliers suggérait que la pression exercée lors de la dorsiflexion du pied entraînait une stase veineuse et une diminution de la perfusion au niveau de l'avant-pied, pouvant conduire à une ischémie neuronale des nerfs interdigitaux. (43) Dans l'étude s'étant intéressée aux randonneurs de l'Himalaya, l'effet de l'altitude ou les désordres métaboliques et nutritionnels étaient évoqués comme possible cause ou facteur aggravant de ces neuropathies. (45)

La pratique de l'ultra-trail est à l'origine d'un stress intense sur l'organisme qui engendre des modifications au niveau des marqueurs biologiques et donc du fonctionnement des différents systèmes (circulatoire, respiratoire, immunologique, digestif). (12) Récemment une diminution globale de la myéline au sein de la matière blanche et de la matière grise a été observée après une épreuve de marathon sur des images d'IRM cérébrale de quatre coureurs. Ces résultats laissent suggérer une plasticité de la myéline dans des conditions extrêmes et donc un impact des épreuves d'ultra-endurance sur le système nerveux. (46)

Notre hypothèse est donc que la pratique de l'ultra-trail induit des lésions nerveuses périphériques au niveau des membres inférieurs, en plus de ceux habituellement rencontrés dans les syndromes canalaux.

Notre question de recherche était donc :

***Quelle est la prévalence des troubles neurologiques des membres inférieurs chez les ultra-traileurs de l'île de la Réunion ?***

- Objectif principal : établir une estimation de la prévalence des troubles neurologiques des membres inférieurs présents chez les ultra-traileurs de l'île de la Réunion.
- Objectifs secondaires : déterminer les facteurs de risque d'apparition de ces troubles neurologiques afin de mieux les prévenir en médecine générale.

# METHODOLOGIE

---

## I. Type d'étude

Nous avons mené une étude épidémiologique descriptive transversale, effectuée via le remplissage d'un questionnaire auto-déclaratif.

## II. Population étudiée

La population ciblée était les athlètes pratiquant l'ultra-trail sur l'île de la Réunion.

- Critères d'inclusion : Hommes et femmes âgés de plus de 18 ans ayant répondu au questionnaire et pratiquant l'ultra-trail à la Réunion.
- Critères d'exclusion : N'avoir jamais participé à une course d'ultra-trail supérieure à 80 kilomètres.

## III. Elaboration du questionnaire

Le questionnaire a été rédigé à l'aide de la plateforme GoogleForm® afin de faciliter sa diffusion. L'anonymat des données était garanti par l'absence de recueil d'informations identifiables comme le nom ou la date de naissance. Il était composé de 24 questions avec réponses à choix unique ou multiples et était divisé en deux parties.

Une première partie relative aux profils globaux des athlètes :

- Âge, sexe, habitus, antécédents médicaux, traitement au long cours, antécédents de blessures du membre inférieur.
- Ancienneté dans la pratique de l'ultra-trail, nombre de compétitions par an avec distance parcourue, profil d'entraînement, type de chaussures.
- Présence ou non de troubles neurologiques des membres inférieurs, étant survenu pendant et/ou après une course ou un entraînement.

Une deuxième partie concernant les caractéristiques des symptômes neurologiques :

- Type de douleur, fréquence et durée, localisation, présence ou non d'un déficit sensitif ou moteur.
- Présence de facteurs déclenchants ou aggravant.
- Schémas descriptifs illustrant différentes atteintes radiculaires et canalaires ou des localisations atypiques.

#### IV. Recueil des données

Nous avons procédé à une première diffusion du questionnaire par mail aux référents des différents clubs de trail basés sur l'île de la Réunion (**Annexe 1**) à partir du 14 février 2023. Il était ensuite transmis aux membres des clubs via leur listing de mails, dont nous n'avons pas eu accès.

Au vu de la quantité insuffisante de réponses obtenue après une première relance, nous avons décidé d'élargir le recrutement avec la diffusion du questionnaire sur les réseaux sociaux dans des groupes spécifiques de kinésithérapeutes du sport et de traileurs de La Réunion :

***SRMKS Kiné du Sport Réunion***  
***Trail à la Réunion***  
***TRAIL RUNNING REUNION***  
***Trail Péi***  
***Endemik Trail***

Les données ont été recueillies sous un fichier au format Excel le 30 avril 2023 après l'obtention de 240 réponses.

## V. Analyse des données

Les analyses ont été réalisées avec le langage de programmation R (version 4.3.2) par une statisticienne indépendante de l'étude (*DoAna - Statistiques Réunion*).

### Statistiques descriptives

Les variables qualitatives ont été exprimées en effectifs absolus (nombres de cas) et effectifs relatifs (pourcentages).

### Analyse comparative bivariée

Dans tous les cas, le seuil de significativité pour le risque de première espèce alpha était fixé à 0.05, ce qui équivaut à dire que nous avons considéré une différence comme statistiquement significative si la valeur critique « p » était inférieure à 5%.

Quel que soit le nombre de modalités, la comparaison de deux variables qualitatives a été faite par :

- un test du chi<sup>2</sup> (Pearson) si les effectifs théoriques étaient  $\geq 5$ .
- un test exact de Fisher si les effectifs théoriques étaient  $< 5$ .

## VI. Aspects éthiques et protection des données

Une déclaration d'engagement de conformité à la méthodologie de référence MR-004 a été réalisée auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) au numéro 2227625.

Cette étude était hors-champ de la loi Jardé. Elle n'avait donc pas nécessité d'avis auprès du Comité de Protection des Personnes (CPP).

# RESULTATS

---

## I. Sélection de la population étudiée

Nous avons décidé d'exclure les participants qui courraient moins de 80 kilomètres en compétition, car nous souhaitons étudier uniquement les sportifs pratiquant l'ultra-trail.

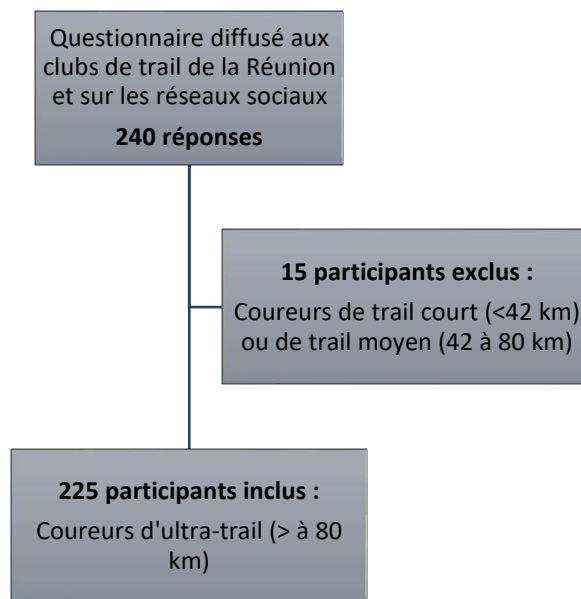


Figure 10 : Diagramme de flux

## II. Caractéristiques de la population étudiée

La population était majoritairement constituée d'hommes (72%) et âgée de 30 à 39 ans et de 40 à 49 ans (respectivement 31.5% et 29.8%).

**Tableau 3 : Caractéristiques générales de la population**

	Effectif	%
<b>Sexe</b>		
Homme	162	72
Femme	63	28
<b>Age</b>		
Moins de 30 ans	30	13.3
30 à 39 ans	71	31.5
40 à 49 ans	67	29.8
50 à 59 ans	44	19.5
60 ans et plus	13	5.8
	<b>225</b>	<b>100</b>

Les coureurs d'ultra-trail avaient globalement peu ou pas d'antécédents médicaux. En effet 86.7% des participants déclaraient n'avoir aucune maladie chronique et 88.9% déclaraient ne prendre aucun médicament. La principale pathologie chronique recensée était l'asthme et les pathologies respiratoires (**Tableau 4**).

Sur les 225 coureurs, 148 déclaraient des antécédents de blessures du membre inférieur, soit près de 65.8%. Le syndrome de l'essuie-glace était la blessure la plus fréquemment rapportée (**Tableau 4**).

**Tableau 4 : Etat de santé général de la population étudiée**

	Effectif	%
<b>Antécédents de maladies chroniques</b>		
Asthme	14	6.2
Maladie auto-immune	5	2.2
Diabète	2	0.9
Hypertension artérielle	2	0.9
Maladie cardiovasculaire	2	0.9
Maladie du système nerveux	1	0.4
Maladie endocrinienne	1	0.4
Cancer	1	0.4
Autres	5	2.2
<b>Antécédents de blessures</b>		
Syndrome de l'essuie-glace	67	29.8
Lésion méniscale ou ligamentaire	45	20
Aponévrosite plantaire	26	11.5
Fracture des membres inférieurs	24	10.7
Tendinopathies d'Achille	22	9.8
Syndrome fémoro-patellaire	20	8.9
Arthrose des membres inférieurs	11	4.9
Atteintes rhumatismales	3	1.3
Syndrome des loges	1	0.4
Autres	18	8

Concernant la consommation alcoolo-tabagique, 87.1% des coureurs étaient non-fumeurs, 18.7% ne consomment jamais de l'alcool, 40.9% consomment de manière occasionnel et 40% de manière régulière.

La majorité des coureurs utilisait des chaussures classiques (76.4%), une faible proportion utilisait des chaussures maximalistes (14.7%) ou des chaussures minimalistes (13.8%).

Concernant l'ancienneté de pratique des ultra-traileurs, 48% courraient depuis plus de cinq ans, 43% depuis moins de cinq ans, et seulement 7.5% de manière récente (**Figure 11**). La majorité des sportifs réalisait environ une à trois courses d'ultra-trail par an (**Figure 12**), pour une distance moyenne parcourue entre 80 et 110 kilomètres dans 77% des cas (**Figure 13**).

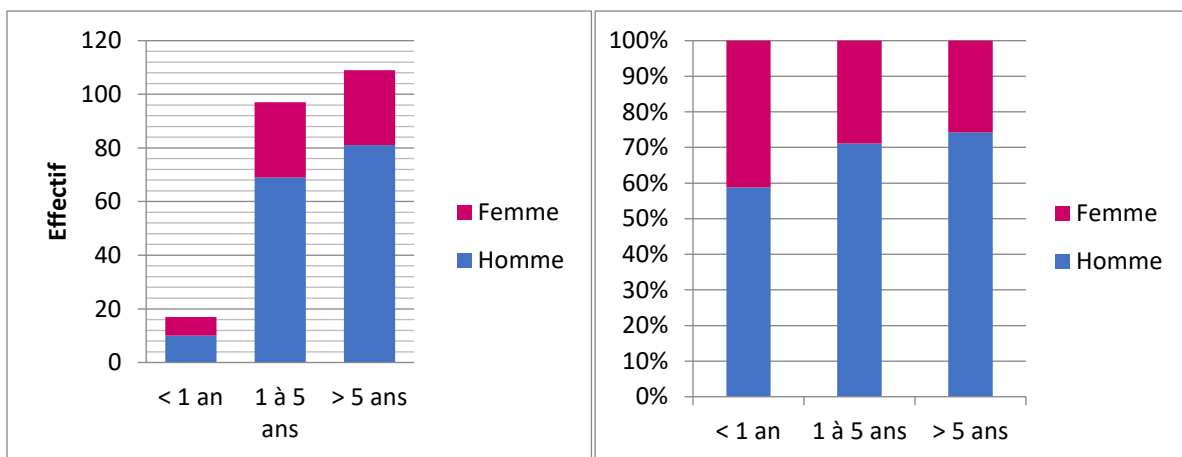


Figure 11 : Ancienneté de la pratique d'ultra-trail

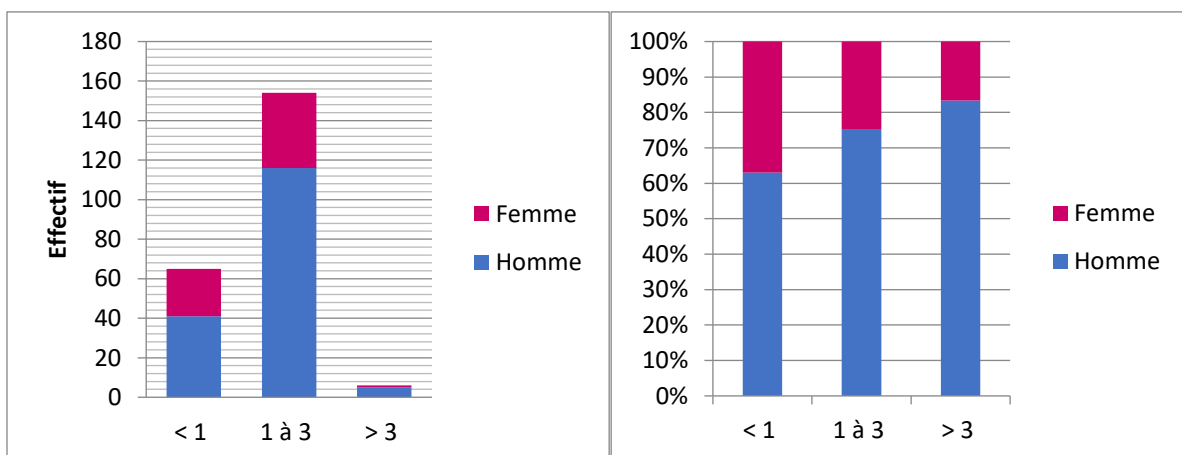


Figure 12 : Nombre d'ultra-trails réalisés par an



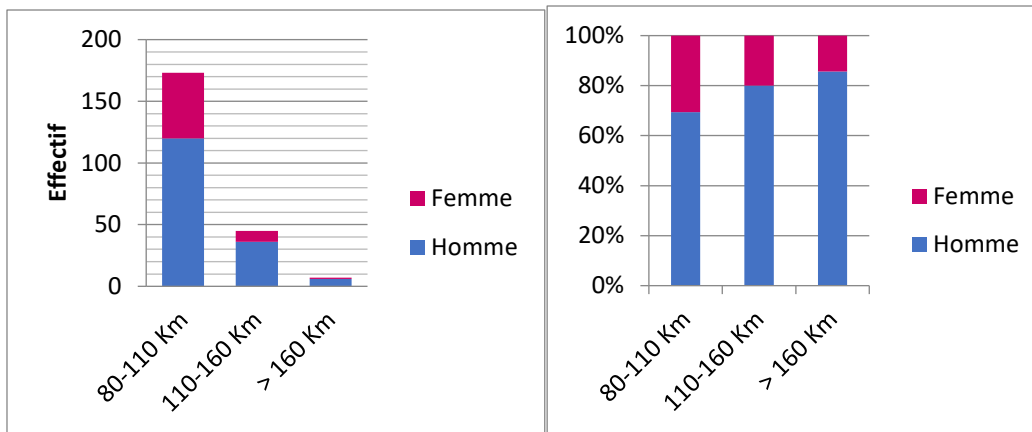


Figure 13 : Distance moyenne parcourue en compétition

Globalement, on observait que les femmes pratiquaient depuis moins longtemps que les hommes, et avaient tendance à réaliser moins d’ultra-trails par an pour des distances parcourues en compétition inférieures (**Figures 11-13**).

Le volume d’entraînement était également demandé : la grande majorité déclaraient s’entraîner entre trois et six heures, et entre sept et dix heures (respectivement 43.5% et 35%). Globalement on observait un volume d’entraînement similaire entre les femmes et les hommes. (**Figure 14**).

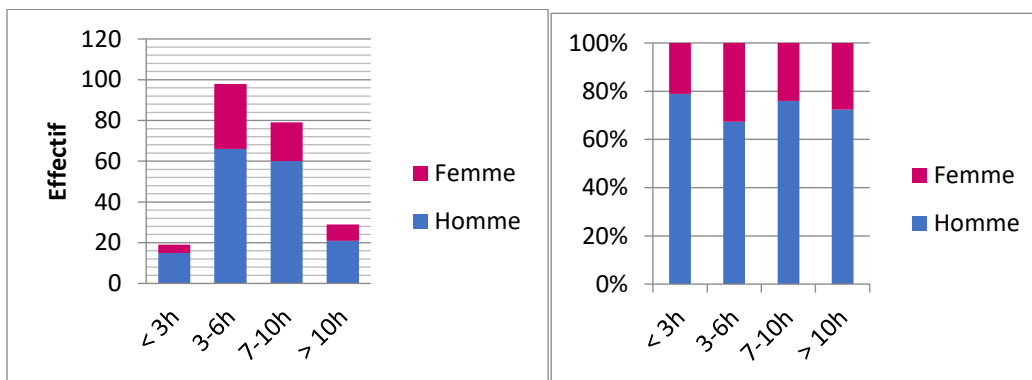


Figure 14 : Nombre d’heures d’entraînement par semaine

Le type de terrain d’entraînement principal était défini par : course sur piste, course sur route avec et sans dénivelé, et course sur sentier avec et sans dénivelé.

Quasiment la totalité (94%) des participants s’entraînaient sur des sentiers avec dénivelé, et 35% à 45% s’entraînaient sur piste, sur route ou sur sentier plat. Il ne semblait pas y avoir une différence significative du terrain pratiqué entre les hommes et les femmes (**Figure 15**).

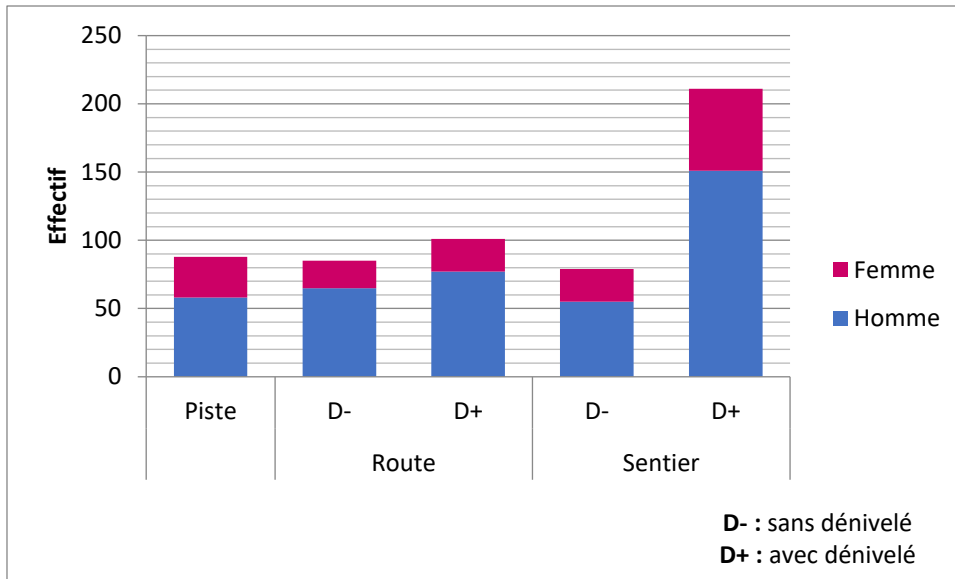


Figure 15 : Type de terrain d'entraînement principal

### III. Evaluation du critère principal

#### Critère principal

Sur les 225 participants inclus, 111 coureurs ont répondu avoir déjà ressenti des paresthésies ou des douleurs neurologiques des membres inférieurs, à type de brûlures, de fourmillements ou d'engourdissements, survenant pendant ou après un entraînement ou une compétition. **La prévalence des atteintes neurologiques des membres inférieurs était donc estimée à 49%.**

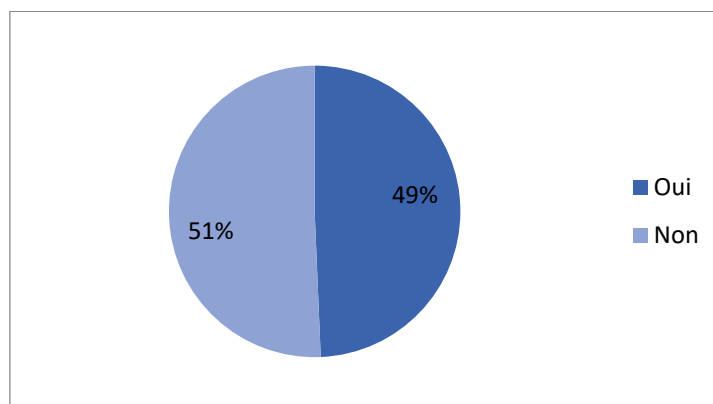


Figure 16 : Présence de symptômes neurologiques

## Caractéristiques générales des symptômes neurologiques

Les ultra-traileurs rapportant des symptômes neurologiques se plaignaient par ordre de fréquence : d'engourdissements, de fourmillements, d'allodynies, de brûlures, de décharges électriques, de sensation d'étau et de ruissellement (**Figure 17**).

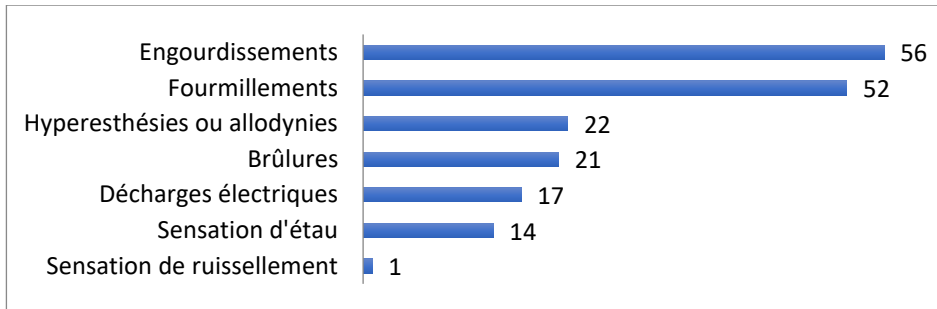


Figure 17 : Répartition des différents types de symptômes neurologiques

Les douleurs neurologiques étaient associées à une perte ou une diminution de sensibilité dans 36% des cas, à une faiblesse dans 21% des cas. Des œdèmes des membres inférieurs étaient rapportés chez 28% des personnes symptomatiques (**Figure 18**).

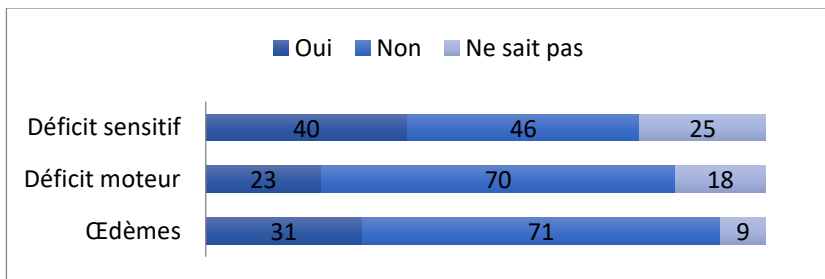


Figure 18 : Présence d'un déficit sensitivomoteur ou d'œdèmes associés

Concernant leur localisation, elle était soit unilatérale (43%), soit bilatérale et symétrique (33%) ou bilatérale asymétrique (24%) (**Figure 19**).

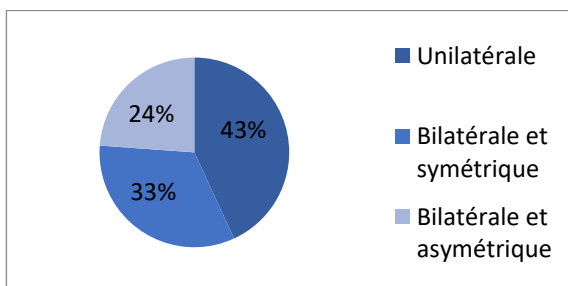


Figure 19 : Localisation des symptômes neurologiques

Ces douleurs ou paresthésies disparaissaient au bout de quelques heures chez 47.75% des ultra-traileurs ou duraient quelques jours voire semaines pour 38.75% d'entre eux. Certains rapportaient des douleurs récidivantes à chaque entraînement ou compétition (18.9%) et seulement 6.3% des douleurs étaient continues (**Figure 20**).

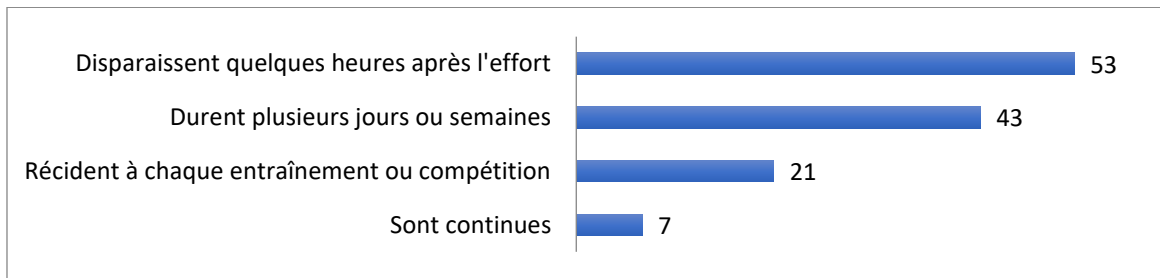


Figure 20 : Fréquence et durée des symptômes neurologiques

La principale cause d'apparition ou d'aggravation des symptômes était l'augmentation de la **distance de course** (49.5%) en compétition ou lors d'un entraînement. Les autres facteurs étaient moins fréquents : augmentation d'intensité de l'effort (25%), augmentation de la fréquence d'entraînement (17%), changement de chaussures (9%) (**Figure 21**).

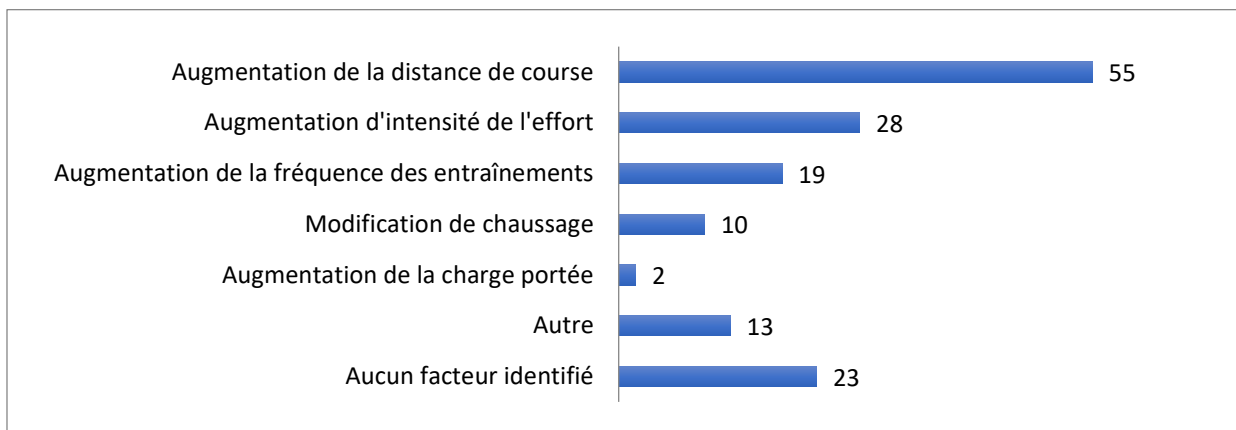


Figure 21 : Présence d'un facteur déclenchant ou aggravant les symptômes neurologiques

## IV. Description des différentes atteintes neurologiques

Dans notre questionnaire, les deux dernières questions concernaient la localisation précise des douleurs et des paresthésies avec plusieurs schémas illustrant des neuropathies radiculaires, canalaires ou distales symétriques (**Annexe 1**).

### Les syndromes radiculaires

Au total, 38 participants sur 111 (34%) n'avaient pas de symptômes neurologiques au niveau d'un des trajets correspondant à une atteinte radiculaire.

Sur les 66% restants, les localisations étaient à la fois unilatérales et bilatérales. Les atteintes bilatérales symétriques et asymétriques correspondaient respectivement à un effectif de 23 et 19 ultra-traileurs. Les atteintes unilatérales correspondaient à 30 ultra-traileurs, soit 13.3% de l'échantillon. Pour décrire la racine atteinte, nous avons décidé de ne retenir que les trajets unilatéraux. La racine nerveuse L5 était la plus souvent touchée (46.5%), suivie par S1 (40%), L4 (20%) et L3 (6.5%) (**Figure 22**).

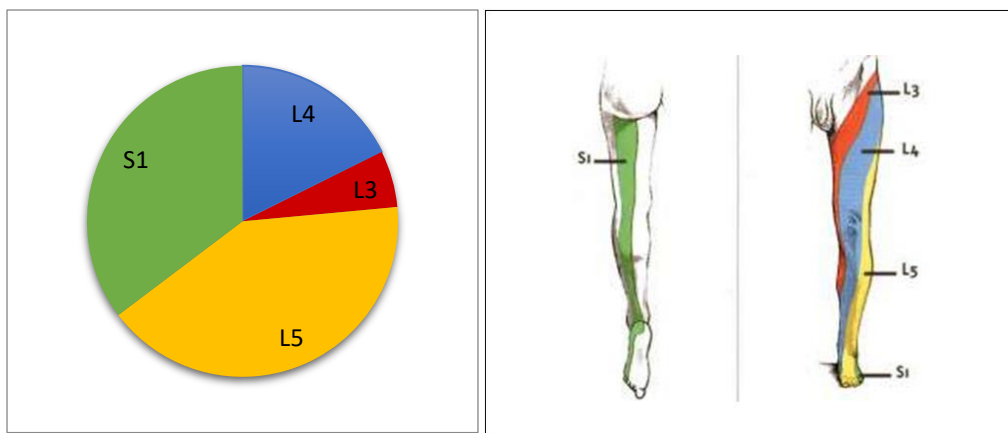


Figure 22 : Répartition des différentes atteintes radiculaires et trajet des différentes sciatalgies (28)

### Les syndromes canalaires

La dernière question comportait neuf schémas illustrant différents syndromes canalaires des membres inférieurs (schéma 3 à 9) ou des localisations aspécifiques (atteinte bilatérale de tous les orteils ou « en chaussette » correspondant aux schémas 1 et 2). En résumé, 78 ultra-traileurs ont sélectionné un ou plusieurs schémas compatibles avec une atteinte canalaire, soit 34.7% de notre échantillon total (70.3% des ultra-traileurs symptomatiques).

Les syndromes canaux étaient du plus au moins fréquent : le névrome de Morton (32%), le syndrome du tunnel tarsien\* et la compression du nerf saphène interne (26.9%), la méralgie paresthésique (21.8%), le syndrome du nerf fibulaire superficiel (20.5%), le syndrome du nerf fibulaire profond (10.3%), le syndrome du nerf sural (6.4%) (**Figure 23**).

La prévalence du **névrome de Morton** dans notre échantillon était donc de 11.1%.

*\*Nous avons volontairement exclus deux participants qui avaient coché le schéma 1 et 9, ainsi que la localisation bilatérale et symétrique, cette atteinte étant plus compatible avec une neuropathie aspécifique.*

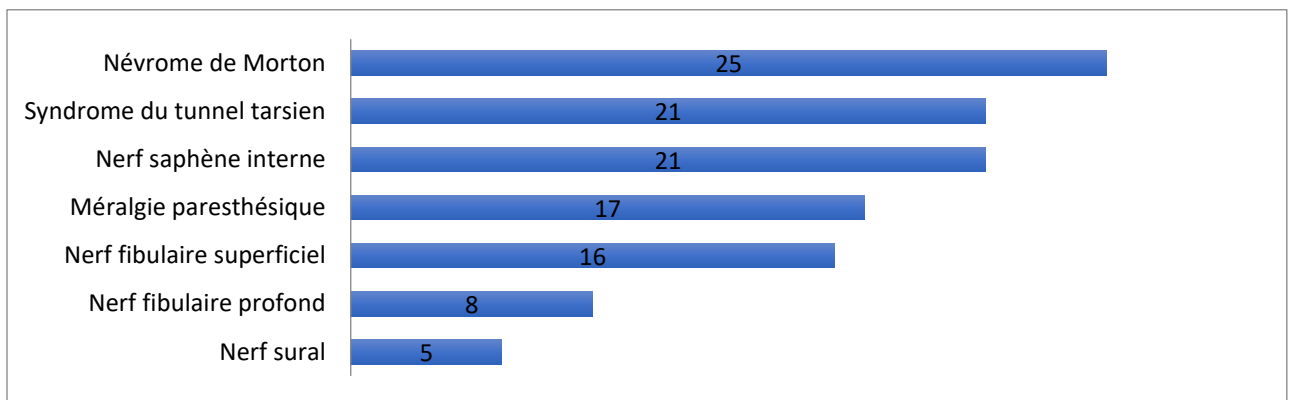


Figure 23 : Répartition des différents syndromes canaux

### Les polyneuropathies distales

Une atteinte distale du pied touchant les cinq orteils était présente chez 25 ultra-traileurs, et des paresthésies ou douleurs « en chaussette » chez 10 ultra-traileurs, soit respectivement 11.1% et 4.4% de notre échantillon total.

Pour définir ces atteintes aspécifiques évoquant des polyneuropathies distales, nous avons regroupé les schémas 1,2 et 9, uniquement associés à une localisation symétrique et bilatérale. Nous avons donc sélectionné 18 ultra-traileurs, ayant coché le schéma 1, le schéma 2 et/ou le schéma 9, avec une localisation des symptômes ressentis bilatérale et symétrique.

**La prévalence des polyneuropathies distales était donc de 8% dans notre population étudiée.**

Dans la moitié des cas, ces douleurs étaient soit continues, soit d'une durée de plusieurs jours ou semaines. 72% survenaient après une augmentation de la distance de course.

Les douleurs étaient principalement à type d'engourdissements ou de fourmillements (respectivement 72.2% et 61.1%).

Huit participants rapportaient des œdèmes au niveau des chevilles. Mais sept sur les huit étaient symptomatiques pendant plusieurs jours ou semaines, écartant l'origine d'insuffisance veineuse de ces troubles.

30% de ces atteintes étaient associées à un déficit sensitif et 15% à un déficit moteur.

## Synthèse des différentes atteintes neurologiques

Tableau 5 : Prévalence des différentes atteintes neurologiques dans la population générale

	Effectif	%
<b>Syndromes radiculaires unilatéraux</b>	<b>30</b>	<b>13.3</b>
<b>Syndromes canauxaires</b>	<b>78</b>	<b>34.7</b>
<i>Névrome de Morton</i>	25	11.1
<i>Syndrome du tunnel tarsien</i>	21	9.3
<i>Syndrome du nerf saphène interne</i>	21	9.3
<i>Méralgie paresthésique</i>	17	7.5
<i>Syndrome du nerf fibulaire superficiel</i>	16	7.1
<i>Syndrome du nerf fibulaire profond</i>	8	3.5
<i>Syndrome du nerf sural</i>	5	2.2
<b>Polyneuropathies distales</b>	<b>18</b>	<b>8</b>

## V. Analyse des critères secondaires

### Résultats significatifs

On notait un **effet significatif entre le sexe et la prévalence des troubles neurologiques** avec une valeur **p = 0.028**. En effet, les femmes semblaient être plus susceptibles d'être symptomatiques que les hommes : 61.9% contre 44.4% (**Figure 24**).

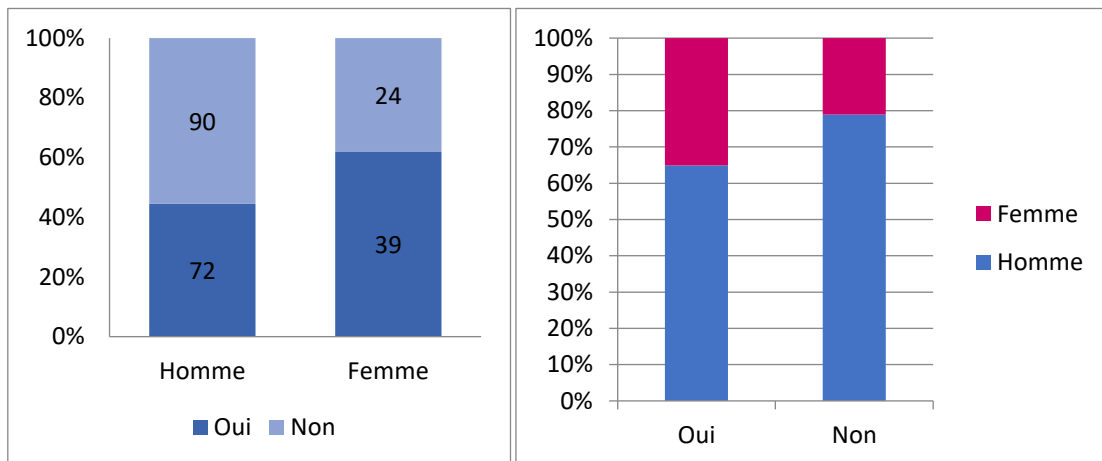


Figure 24 : Prévalence des troubles neurologiques en fonction du sexe

En étudiant uniquement les polyneuropathies distales, on retrouvait également un effet significatif avec une valeur **p = 0.015** : 15.9% des femmes contre 4.9% des hommes (**Figure 25**).

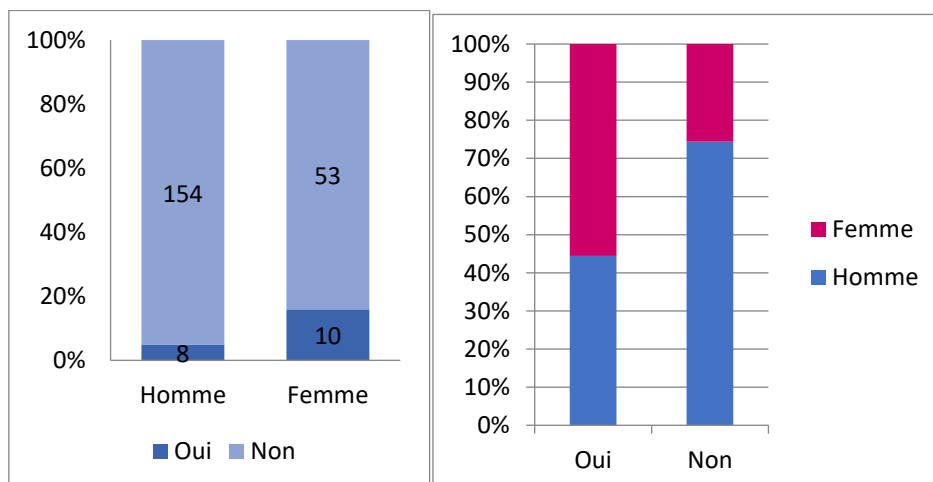


Figure 25 : Prévalence des neuropathies aspécifiques en fonction du sexe



## Résultats non significatifs

Nous avons étudié les autres facteurs (caractéristiques globales du sportif et profil d'entraînement) et leur éventuel effet sur l'apparition de troubles neurologiques.

Il ne semblait pas y avoir d'effet significatif (**Tableau 6**), cependant plusieurs tendances étaient observées : les personnes les plus à risque semblaient être ceux pratiquant depuis moins longtemps, sur des distances parcourues en compétition supérieures à 110 km, s'entraînant de manière moins importante et courant davantage sur route (**Annexe 2**).

Les personnes ayant pratiqué plus de quatre ultra-trails par an étaient toutes symptomatiques mais l'effectif était relativement faible (n=6).

Les personnes consommant des médicaments de manière quotidienne constituait un effectif réduit (21 personnes soit 9.3% de l'échantillon), ne permettant pas de mettre en évidence une éventuelle interaction.

Tableau 6 : Test de comparaison entre la présence de troubles neurologiques et les variables étudiées

Variables comparées	p-value
<b>Caractéristiques globales du sportif</b>	
<b>Sexe</b>	<b>0.028</b>
<b>Âge</b>	0.47
<b>Tabagisme</b>	0.73
<b>Alcool</b>	0.28
<b>Profil d'entraînement du sportif</b>	
<b>Ancienneté de pratique</b>	0.30
<b>Nombre d'ultra-trail par an</b>	0.92
<b>Distance parcourue en compétition</b>	0.28
<b>Nombre d'heures d'entraînement</b>	0.28
<b>Type de terrain d'entraînement</b>	0.45
<b>Type de chaussures</b>	0.42

Nous avons ensuite analysé les facteurs interagissant avec la présence ou non d'un déficit moteur ou sensitif. La perte de force ou de sensibilité associée aux troubles neurologiques était considérée comme un critère de gravité de ces troubles.

Les personnes pratiquant depuis plus longtemps semblaient être plus susceptibles à une faiblesse musculaire ( $p=0.31$ ) (**Annexe 2**). Cependant, le déficit moteur était rarement associé à un déficit sensitif remettant en doute l'origine neurologique.

Les personnes s'entraînant moins souvent avaient tendance à être sujettes à des troubles neurologiques associés à un déficit sensitif ( $p=0.11$ ). (**Annexe 2**)

En s'intéressant uniquement aux polyneuropathies distales, il était constaté qu'aucun participant ne déclarait de pathologie chronique ou de traitement au long cours. Seulement deux coureurs avaient un antécédent d'aponévrosite plantaire, limitant le facteur de confusion entre une atteinte tendineuse et une neuropathie distale.

Il ne semblait également pas exister d'effets significatifs des autres facteurs étudiés (**Tableau 7**). Cependant on observait que la pratique de la course à pied sur route semblait être un facteur de risque non négligeable : 77.7% de l'effectif pratiquaient leur entraînement sur route et sentier contre 22.3% uniquement sur sentier.

Les personnes pratiquant depuis moins longtemps semblaient également plus à risque et la totalité pratiquait moins de trois ultra-trails par an (**Annexe 2**).

Tableau 7 : Test de comparaison entre la présence de polyneuropathies distales et les variables étudiées

Variables comparées	p-value
<b>Caractéristiques globales du sportif</b>	
<b>Sexe</b>	<b>0.015</b>
<b>Âge</b>	0.37
<b>Tabagisme</b>	1
<b>Alcool</b>	1
<b>Profil d'entraînement du sportif</b>	
<b>Ancienneté de pratique</b>	0.65
<b>Nombre d'ultra-trail par an</b>	0.25
<b>Distance parcourue en compétition</b>	0.75
<b>Nombre d'heures d'entraînement</b>	0.75
<b>Type de terrain d'entraînement</b>	<b>0.083</b>
<b>Type de chaussures</b>	0.53

## DISCUSSION

---

### I. Synthèse et interprétation des résultats

#### Population étudiée

La population étudiée était essentiellement masculine, avec 72% d'hommes et 28% de femmes, ce qui est légèrement supérieur aux chiffres retrouvés dans la littérature portant sur l'épidémiologie de l'ultra-trail, même si la proportion de femmes pratiquant le trail ne cesse d'augmenter depuis ces dernières années (10,47,48). L'ITRA a ainsi recensé un taux de participation aux épreuves de trail de 18% en 2013 à 26% en 2019, et un taux multiplié par six pour les courses d'ultra-trail depuis les années 1980 (47). Une étude réalisée en Amérique du Nord sur des courses de 161 km révélait que le taux de participation initialement nul à la fin des années 1970 montait jusqu'à 20% depuis 2004 (48).

La plupart des recherches réalisées sur le sport, et en particulier le trail, ne s'intéressent qu'aux hommes. Pourtant les femmes semblent davantage motivées pour participer aux études et répondre aux questionnaires. Il existe donc probablement un biais de volontariat chez les femmes (47,49).

Les deux tiers de notre échantillon étaient âgés de 30 à 49 ans. L'âge moyen d'un ultra-traileur est compris entre 42.3 et 44.5 ans en fonction des études (10,12). Ceci peut s'expliquer par le fait que l'âge du premier ultra-trail se situe autour de 36 ans (12). L'âge moyen est globalement plus bas chez les femmes, et a tendance à augmenter ces dernières décennies pour les deux sexes (48).

Les participants de notre échantillon étaient majoritairement en bonne santé : plus de 85% ne déclaraient aucune maladie ou traitement chronique. Environ 6% des participants étaient asthmatiques, alors que l'étude ULTRA retrouvait une prévalence de 10.7%. Globalement, les ultra-traileurs ont moins recours aux services de santé que la population générale; et lorsqu'ils consultent un médecin, ce sont pour des blessures liées à la pratique du trail (10).

Plus des deux tiers de nos coureurs avaient déjà présenté une blessure au niveau du membre inférieur, le syndrome de la bandelette ilio-tibiale et les lésions méniscales du genou étant les plus fréquentes. Dans l'étude ULTRA, 77% des participants rapportaient au moins une blessure au cours de l'année précédente, nécessitant un arrêt de l'entraînement pour une durée moyenne de 5 jours (10). Les principales atteintes retrouvées dans les différentes études étaient : le syndrome de la bandelette ilio-tibiale, l'aponévrosite plantaire, la tendinopathie d'Achille et l'entorse de cheville. Le genou était le plus souvent touché (10,21,22).

### Evaluation du critère principal

L'objectif de notre étude était de déterminer la prévalence des troubles neurologiques des membres inférieurs au sein d'une population d'ultra-traileurs à La Réunion. En distribuant un questionnaire visant cette population, nous avons recueilli 240 réponses dont 225 ont pu être exploitées.

Nous avons obtenu une prévalence de troubles neurologiques estimée à 49% sur la totalité de notre échantillon. Ce résultat est identique à celui d'une étude menée sur les trails des Appalaches et de la Côte Pacifique : 48% des 128 participants rapportaient des paresthésies, sans précision sur leur localisation (41). Une étude précédente réalisée sur 280 participants du trail des Appalaches retrouvait 34% de paresthésies, incluant quelques syndromes canaux et deux tiers de localisation atypique (42).

Nous avons ensuite caractérisé ces atteintes neurologiques, en distinguant les syndromes radiculaires unilatéraux, les syndromes canaux rencontrés chez les coureurs, et les atteintes distales symétriques d'allure de polyneuropathies distales. Dans notre échantillon, 13.3% présentaient des sciatalgies unilatérales avec comme principale atteinte les racines nerveuses L5 et S1. Nous avons décidé d'exclure les participants ayant coché une localisation bilatérale afin de ne sélectionner que les « vrais » syndromes radiculaires. Ce pourcentage est donc probablement sous-estimé. Dans une étude prospective recrutant 40 ultra-traileurs, les hernies discales correspondaient à 14% des diagnostics de blessures (21). Il existe peu d'études évaluant l'incidence de sciatalgies et des hernies discales dans une population d'ultra-traileurs.

Les syndromes canaux concernaient 34.7% de notre population d'ultra-traileurs avec par ordre de fréquence : le névrome de Morton, le syndrome du tunnel tarsien, la compression du nerf saphène interne, la meralgie paresthésique, le syndrome du nerf fibulaire superficiel et profond, et le syndrome du nerf sural. Cependant, le questionnaire ayant été rempli sans la présence d'un professionnel de santé et de manière autonome, il est probable que les erreurs de diagnostics aient été fréquentes. Ceci peut expliquer que la majorité des participants aient sélectionné plusieurs localisations correspondant à différents syndromes canaux. L'étude de Boulware citée précédemment retrouvait comme principales atteintes la meralgie paresthésique, le syndrome du tunnel tarsien et des paresthésies des orteils (42). Une étude comparant quatorze coureurs asymptomatiques avec quatorze personnes non actives a mis en évidence une altération de la conduction nerveuse au niveau du nerf plantaire médial et du nerf sural chez les coureurs. Ces nerfs sensitifs sont en effet sujets à de multiples piégeages le long de leur trajet, favorisés par la course à pied. Ceci suggère donc la présence de lésions nerveuses avant même l'apparition de symptômes et la fréquence élevée de neuropathies canaux chez les coureurs (50).

Dans une étude réalisée chez 165 randonneurs de l'Himalaya, 8% rapportaient des dysesthésies bilatérales de l'avant-pied. Dans la majorité des cas, les douleurs duraient entre quatre à huit semaines (45). En sélectionnant les participants rapportant des paresthésies bilatérales au niveau des orteils, de la plante des pieds ou en « chaussettes », nous avons évalué le pourcentage de neuropathies bilatérales distales. Ces localisations d'allure de polyneuropathies distales représentaient 8% de notre échantillon. Dans la moitié des cas, elles duraient plusieurs jours ou semaines. L'étiologie indéterminée de ces neuropathies peut mener à plusieurs hypothèses, notamment les troubles métaboliques et nutritionnels comme possibles causes d'atteinte nerveuse (45). Une autre hypothèse évoquée est l'ischémie neuronale des nerfs interdigitaux par diminution de la perfusion au niveau de l'avant-pied soit par stase veineuse ou par pression mécanique (43). En effet, près de la moitié des neuropathies distales de notre étude étaient associées à des œdèmes des membres inférieurs. L'origine neurologique est plus probable que l'insuffisance veineuse, car la quasi-totalité était symptomatique durant plusieurs jours ou semaines.

## Evaluation des critères secondaires

Dans nos objectifs secondaires, nous voulions déterminer d'éventuels facteurs de risque d'apparition ou d'aggravation de ces troubles neurologiques. L'augmentation de la distance parcourue était le principal facteur déclenchant de ces douleurs neuropathiques, de même que dans l'étude de Boulware (42).

Le principal résultat significatif de notre étude est la différence de prévalence entre les hommes et les femmes. En effet, les femmes semblaient être plus susceptibles aux atteintes neurologiques (61.9% contre 44.4% chez les hommes), et notamment aux polyneuropathies distales (15.9% contre 4.9% chez les hommes). Un possible biais de confusion est que les femmes de notre échantillon pratiquaient depuis moins longtemps et participaient à moins de compétitions que les hommes. Les femmes manquent effectivement d'expérience par rapport aux hommes dans la pratique de l'ultra-endurance (51).

Dans l'étude prospective TRAILS réalisée sur deux ans, les femmes étaient significativement plus à risque de développer des blessures dues à la pratique de la course à pied que les hommes (52). Cependant cette étude s'intéresse à la pratique de la course à pied, et l'absence d'étude évaluant les différents taux de blessures en fonction du sexe chez les ultra-traileurs ne nous permet pas de comparer.

Des différences physiologiques ont été observées entre les hommes et les femmes au cours d'une épreuve d'ultra-endurance. En effet, les femmes ont une capacité de fixation à l'oxygène inférieure à celle des hommes, ainsi qu'une consommation maximale d'oxygène (ou VO<sub>2</sub>max) moins élevée. Ceci peut s'expliquer par le fait que les femmes ont un taux d'hémoglobine plus bas. Cependant, elles utilisent d'avantage les acides gras comme ressource énergétique, tout en épargnant leur taux de glucides, leur conférant un avantage lors d'une course d'ultra-endurance. Elles semblent également moins susceptibles à la fatigue neuromusculaire et aux lésions cellulaires des fibres musculaires. L'œstrogène a probablement un effet protecteur sur les lésions musculaires (47).

Nous pouvons donc supposer que ces différences entre hommes et femmes sont à l'origine de phénomènes physiopathologiques spécifiques expliquant cette disparité de symptomatologie neurologique.

Nous avons également observé que les ultra-traileurs pratiquant depuis moins longtemps et s'entraînant moins souvent avaient tendance à être plus sujets aux troubles neurologiques, et notamment ceux associés à un déficit sensitivomoteur. L'hypothèse est que ces coureurs « novices » gèrent moins bien leur entraînement, leur récupération et leur nutrition, ou sollicitent de manière inhabituelle lors des compétitions. Une étude réalisée sur une cohorte de militaires avait mis en évidence que les paresthésies de l'avant-pied disparaissaient au bout de plusieurs semaines d'entraînement (44).

## II. Critique de l'étude

### Points forts de l'étude

Nous avons obtenu sensiblement les mêmes répartitions (âge, sexe, antécédents médicaux, antécédents de blessures) que celles citées dans des enquêtes épidémiologiques de plus grande ampleur (10,21,22,48). Ceci laisse supposer que notre échantillon était représentatif de la population générale d'ultra-traileurs.

Concernant le critère principal, nos résultats étaient similaires à ceux rencontrés dans la littérature (41–45). La validité externe de notre étude était par conséquent élevée.

Le nombre d'études sur les atteintes neurologiques en ultra-trail est relativement faible. Ce thème peu abordé rend ce travail de recherche d'autant plus original, ouvrant plusieurs perspectives sur le sujet. De plus, les différences entre les hommes et femmes dans la pratique de l'ultra-trail sont peu étudiées (47).

### Limites de l'étude

Il s'agissait d'une étude observationnelle transversale, qui correspond à un faible niveau de preuve scientifique.

L'effectif de notre échantillon était relativement faible, ne permettant pas de mettre en évidence beaucoup de résultats significatifs. Ce recueil de données peu suffisant était probablement dû à la complexité du sujet. En effet les termes « troubles neurologiques » ou « atteintes neurologiques » sont des termes médicaux pouvant paraître peu explicites pour la population générale.

Il existait probablement un biais de sélection : les personnes symptomatiques ont tendance à répondre davantage au questionnaire, augmentant l'estimation de la prévalence des atteintes neurologiques.

Le biais le plus important de notre étude était sûrement le biais de déclaration, qui est inhérent lors de l'utilisation d'un support auto-déclaratif. Par exemple, le fait que les participants aient coché plusieurs schémas reflètent la mauvaise compréhension des deux dernières questions et les erreurs d'autodiagnostic. Nous avons voulu diffuser le questionnaire via les boîtes mails et les réseaux sociaux afin d'obtenir un maximum de réponses, mais le recueil des informations en présentiel aurait été plus pertinent.

### III. Hypothèses et perspectives

Notre étude a donc permis de mettre en évidence un taux non négligeable de troubles neurologiques des membres inférieurs chez les ultra-traileurs, et notamment de troubles s'apparentant à des polyneuropathies distales. Les femmes sont probablement plus à risque que les hommes de développer ces troubles.

Les polyneuropathies distales observées lors de la pratique de l'ultra-trail auraient une physiopathologie bien spécifique. L'hypothèse de l'origine nutritionnelle a été évoquée dans l'étude portant sur des randonneurs de l'Himalaya (45). Lors d'une course d'ultra-trail, le coureur est en effet sujet à des carences énergétiques importantes, que ce soit par des apports insuffisants ou en raison de troubles digestifs. Pour une course d'environ 100 km, l'apport énergétique est constitué à 88.6% par les glucides, 6.7% par les lipides et 4.7% par les protéines. L'apport lipidique a tendance à augmenter avec l'augmentation de la distance de course. Une diminution significative des taux de cholestérol et de LDL-cholestérol est également observée (12).

La physiologie complexe, notamment due au cycle menstruel et à la composition corporelle, implique des besoins nutritionnels spécifiques chez la femme. L'apport calorique conseillé chez les athlètes féminines doit être constitué d'au moins 20% d'acides gras, et davantage durant la phase lutéale pour compenser le catabolisme



lipidique. Il a été démontré qu'une diminution de cet apport était corrélée à une augmentation du taux de blessures chez les coureuses (53,54).

Une étude récente a mis en évidence une diminution globale de la myéline au sein du système nerveux central après une épreuve de marathon. Les lipides de la gaine de myéline peuvent en effet être utilisés comme substrat énergétique en cas de manque de glucose. La gaine de myéline se régénère spontanément au bout de deux semaines (46).

On suppose donc que les carences énergétiques induit après une course d'ultra-trail auraient pour conséquence une utilisation des lipides de la myéline du système nerveux, notamment périphérique, qui serait à l'origine de lésions nerveuses responsables de polyneuropathies distales. De plus, les femmes utilisant d'avantage l'oxydation des acides gras comme substrat énergétique, on peut supposer qu'elles sont plus sujettes à ces neuropathies.

L'autre hypothèse est l'inflammation intense engendrée après un ultra-trail. En effet, des taux anormalement élevé de CRP ont été observés. On peut donc suggérer que cette inflammation globale a un effet néfaste sur les nerfs périphériques (12).

Une étude comparant deux groupes avec des caractéristiques identiques – un constitué uniquement d'hommes et un autre uniquement de femmes – permettrait d'éviter les éventuels biais de confusion. Un lien significatif entre le sexe et la présence de troubles neurologiques pourrait ainsi être démontré.

Une enquête sur les apports nutritionnels avant et pendant une course d'ultra-trail corrélée à la présence ou non de symptômes neurologiques serait également intéressante.

Enfin une étude interventionnelle avec comparaison de différents EMG d'ultra-traileurs symptomatiques permettrait de mettre en évidence ces polyneuropathies distales.

## CONCLUSION

---

Les ultra-traileurs sont donc des sportifs hors normes sujets à des pathologies bien spécifiques, notamment les troubles neurologiques incluant les neuropathies canalaies et autres polyneuropathies distales. Il est important pour les médecins généralistes de savoir bien les identifier afin de mieux les prévenir, ces derniers étant souvent sollicités en premier recours pour des pathologies liées à la pratique de l'ultra-trail.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

1. Définition [Internet]. Disponible sur:  
<https://www.sportsdenature.gouv.fr/trail/reglementation/definition>
2. Textes documents officiels | Fédération Française d'Athlétisme [Internet].  
Disponible sur: <https://www.athle.fr/asp.net/main.html/html.aspx?htmlid=24>
3. ITRA Découvrir le Trail [Internet]. Disponible sur:  
<https://itra.run/About/DiscoverTrailRunning>
4. Trail Running [Internet]. Disponible sur: <https://worldathletics.org/disciplines/trail-running/trail-running>
5. Péi T. Spécificités du trail à La Réunion [Internet]. Trail Péi. 2023. Disponible sur:  
<https://www2.trailpei.run/les-specificites-du-trail-a-la-reunion/>
6. Diagonale des Fous - Trail de Bourbon - Mascareignes - Zembrocal Trail [Internet].  
2022 Les 4 courses. Disponible sur: <https://www.grandraid-reunion.com/francais/les-4-courses/>
7. Île de la Réunion Tourisme [Internet]. Le Grand Raid 2023. Disponible sur:  
<https://www.reunion.fr/organisez/actualites-de-l-ile/les-evenements-sportifs/le-grand-raid-de-la-reunion-une-course-mythique/le-grand-raid-2023/>
8. Collineau D, Brenot M. The no-contraindication visit for the practice of trail running in general medicine : development, by Delphi technique, of a consultation guide and a patient information sheet. 27 mai 2021;96.
9. État de santé des traileurs et rôle du médecin généraliste dans leur suivi médical. Étude épidémiologique sur 1014 traileurs français - DUMAS - Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance [Internet]. Disponible sur:  
<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01915186>
10. Hoffman MD, Krishnan E. Health and Exercise-Related Medical Issues among 1,212 Ultramarathon Runners: Baseline Findings from the Ultrarunners Longitudinal TRACKing (ULTRA) Study. PLoS ONE. 8 janv 2014;9(1):e83867.
11. Plard M, Martineau A. Le trail-running à l'épreuve des sciences, une revue de littérature interdisciplinaire. Panorama des sciences humaines, sociales et médicales [Internet]. 2021. Disponible sur: <https://hal.science/hal-03196251>
12. Knechtle B, Nikolaidis PT. Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running. Front Physiol. 1 juin 2018;9:634.
13. Olivier ML. General practitioner and trail-running: comparative study of practices in Reunion Island. 19 sept 2018;106.

14. Viljoen CT, Janse van Rensburg DC, Verhagen E, van Mechelen W, Tomás R, Schoeman M, et al. Epidemiology of Injury and Illness Among Trail Runners: A Systematic Review. *Sports Med.* 1 mai 2021;51(5):917-43.
15. Krabak BJ, Waite B, Lipman G. Evaluation and treatment of injury and illness in the ultramarathon athlete. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* nov 2014;25(4):845-63.
16. Krabak BJ, Waite B, Lipman G. Injury and illnesses prevention for ultramarathoners. *Curr Sports Med Rep.* 2013;12(3):183-9.
17. Club des Cardiologues du Sport [Internet]. La rhabdomyolyse d'effort du sportif. Disponible sur:  
<https://www.clubcardiosport.com/documentation/autre/rhabdomyolyse-effort-du-sportif>
18. Pasquier A. Determination of the prevalence of urinary incontinence in the female athletes practicing the trail running during the Grand Raid competition in the réunion island, in october 2013. 9 nov 2017;92.
19. Costes F. Bronchospasme induit par l'exercice diagnostic et prise en charge. Disponible sur : <https://www.clubcardiosport.com/documentation/respiration-poumons/bronchospasme-induit-exercice-diagnostic-prise-charge>
20. Scheer V, Murray A. Ultramarathon Running Injuries | SpringerLink [Internet]. Disponible sur : [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-36801-1\\_216-7](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-36801-1_216-7)
21. Malliaropoulos N, Mertyri D, Tsaklis PhD P. Prevalence of Injury in Ultra Trail Running. *Hum Mov.* 1 juin 2015;16:52-9.
22. Vernillo G, Savoldelli A, La Torre A, Skafidas S, Bortolan L, Schena F. Injury and Illness Rates During Ultratrail Running. *Int J Sports Med.* juin 2016;37(7):565-9.
23. Mohile N, Perez J, Rizzo M, Emerson CP, Foremny G, Allegra P, et al. Chronic Lower Leg Pain in Athletes: Overview of Presentation and Management. *HSS J* ®. févr 2020;16(1):86-100.
24. Edwards PH, Wright ML, Hartman JF. A Practical Approach for the Differential Diagnosis of Chronic Leg Pain in the Athlete. *Am J Sports Med.* août 2005;33(8):1241-9.
25. Lecocq J, Isner-Horobeti ME, Dupeyron A, Helmlinger JL, Vautravers P. Le syndrome de loge d'effort. *Ann Réadapt Médecine Phys.* août 2004;47(6):334-45.
26. Histologie. l'essentiel - Fawcett D.W. J R. - Maloine - Grand format - Maison du Livre RODEZ [Internet]. Disponible sur:  
<https://www.maisondulivre.com/livre/9782224026745-histologie-l-essentiel-fawcett-d-w-j-r/>
27. La SIMS - congrès de Juin : Le nerf périphérique [Internet]. Disponible sur:  
<https://www.sims-asso.org/congres-thematique-juin-contenu.php?numero=2>

28. Hernie Discale. La hernie discale : informations, traitements, opérations.  
Disponible sur: <https://www.la-hernie-discale.fr>
29. Le Goff P, Guillodo Y, Saraux A. La pathologie discale et la pratique sportive. *Sci Sports*. 1 janv 1999;14(1):10-4.
30. Fredette MA, Roy JS, Esculier JFO, Perreault K. Most Military Runners Report Recent Changes in Running Parameters Before Lower Limb Injury Onset. *Mil Med*. 2 nov 2021;186(11-12):e1140-8.
31. Guyomarc'h F, Labanere C. Syndrome du muscle piriformis : un diagnostic différentiel de sciatalgie chez le sportif ? : À propos de 3 cas et revue de la littérature. *J Traumatol Sport*. 1 sept 2004;21(3):133-45.
32. Puranen J, Orava S. The hamstring syndrome: A new diagnosis of gluteal sciatic pain. *Am J Sports Med*. sept 1988;16(5):517-21.
33. Radić B, Radić P, Duraković D. Peripheral nerve injury in sports. *Acta Clin Croat*. sept 2018;57(3):561-9.
34. Flanigan RM, DiGiovanni BF. Peripheral Nerve Entrapments of the Lower Leg, Ankle, and Foot. *Foot Ankle Clin*. juin 2011;16(2):255-74.
35. Sports-Related Peripheral Nerve Injuries [Internet]. [cité 17 sept 2023]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/publication/333144833\\_Sports-Related\\_Peripheral\\_Nerve\\_Injuries](https://www.researchgate.net/publication/333144833_Sports-Related_Peripheral_Nerve_Injuries)
36. Peck E, Finnoff JT, Smith J. Neuropathies in runners. *Clin Sports Med*. juill 2010;29(3):437-57.
37. McKean KA. Neurologic running injuries. *Neurol Clin*. févr 2008;26(1):281-96; xii.
38. Ferkel E, Davis WH, Ellington JK. Entrapment Neuropathies of the Foot and Ankle. *Clin Sports Med*. oct 2015;34(4):791-801.
39. Settergren R. Conservative management of a saphenous nerve entrapment in a female ultra-marathon runner. *J Bodyw Mov Ther*. juill 2013;17(3):297-301.
40. Massey EW, Pleet AB. Neuropathy in joggers. *Am J Sports Med*. juill 1978;6(4):209-11.
41. Anderson LS, Rebholz CM, White LF, Mitchell P, Curcio EP, Feldman JA, et al. The Impact of Footwear and Packweight on Injury and Illness Among Long-Distance Hikers. *Wilderness Environ Med*. sept 2009;20(3):250-6.
42. Boulware DR. Backpacking-Induced Paresthesias. *Wilderness Environ Med*. sept 2003;14(3):161-6.
43. Vereschagin KS, Firtch WL, Caputo LJ, Hoffman MA. Transient Paresthesia in Stair-Climbers' Feet. *Phys Sportsmed*. févr 1993;21(2):63-9.

44. Stein M, Shlamkovitch N, Finestone A, Milgrom C. Marcher's digitalgia paresthetica among recruits. *Foot Ankle*. juin 1989;9(6):312-3.
45. Ricart de Mesones A, Turón Sans J, Misiego M, Onaga Pueyo H, Real Soriano R, Botella de Maglia J. Neuropathic pain and dysesthesia of the feet after Himalayan expeditions. *High Alt Med Biol*. 2002;3(4):395-9.
46. Ramos-Cabrer P, Cabrera-Zubizarreta A, Padró D, Matute-González M, Rodríguez-Antigüedad A, Matute C. Widespread drastic reduction of brain myelin content upon prolonged endurance exercise [Internet]. *bioRxiv*; 2023. p. 2023.10.10.561303. Disponible sur: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.10.10.561303v1>
47. Besson T, Macchi R, Rossi J, Morio CYM, Kunimasa Y, Nicol C, et al. Sex Differences in Endurance Running. *Sports Med*. juin 2022;52(6):1235-57.
48. Hoffman MD, Ong JC, Wang G. Historical Analysis of Participation in 161 km Ultramarathons in North America. *Int J Hist Sport*. août 2010;27(11):1877-91.
49. Nuzzo J. Volunteer Bias and Female Participation in Exercise and Sports Science Research. *Quest*. 2 janv 2021;73(1):82-101.
50. Colak T, Bamaç B, Gönener A, Ozbek A, Budak F. Comparison of nerve conduction velocities of lower extremities between runners and controls. *J Sci Med Sport*. déc 2005;8(4):403-10.
51. Peter L, Rüst CA, Knechtle B, Rosemann T, Lepers R. Sex differences in 24-hour ultra-marathon performance - A retrospective data analysis from 1977 to 2012. *Clinics*. janv 2014;69(1):38-46.
52. Messier SP, Martin DF, Mihalko SL, Ip E, DeVita P, Cannon DW, et al. A 2-Year Prospective Cohort Study of Overuse Running Injuries: The Runners and Injury Longitudinal Study (TRAILS). *Am J Sports Med*. juill 2018;46(9):2211-21.
53. Holtzman B, Ackerman KE. Recommendations and Nutritional Considerations for Female Athletes: Health and Performance. *Sports Med*. 1 sept 2021;51(1):43-57.
54. Wohlgemuth KJ, Arieta LR, Brewer GJ, Hoselton AL, Gould LM, Smith-Ryan AE. Sex differences and considerations for female specific nutritional strategies: a narrative review. *J Int Soc Sports Nutr*. 1 avr 2021;18(1):27.

## ANNEXES

---

### Annexe 1 : Questionnaire GoogleForm®

1. Vous êtes :
  - Un homme
  - Une femme
  
2. Votre âge :
  - < 30 ans
  - 30-39 ans
  - 40-49 ans
  - 50-60 ans
  - > 60 ans
  
3. Avez-vous des maladies chroniques ?
  - Non aucune
  - Diabète
  - Hypertension artérielle
  - Epilepsie
  - Asthme ou maladie respiratoire chronique
  - Cancer
  - Maladies cardiovasculaires (AVC, infarctus, insuffisance cardiaque, cardiopathie)
  - Maladies thromboemboliques veineuses (embolie pulmonaire, phlébite)
  - Maladies infectieuses (dont VIH, hépatites)
  - Maladies du système nerveux (sclérose en plaques...)
  - Maladies endocriniennes (hyper ou hypothyroïdie...)
  - Maladies auto-immunes (lupus, polyarthrite, Behçet...)
  - Autres
  
4. Prenez-vous des médicaments quotidiennement ?
  - Non aucun
  - Antidiabétiques (insuline, antidiabétiques oraux)
  - Antihypertenseurs
  - Statines
  - Antidouleurs (paracétamol, codéine, tramadol, morphine)
  - Anti-inflammatoires (ibuprofène, kétoprofène...)
  - Corticothérapie
  - Anti-épileptiques
  - Anticoagulants ou antiagrégants (plavix, aspirine)
  - Antiviraux
  - Chimiothérapie ou immunothérapie
  - Autres

5. Avez-vous des antécédents de traumatismes ou d'affection ostéo-articulaires des membres inférieurs ayant empêché les entraînements sportifs plus de trois semaines ?
- Non aucun
  - Fractures des membres inférieurs
  - Syndrome de l'essuie-glace
  - Syndrome rotulien
  - Tendinopathies d'Achille
  - Aponévrosite plantaire
  - Lésions méniscales ou ligamentaires
  - Arthrose des membres inférieurs
  - Atteintes rhumatismales des membres inférieurs
  - Syndrome des loges
  - Autres
6. Concernant votre consommation d'alcool :
- Je ne bois jamais d'alcool
  - Je bois de l'alcool occasionnellement (environ un verre par semaine)
  - Je bois de l'alcool de manière régulière (un à deux verres par jour)
  - Je bois de l'alcool de manière festive (plusieurs verres le weekend par exemple)
7. Fumez-vous ?
- Oui
  - Non
8. Depuis combien de temps pratiquez-vous l'ultra-trail ?
- Moins de 1 an
  - Entre 1 à 5 ans
  - Plus de 5 ans
9. A combien de compétition d'ultra-trail de plus de 80 km participez-vous par an ?
- Moins de 1 ultra-trail par an
  - Entre 1 à 3 ultra-trails par an
  - Entre 4 à 6 ultra-trails par an
  - Plus de 6 ultra-trails par an
10. En moyenne, quelle distance parcourez-vous le plus souvent en compétition ?
- Entre 80 et 110 km
  - Entre 110 et 160 km
  - Plus de 160 km
11. Quelle est la fréquence de vos entraînements de course à pied/trail par semaine ?
- Au moins 1 entraînement par semaine
  - 2 à 3 entraînements par semaine
  - Plus de 3 entraînements par semaine



12. Estimez le nombre d'heures d'entraînement de course à pied/trail par semaine :
- Moins de 3 heures
  - De 3 à 6 heures
  - De 7 à 10 heures
  - Plus de 10 heures
13. Dans vos entraînements, quel(s) terrain(s) pratiquez-vous au moins une fois par semaine ?
- Piste
  - Route avec dénivelé
  - Route sur terrain plat
  - Sentier avec dénivelé
  - Sentier sur terrain plat
14. Quel type de chaussures utilisez-vous ?
- Classique
  - Minimaliste
  - Maximaliste
15. Pendant ou après un entraînement ou une compétition de Trail, avez-vous déjà ressenti des douleurs ou sensations neurologiques au niveau des membres inférieurs (brûlures, fourmillements, engourdissements etc...) ?
- Oui
  - Si non, les questions ne vous concernent pas, vous pouvez envoyer le questionnaire
16. Si oui, de quel type étaient ces douleurs ou sensations ?
- Brûlures
  - Décharges électriques
  - Sensation d'étau ou de serrement
  - Fourmillements
  - Engourdissements
  - Sensations désagréables ou douloureuses déclenchées au contact
  - Sensations de ruissellement
17. Etaient-elles associées à une diminution ou une perte de sensibilité ?
- Oui
  - Non
  - Ne sait pas
18. Etaient-elles associées à une perte de force ?
- Oui
  - Non
  - Ne sait pas

19. Etaient-elles associées à un gonflement des chevilles ou pieds ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas

20. Concernant la fréquence et la durée :

- Elles sont continues
- Elles récidivent à chaque entraînement ou compétition
- Elles disparaissent quelques heures après l'effort
- Elles durent plusieurs jours ou semaines

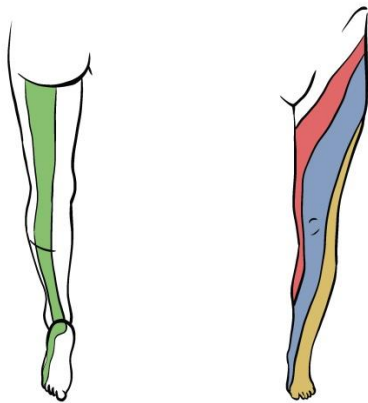
21. Y a-t-il eu un facteur déclenchant ou aggravant ?

- Aucun facteur identifié
- Après une augmentation de charge (poids du sac)
- Après une modification de chaussage
- Après une augmentation d'intensité de l'effort
- Après une augmentation de distance de course
- Après une augmentation de la fréquence des entraînements
- Autre

22. Concernant la localisation :

- Elles sont unilatérales (toujours le même côté)
- Elles sont bilatérales et asymétriques (des deux côtés mais pas au même endroit)
- Elles sont bilatérales et symétriques (des deux côtés et au même endroit)

23. Dans le schéma ci-dessous, y a-t-il une ou plusieurs couleurs qui correspondent au trajet de la douleur ?



- Territoire rouge
- Territoire bleu
- Territoire jaune
- Territoire vert
- Aucun

24. Et enfin parmi les schémas suivants, un ou plusieurs correspondent-ils à la localisation des symptômes ?

Schéma 1



Schéma 2



Schéma 3



Schéma 4

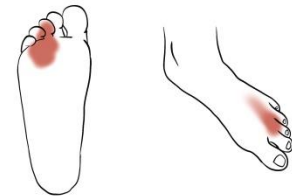


Schéma 5



Schéma 6



Schéma 7



Schéma 8

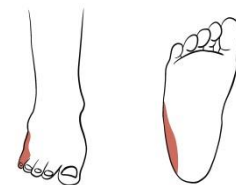
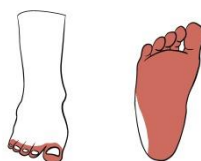


Schéma 9



Aucun

## Annexe 2 : Résultats non significatifs

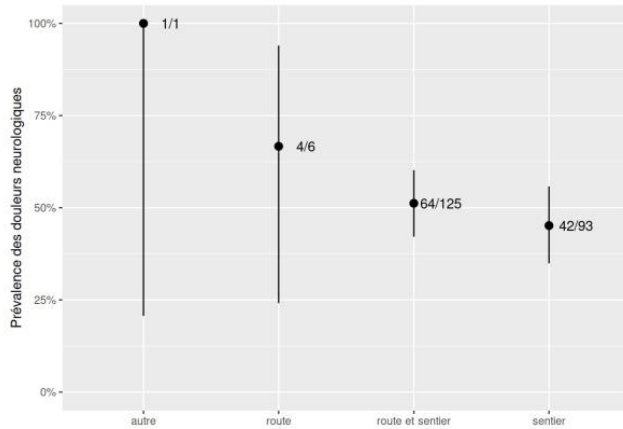


Figure 26 : Prévalence des troubles neurologiques en fonction du terrain d'entraînement

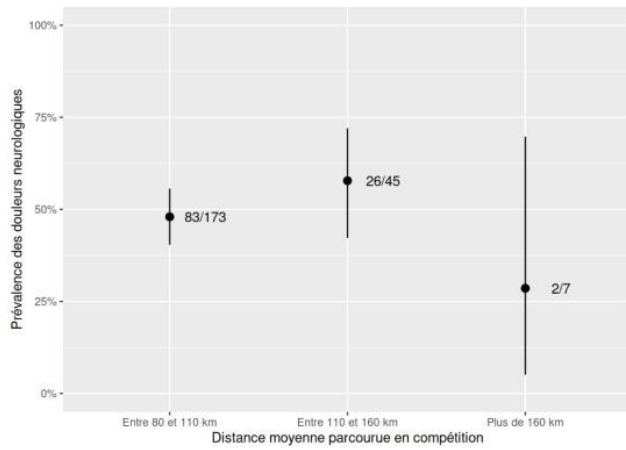


Figure 27 : Prévalence des troubles neurologiques en fonction de la distance parcourue en compétition

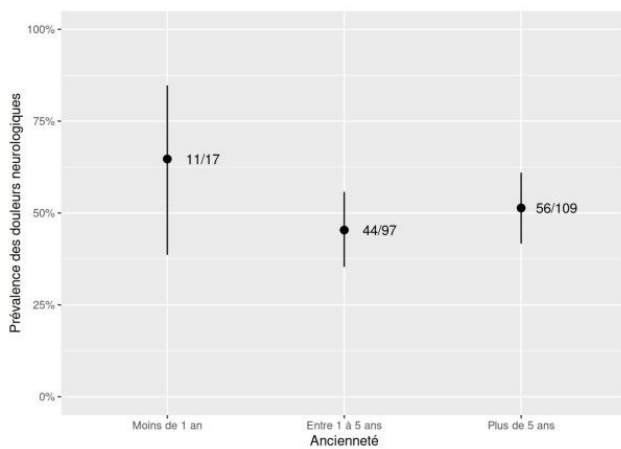


Figure 28 : Prévalence des troubles neurologiques en fonction de l'ancienneté

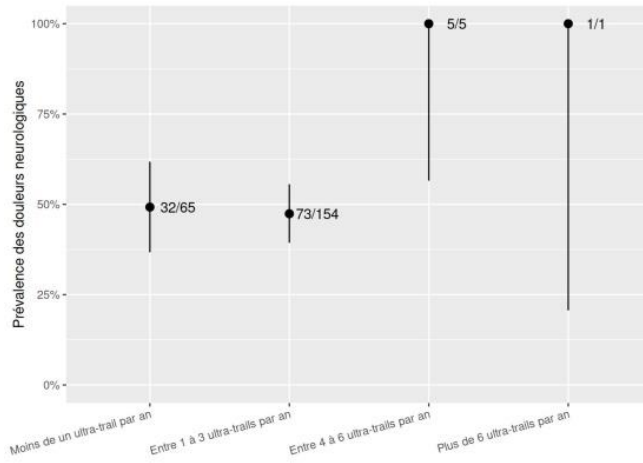


Figure 29 : Prévalence des troubles neurologiques en fonction du nombre de compétitions par an

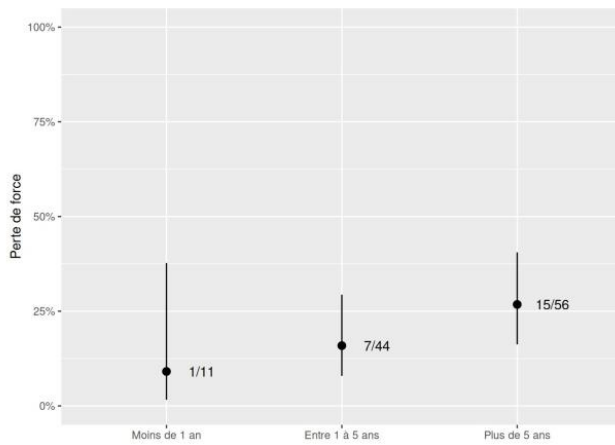


Figure 30 : Pourcentage de déficit moteur en fonction de l'ancienneté

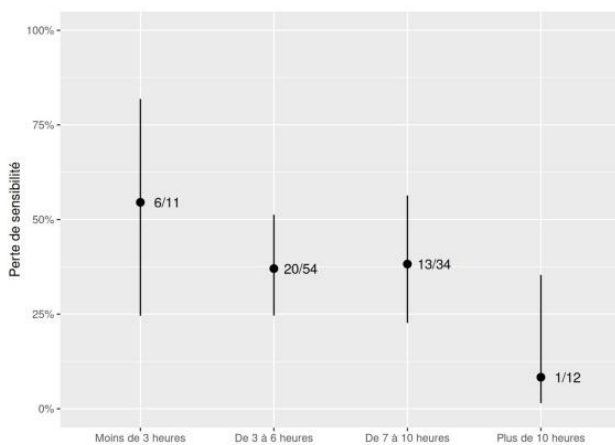


Figure 31 : Pourcentage de déficit sensitif en fonction du nombre d'heures d'entraînement par semaine

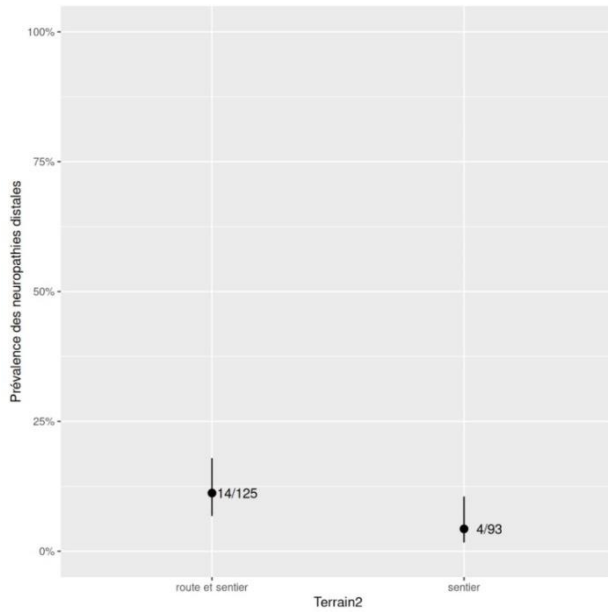


Figure 32 : Prévalence des polyneuropathies distales en fonction du terrain d'entraînement

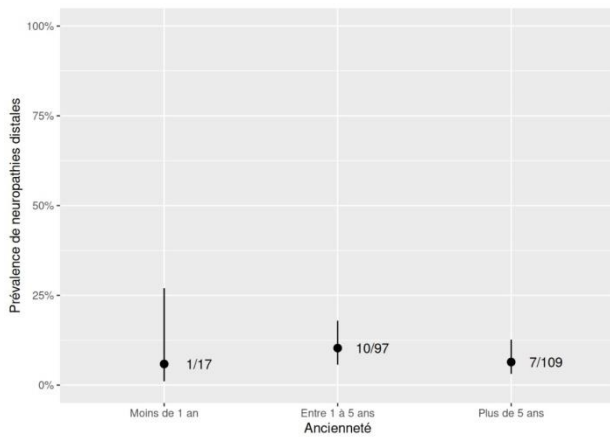


Figure 33 : Prévalence des polyneuropathies distales en fonction de l'ancienneté

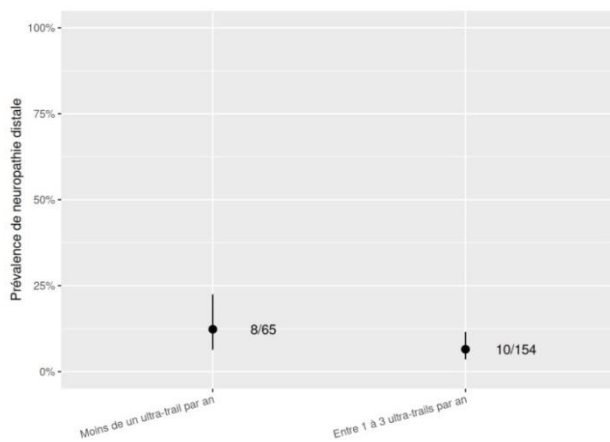


Figure 34 : Prévalence des polyneuropathies distales en fonction du nombre de compétitions par an

## SERMENT D'HIPPOCRATE

*Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.*

*Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.*

*J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.*

*J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.*

*Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au-dessus de mon travail.*

*Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.*

*Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort.*

*Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.*

**Prévalence des troubles neurologiques des membres inférieurs  
 chez les ultra-traileurs de La Réunion**

**Introduction :** Activité en pleine essor ces dernières décennies, l’ultra-trail est une pratique sportive aux conditions extrêmes responsables de modifications physiologiques importantes. Les différents systèmes de l’organisme en sont impactés, dont le système nerveux périphérique. Les atteintes neurologiques sont à ce jour peu référencées dans la littérature et leur prévalence est probablement sous-estimée.

**Méthode :** Etude épidémiologique transversale descriptive via un questionnaire auto-déclaratif avec réponses à choix multiple ou unique. Le questionnaire créé sur la plateforme Google Forms a été transmis par mail aux principaux clubs de trail de La Réunion, puis diffusé sur internet durant la période de février à avril 2023. Une analyse descriptive et bivariée a été utilisée pour décrire les facteurs de risque de développer des troubles neurologiques.

**Résultats :** 240 participants ont répondu au questionnaires et 225 ont été inclus. La prévalence observée de troubles neurologiques des membres inférieurs était de 49% (n=111). Les femmes semblaient plus à risque de développer des troubles neurologiques (p=0.028). Les syndromes canaux représentèrent 34.7% (n=78) et les symptômes d’allure de polyneuropathie distale 4.4% (n=18) de notre échantillon. Les femmes semblaient également plus à risque de développer des polyneuropathies distales (p=0.015). 49.5% des participants symptomatiques déclaraient l’augmentation de la distance de course comme principal facteur déclenchant des troubles neurologiques.

**Conclusion :** La prévalence des atteintes neurologiques dans une population d’ultra-traileurs apparaît non négligeable et les femmes semblent davantage concernées, notamment pour les polyneuropathies distales. L’origine nutritionnelle ou inflammatoire est une hypothèse qui reste à explorer.

**Discipline :** Médecine générale

**Mots-Clés :** Ultra-trail, syndrome canalaire, polyneuropathie, médecine du sport, enquête épidémiologique

**Prevalence of lower limbs’ neurological disorders in ultra-trailers on Reunion Island**

**Background :** Ultra-trailing is a booming activity in recent decades, it is a sport involving extreme conditions that are responsible for significant physiological changes. All the body’s systems are affected, including the peripheral nervous system. To date, there are few references about neurological disorders on record, and their prevalence is probably underestimated.

**Method :** Cross-sectional descriptive epidemiological study using a self-declared questionnaire with multiple-choice or single-choice answers. The questionnaire, created on the Google Forms platform, was sent by e-mail to the main trail clubs in Reunion Island, and then published on the internet during the period February to April 2023. A descriptive, bivariate analysis was used to describe the risk factors for developing neurological disorders.

**Results :** 240 participants answered to the questionnaire and 225 were included. The observed prevalence of neurological disorders of the lower limbs was 49% (n=111). Women appeared to be at greater risk of developing neurological disorders (p=0.028). Entrapment neuropathies accounted for 34.7% (n=78) and distal polyneuropathy-like symptoms for 4.4% (n=18) of our sample. Women also appeared to be at greater risk of developing distal polyneuropathy (p=0.015). 49.5% of symptomatic participants reported increased running distance as the main factor triggering neurological disorders.

**Conclusion :** The prevalence of neurological damage in a population of ultra-trailers appears to be non-negligible, and women seem to be more affected, particularly in the case of distal polyneuropathy. A nutritional or inflammatory origin remains to be explored.

**Discipline :** General practice

**Keywords :** Ultra-marathon, entrapment neuropathy, polyneuropathy, sports medicine, epidemiological study