



HAL
open science

Place de la chaussure minimaliste dans la prévention des blessures liées à la course à pied : une revue de la littérature

Morgane Laudren

► To cite this version:

Morgane Laudren. Place de la chaussure minimaliste dans la prévention des blessures liées à la course à pied : une revue de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03019961

HAL Id: dumas-03019961

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03019961>

Submitted on 23 Nov 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie

22, Avenue Camille Desmoulins

29238 Brest CEDEX 3

**Place de la chaussure minimaliste
dans la prévention des blessures liées
à la course à pied : une revue de la
littérature.**

LAUDREN Morgane

En vue de l'obtention du diplôme de masseur-kinésithérapeute

Promotion 2016 – 2020

Session « Juin 2020

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes qui m'ont accompagné dans l'élaboration de ce mémoire :

- Vincent Creac'h mon directeur de mémoire ;
- Manon et Philippe Laudren pour leur aide dans la rédaction ;
- Lisa Nguyen pour ses précieux conseils sur la méthodologie ;
- Ma famille et mes proches pour leur soutien.

SOMMAIRE

LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	
I. INTRODUCTION.....	1
I.1 Situation d’ancrage	1
I.2 Questionnement	2
II. CADRE CONCEPTUEL	3
II.1 Les chaussures de course	3
II.2 La biomécanique de la course à pied.....	6
II.3 Les blessures.....	12
II.4 Prévention des blessures.....	15
III. PROBLÉMATIQUE	18
IV. MÉTHODOLOGIE	19
IV.1 Type d’études sélectionnées.....	19
IV.2 Type de populations inclus.....	20
IV.3 Type d’interventions inclus.....	20
IV.4 Stratégie de recherche.....	20
IV.5 Sélection des articles	22
IV.6 Extraction des données.....	23
IV.7 Évaluation de la qualité des articles	24
V. RÉSULTATS	25
V.1 Résultats de la recherche d’articles	25
V.2 Résultats de l’évaluation de la qualité	27
V.3 Description des articles retenus	29
V.4 Résultats des articles.....	35

VI. ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION	44
VI.1 Principaux résultats de la revue systématique	44
VI.2 Principaux résultats des articles sélectionnés	45
VI.3 Biais et limites de la revue	52
VII. CONCLUSION ET OUVERTURE.....	54
BIBLIOGRAPHIE	56
SOMMAIRES DES FIGURES	
SOMMAIRE DES TABLEAUX.....	
SOMMAIRE DES ANNEXES	I

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CAP	Course À Pied
CM	Chaussure Minimaliste
CONSORT	CONsolidated Standards Of Reporting Trials
CSM	Chaussure Semi-Minimaliste
CUM	Chaussure Ultra-Minimaliste
CT	Chaussure Traditionnelle
ECR	Essai Contrôlé Randomisé
EVA	Échelle Visuelle Analogique
HAS	Haute Autorité de Santé
HR	Hazard Ratio
IMC	Indice de Masse Corporelle
MK	Masseur-Kinésithérapeute
PEDro	Physiotherapy Evidence Database
PRISMA	Preferred Reporting Items of Systematic reviews and Meta-Analyses
RR	Risque Relatif
STROBE	STrengthening the Reporting of OBServational studies in Epidemiology

I. INTRODUCTION

I.1 Situation d'ancrage

L'activité physique est aujourd'hui une des priorités de santé publique. Les bénéfices que sa pratique régulière procure ne sont plus à démontrer, tant physiquement que mentalement. Ils incluent une réduction de l'incidence de l'obésité, du diabète, du cancer et de nombreuses autres pathologies chroniques (1–5). L'OMS recommande la pratique de 150 minutes d'activité modérée ou 75 minutes d'activité intense hebdomadaires d'endurance chez l'adulte (6). Parmi ces activités, la course à pied (CAP) est aujourd'hui l'un des sports les plus pratiqués au monde, de par son accessibilité. D'après une étude menée par la Fédération Française d'Athlétisme en 2016, 5,9 millions de français pratiquaient la course à pied (7). En santé publique, la course à pied représenterait même un « médicament » rentable, améliorant la santé et augmentant la longévité (8).

Néanmoins, il convient également de reconnaître les potentiels risques de la course à pied en termes de blessures. Avec ses millions de participants dans le monde, la course est une source majeure de pathologies musculo-squelettiques. Elle est associée à un risque plus élevé de blessures de surutilisation que les autres formes d'activité physique aérobie comme la marche, la natation ou le cyclisme (9). Les blessures liées à la CAP peuvent mener à une diminution voire à un arrêt de l'entraînement (30 à 90% des cas), une consultation ou à la prise de traitement médical (20 à 70% des coureurs blessés), ou encore à un arrêt du travail (0 à 5%) (10). De plus, une récurrence des blessures est constatée dans 20 à 70% des cas (11).

Le chaussage est présenté dans certaines revues de la littérature comme un facteur de risque modifiable (12). D'après une étude de Saragiotto et al. (2014) les coureurs récréatifs attribuent en partie les blessures aux chaussures de course (13). De multiples outils et protocoles de prévention ont donc été développés autour de la course à pied afin de réduire ces facteurs de risques. C'est ainsi que se sont popularisées les chaussures minimalistes (CM) et plus largement ce qu'on appelle la « course minimaliste ». Elles ont été présentées comme un moyen de réduire les blessures inhérentes à la course à pied. Ce sujet interroge, notamment les masseurs-kinésithérapeutes (MK). En effet, en complément de ses compétences de soin et de rééducation, le MK est un acteur dans la prévention. Il peut être amené à orienter le coureur, blessé ou non, dans son choix de chaussures. Or, les modèles traditionnels ou

minimalistes sont multiples ; chaque marque ayant un argument de marketing pour ses chaussures.

I.2 Questionnement

Mes stages en milieu libéral m'ont amené à rencontrer des populations sportives avec des pathologies récurrentes induites par la course à pied (CAP), telles que la tendinopathie d'Achille ou le syndrome fémoro-patellaire. Dans un premier temps, je me suis interrogée sur les moyens de traiter la lésion et sa cause. Puis, dans un second temps, j'ai effectué des recherches sur les différents protocoles et outils de prévention.

La CM m'avait été présentée durant une conférence. Les intervenants exposaient des recommandations d'usage selon des profils de coureur. J'ai alors approfondi le sujet dans la littérature. La principale raison pour laquelle les coureurs décident d'utiliser la CM est d'éviter de se blesser (14). Or, certaines revues narratives abordées concluent à un « manque de preuve », ou un « besoin d'études supplémentaires » (15). Ainsi m'est venue l'idée d'une revue de la littérature sur le sujet. Cela me permettra de mieux répondre aux interrogations des patients rencontrées dans mon futur exercice professionnel.

De multiples interrogations sont donc découlé de ce questionnement :

- Quels sont les facteurs de risque de blessures liées à la course à pied ?
- Comment développer des stratégies de prévention et d'intervention spécifiques pour diminuer l'incidence et la sévérité des blessures ?
- La CM fait-elle partie de ces moyens de prévention ?
- Quels sont les avantages de courir avec des CM ?
- Quelles conséquences entraînent ce type de chaussures sur la biomécanique de la course ?
- Réduire l'amorti de la chaussure ne causerait-il pas plus de blessures ?

La connaissance de la biomécanique de la CAP et du risque de blessures associé aux différentes chaussures pourrait aider le praticien à mettre en place une stratégie thérapeutique adaptée. C'est pourquoi, j'ai décidé de centrer mon travail sur l'influence de la chaussure sur les blessures du coureur.

II. CADRE CONCEPTUEL

II.1 Les chaussures de course

II.1.1 L'évolution de la chaussure de course

Pendant 6 millions d'années, la lignée humaine a évolué en marchant et courant pieds nus (16). Les premières chaussures minimalistes sont apparues il y a environ 50 000 ans, sous forme de sandales. Leur unique fonction était de protéger la surface plantaire du pied. Les premières chaussures de running, faites de cuir, sont relativement récentes et datent d'environ 200 ans.

La course à pied a longtemps été considérée comme un sport d'élite, dans lequel seuls les athlètes bien entraînés pouvaient s'exercer. Depuis les années 80, le sport a connu une diversification de ses participants. L'augmentation du nombre de coureurs à pied a conduit en parallèle à une augmentation des blessures. Les chaussures de running modernes se sont alors démocratisées (17). L'industrie a développé une grande variété de chaussures autour de trois principaux facteurs : la prévention des blessures, la performance et le confort (18). On a pu ainsi observer une augmentation de l'amortissement, une élévation du talon, ainsi que l'émergence de technologies de stabilité et de contrôle du mouvement. Cependant, la fréquence des blessures liées à la CAP n'a pas changé durant les 40 dernières années (19).

Cette constance dans l'incidence des blessures de course a attiré l'attention de nombreux chercheurs et compagnies de chaussure. La chaussure minimaliste a alors été présentée comme une méthode pour réduire ces blessures. La chaussure dite « minimaliste » ou « barefoot » permettrait d'imiter la biomécanique de la course pieds nus (20,21). La CM interférerait dans une moindre mesure avec le mouvement naturel du pied, tout en offrant une protection plantaire suffisante (22). Des chaussures plus fines et moins structurées ont alors été proposées sur le marché.

II.1.2 La chaussure minimaliste

Un consensus a été établi en 2015, par un panel international de 42 experts, pour définir la CM. Esculier et al. l'ont ainsi défini comme « une chaussure interférant minimalement avec les mouvements naturels du pied, de par sa grande flexibilité, son faible dénivelé, son faible poids, sa faible épaisseur au talon, et l'absence de technologies de stabilité et de contrôle du mouvement » (23). La CM « vise à réduire les interférences mécaniques et / ou sensorielles entre la chaussure et le pied » (22).

II.1.3 L'indice minimaliste

L'indice minimaliste (IM) est une échelle de classification fiable et valide, établi par Esculier et al. Il est utilisé pour déterminer le degré de minimalisme (en pourcentage) d'une chaussure. Les caractéristiques incluses dans l'IM (Figure 1) sont :

- La flexibilité : longitudinale et torsionnelle ;
- Le poids ;
- L'épaisseur au talon : comprenant les semelles externe, intermédiaire et interne ;
- Les technologies de stabilité et de contrôle du mouvement ;
- Le dénivelé ou « drop » (différence d'épaisseur entre le talon et l'avant-pied).

Chacun de ces critères a un poids équivalent de 20% dans le score final. Plus la flexibilité augmente, plus la chaussure se rapproche du minimalisme. À l'inverse, plus le poids, l'épaisseur au talon, les technologies de stabilité et de contrôle du mouvement, et le drop diminuent, plus la chaussure se rapproche du minimalisme (23). On retrouve dans certaines études un autre paramètre : une large "boîte" à orteils. Elle vise à respecter la forme anatomique du pied et laisser de l'espace aux orteils (23,24).



Figure 1 (La Clinique du Coureur) – Paramètres de l'indice minimaliste

Les caractéristiques d'une chaussure sont très variées, avec des méthodes d'évaluation de celles-ci tout aussi multiples. On dénombre donc, au sein même des chaussures minimalistes, une grande variété de modèles (25). Si l'IM est faible, la chaussure est dite « traditionnelle », « standard », « conventionnelle » ou encore « maximaliste ».

Le classement des chaussures en fonction de leur IM permet de limiter les confusions entre les études traitant des chaussures minimalistes et traditionnelles. C'est également une référence pour aider les coureurs qui voudraient changer de chaussures. Il aiderait alors à réduire les blessures engendrées par une transition inappropriée (23). La Clinique du Coureur est un organisme de formation et une référence mondiale en prévention des blessures en course à pied. Elle préconise l'ajout d'une minute de plus de port des nouvelles chaussures par entraînement. Cela ne doit pas créer de douleur (26).

II.1.4 La chaussure traditionnelle

La chaussure traditionnelle (CT) a donc un IM faible. Parmi les CT, on retrouve des technologies de contrôle du mouvement, de stabilité et d'amortissement. Ces chaussures sont adaptées respectivement aux pieds plats, neutres et supinateurs (27). Les technologies de stabilité et de contrôle du mouvement ont pour rôle majeur de contrer la pronation. Elles sont donc davantage présentes dans les chaussures de contrôle du mouvement, et dans une moindre mesure dans les chaussures stabilisatrices. Parmi ces technologies sont citées la semelle moyenne à densités multiples, les renforts médiaux en plastique, la coupole calcanéenne rigide, la semelle interne médiale surélevée, l'empaigne médiale renforcée et l'élargissement médial des semelles moyenne et externe (28).

La semelle moyenne est responsable des propriétés d'amortissement et de flexibilité de la chaussure. Ces propriétés d'amortissement regroupent la densité de la semelle et la capacité d'atténuation des impacts de celle-ci au niveau du talon. Une augmentation de la densité entraîne une diminution de l'amorti (27). L'épaisseur de la semelle moyenne influence les sensations plantaires. Ainsi, plus l'épaisseur augmente et plus les sensations plantaires sont diminuées (29). La flexibilité de la chaussure influence la capacité du pied à s'adapter à la surface pendant la course et les changements de direction. Plus la chaussure sera rigide, moins le pied pourra s'adapter à la surface (30).

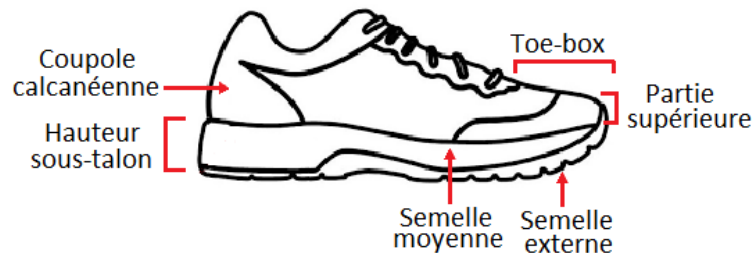


Figure 2 – Éléments de base d'une chaussure de course traditionnelle

II.2 La biomécanique de la course à pied

La **biomécanique** est l'application des lois physiques au mouvement humain. Elle permet de décrire les éléments structuraux de l'organisme impliqués dans le mouvement et de définir l'ensemble des forces qui leur sont appliquées (31). Elle étudie des variables cinétiques et cinématiques, rapportées au corps humain.

La **cinétique** et la **cinématique** sont deux notions clés dans l'étude du mouvement. La cinématique étudie le mouvement sans prendre en compte les forces qui le provoquent. La cinétique étudie le mouvement ainsi que les forces en jeu. A titre d'exemple, le type d'attaque du pied au sol et l'amplitude de flexion durant la phase d'appui sont deux variables cinématiques. Parmi les variables cinétiques, nous pouvons citer la force de réaction au sol, l'énergie absorbée par le genou lors de l'amortissement et l'impulsion de freinage (31).

La **technique** de course ou schéma de course est l'ensemble des variables cinématiques permettant de caractériser la foulée des coureurs. Des techniques différentes engendrent des contraintes différentes sur le corps (32).

II.2.1 Le cycle de course

La **course** peut se définir comme « une succession de foulées bondissantes à partir d'appuis pédestres effectués alternativement sur chaque pied » d'après Leboeuf et al. (33). Un **cycle de course** est une répétition de mouvements identiques des membres inférieurs. Il est caractérisé par une durée et une longueur.

Le cycle de course peut être décomposé en deux foulées, une droite et une gauche. Une **foulée** correspond au passage d'un pied sur l'autre, soit la distance entre deux appuis successifs. Le passage de la marche à la course nécessite une augmentation de l'amplitude de foulée ou de la cadence (33). Une foulée comprend une phase de simple appui et une phase d'envol (Figure 3).

La **phase d'appui** commence lors du contact initial. Elle comprend successivement une phase d'amortissement, une phase de soutien et une phase de propulsion. L'amortissement correspond au transfert du poids du coureur sur le pied meneur. Il se termine lorsque le centre de gravité du coureur surplombe l'appui au sol. On parle alors de soutien. Ensuite, vient le moment de propulsion (33,34). Cette phase d'appui est suivie d'une projection aérienne du corps en translation. Il n'y a pas de phase

de double appui comme durant la marche mais des phases de suspension. La phase de suspension se termine lorsque le pied controlatéral initie l'amortissement (33).

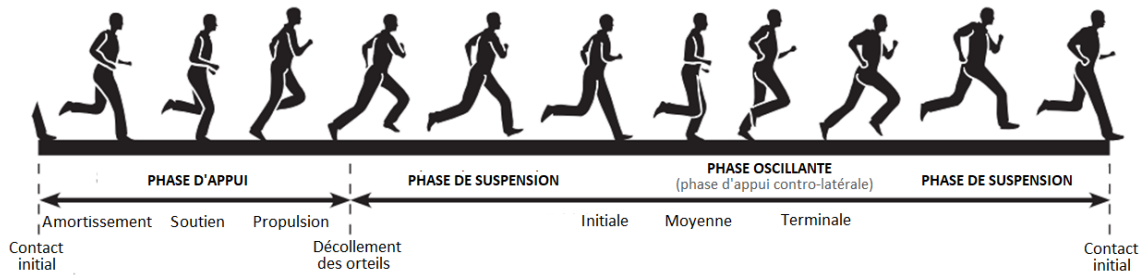


Figure 3 (traduit de Lohaman et al.) – Phases du cycle de course (35)

II.2.2 Les différentes attaques du pas

a) Attaque du pas

On différencie trois catégories d'attaque du pied au sol lors de la phase d'amortissement (Figure 4). Le contact peut se faire par l'avant pied, le médio-pied ou le talon. Une attaque par l'avant-pied correspond donc à une course orteils-talon-orteils. A l'inverse, un impact initial par le talon correspond à une course talon-orteils (32). Une disparité de distribution entre les différents schémas d'attaque du pied a été retrouvée entre les coureurs expérimentés et novices. Presque tous les coureurs novices utilisent une attaque talon lorsqu'ils portent des chaussures de course traditionnelles (36).

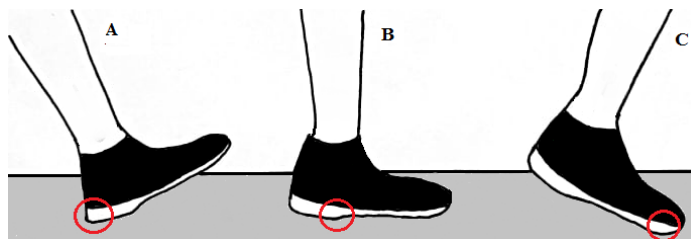


Figure 4 – Différents schémas d'attaque du pas

Attaque talon (A), attaque médio-pied (B) et attaque avant-pied (C)

En cas d'attaque via l'avant pied, la rigidité du membre inférieur diminue et permet à celui-ci de mieux adapter le pied à la surface de contact au sol (37). Un mouvement de roulement vers l'intérieur débute lorsque le médio-pied et l'arche prennent contact avec le sol. Le talon est le dernier à rencontrer le sol pendant que l'arche s'aplatit et aide à absorber l'impact (38). Le pied recule de nouveau instinctivement avec l'augmentation de la sensibilité aux reliefs du sol (29) (Figure 5).

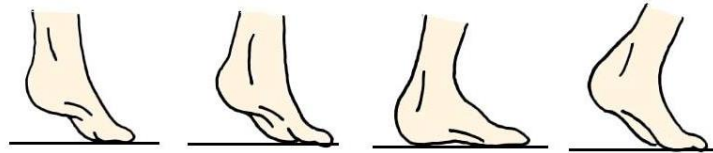


Figure 5 – Attaque du pas par l'avant-pied d'un coureur pieds-nus

Dans l'attaque médio pied, la partie la plus large du pied aborde le sol en premier. C'est l'intermédiaire entre l'attaque par l'avant-pied et l'attaque talon. Ainsi le pied, dès l'attaque au sol, se déplace vers l'arrière plutôt que vers le bas (38).

Dans l'attaque talon, le pied déroule vers l'avant du pied (Figure 6). La chaussure aide à stabiliser ou corriger le pied lorsqu'il part en dedans ou en dehors. Les orteils sont les derniers éléments à garder contact avec le sol. Ils fournissent la propulsion pour le prochain pas (38).

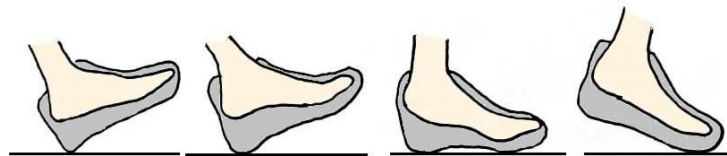


Figure 6 – Attaque du pas par le talon d'un coureur chaussé

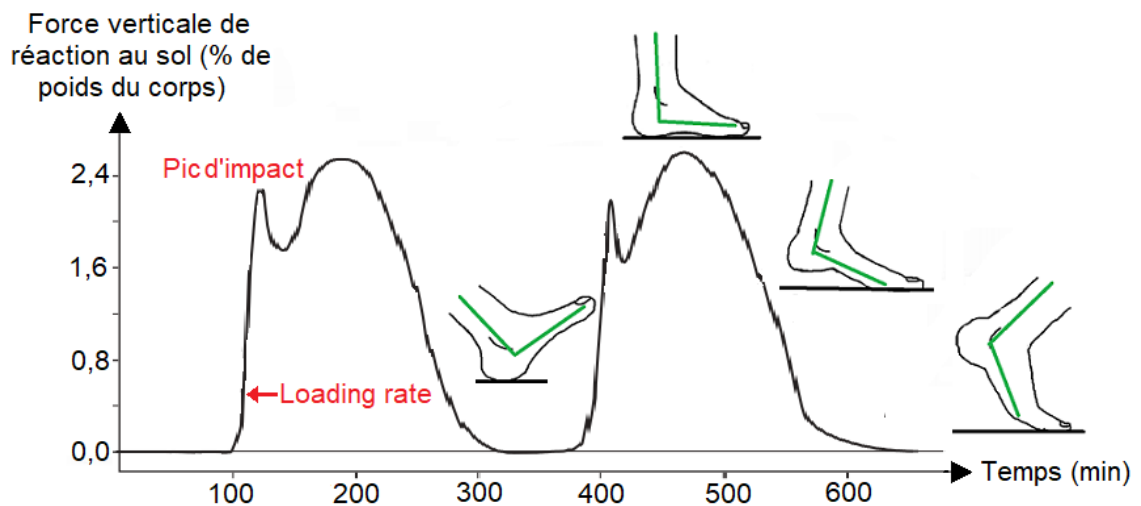
b) Lien entre les différentes chaussures et les schémas d'attaque du pied

Une étude de Hollander et al. (2015) a rapporté que le taux d'attaque par le talon était plus faible chez les coureurs pieds nus (58,6% à 3,33 m.s⁻¹), puis chez les coureurs en CM non amortissantes (62,9%), chez les coureurs en des CM amortissantes (88,6%) et enfin chez les coureurs en CT (94,3%) (39). Une autre étude de Lieberman et al. (2010) a comparé des coureurs américains à des coureurs kenyans. Cette étude a révélé que 75 à 80% des coureurs habitués à courir en CT ont un appui sur le talon (40). Ces CT favorisent l'attaque par le talon, de par l'élévation et l'amortissement présent au niveau du talon (41). Comparativement, 80% des Kenyans couraient pieds nus avec un appui sur le médio-pied ou sur l'avant-pied. Moins les personnes avaient porté de chaussures, plus elles attaquaient le pas avec l'avant du pied (40). De même, dans une étude de Goss et Gross (2012), les porteurs de CM ont rapporté un schéma d'attaque du pas plus antérieur que les coureurs en CT (42). L'épaisseur de la semelle moyenne (29) et le dénivelé (43) influencent le modèle de frappe du pied.

Les CM et la course pieds nus facilitent les attaques par l'avant et le médio-pied. Afin d'éviter la collision du talon sur le sol, le coureur déplace le point d'impact vers l'avant. En revanche, il est important de noter que les CM ne permettent pas de modifier

systématiquement le type d'attaque de la foulée. Néanmoins, elles restent un moyen de favoriser une attaque avant-pied (39–41,44–48).

La force verticale de réaction au sol est donc force d'impact ascendante, provoquée par l'impact, et absorbée par les différentes articulations. Elle s'exprime communément en pourcentage de poids du corps. Son intensité varie pendant la phase d'appui et peut être représentée sous la forme d'une courbe, en fonction du temps (Figure 7) (33,49).



La force de réaction au sol est différente de sa vitesse d'application. Cette vitesse d'application est nommée « vertical loading rate » (VLR) en anglais, soit littéralement « taux de charge vertical » en français. Il correspond sur le graphique à la pente de la courbe de la force de réaction au sol. Plus la pente augmente, plus le taux de charge est important (33,49). Il est donc, après l'impact au sol, supérieur avec une attaque talon qu'avec une attaque par l'avant-pied.

Lieberman et al. (2010) ont étudié les répercussions des différents schémas d'attaque sur la force de réaction au sol (Figure 8). L'impact du talon sur le sol produit une force importante presque instantanée sous forme d'un pic d'impact, tant chez le coureur chaussé que chez le coureur pieds-nus (50). La force produite à ce moment varie entre 1.5 et 3 fois le poids du corps. Les chaussures diminuent son amplitude et le taux de charge vertical. Les CT sont conçues pour rendre confortable la course avec attaque-talon en absorbant une partie du pic d'impact (40).

A contrario, l'attaque au sol par l'avant-pied induit une augmentation lente de la force de réaction au sol verticale et ne génère pas ce premier pic de force. Cette

différence est liée à la flexion plantaire et à la flexion du genou. La flexion des articulations provoque une augmentation de la compliance du membre inférieur lors de l'impact. Cela diminue la masse qui entre en collision avec le sol (40). Les chaussures minimalistes peuvent augmenter le taux de charge de la force verticale de réaction au sol de 37 fois le poids corporel par seconde lorsque les coureurs utilisent une attaque talon (46). Futrell et al. (2019) ont analysé les répercussions à court et long termes d'un changement du type d'attaque du pied pour une attaque par l'avant-pied. Ils ont observé une réduction du taux de charge moyen de 49.7% (51).

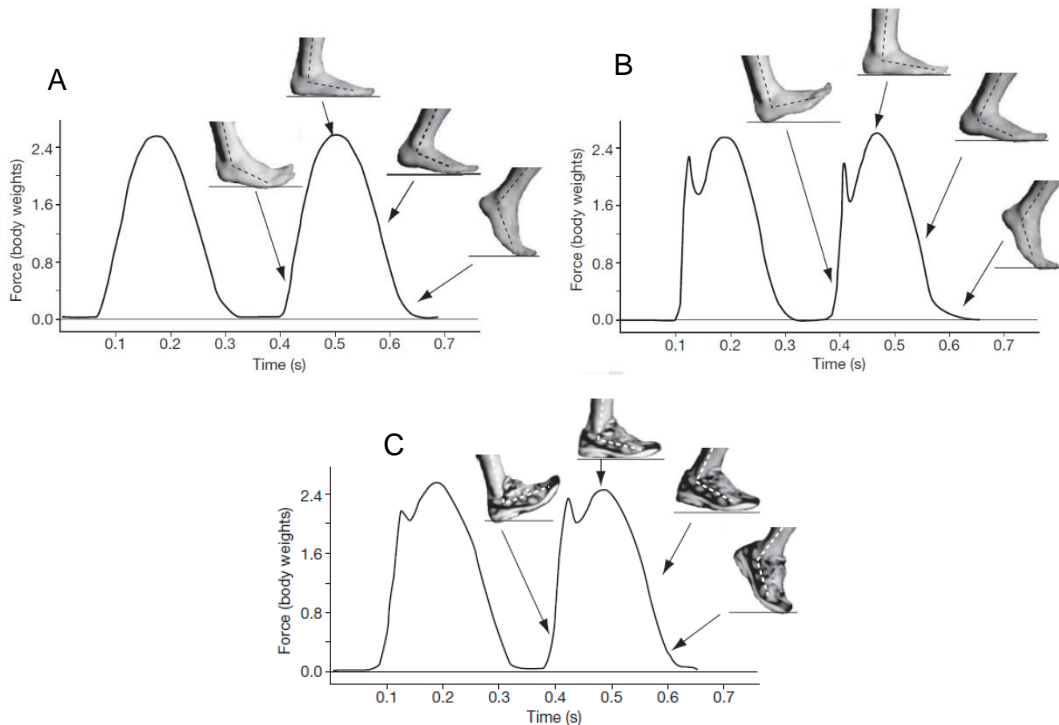


Figure 8 (Lieberman et al.) – Force verticale de réaction au sol pour trois schémas d'attaque du pied à 3,5 m.s⁻¹ chez le même coureur.

Attaque au sol par le talon pieds-nus (A), attaque par l'avant-pied pieds-nus (B) et attaque par le talon en chaussure traditionnelle (C).

II.2.3 Fréquence de foulée

Selon la Clinique du Coureur, la cadence optimale serait de 180 pas par minute (52). Lors de la course pieds nus, la cadence augmente en moyenne de 10 à 15 pas par minute. Cependant, la littérature ne rapporte pas de donnée concernant l'influence du port de la CM sur la cadence. De plus, les variables spatio-temporelles (cadence, longueur de foulée, temps de suspension...) lors de la course en CM ressemblent plus à celles de la course en CT qu'à celle de la course pieds nus (39).

Le schéma d'attaque du pied au sol est influencé par la vitesse de course. L'augmentation de la vitesse induit un changement du profil vers une attaque par l'avant-pied (39,53) et inversement (51).

II.2.4 Répercussions biomécaniques du schéma d'attaque du pas

Lors de l'amortissement, la flexion de genou, la flexion de hanche et la flexion dorsale de cheville augmentent. Il en résulte un étirement des structures élastiques des fléchisseurs plantaires de cheville principalement et de la voûte plantaire. Les muscles antagonistes à ces mouvements vont alors travailler de façon excentrique. Il va en résulter un étirement des structures élastiques, notamment du triceps sural et de la voûte plantaire. Cet étirement diffère selon l'angle d'inclinaison du pied lors de l'attaque au sol. Il engendre une accumulation d'énergie potentielle élastique (16). Cette énergie emmagasinée est aussitôt restituée lors de la phase de propulsion où ces mêmes muscles vont travailler de façon concentrique. La pliométrie est l'association de ce travail excentrique puis concentrique. Elle permet donc de réduire la dépense d'énergie nécessaire pour déplacer le centre de gravité du corps durant la course (16,34).

L'attaque au sol par le talon met en contact le sol avec une surface osseuse : le calcanéum. Le bras de levier entre le centre de gravité du coureur et le calcanéum est alors réduit. Le tendon d'Achille n'emmagasine pas l'énergie de façon optimale (52). La force de réaction du sol ne peut donc que se propager par onde de choc dans le corps et le sol (50). Dans l'attaque par le talon, la cheville est en flexion dorsale, ce qui entraîne une augmentation de la sollicitation des releveurs, notamment du tibial antérieur. Ils retiennent la chute du pied, via une contraction excentrique, durant l'ensemble du cycle de course. Le pied est posé en avant du genou, qui est donc en extension. L'amplitude de flexion du genou durant la phase d'appui est plus importante que lors d'une attaque par l'avant-pied (54). Les forces appliquées sur le plateau tibial augmentent. Le quadriceps, via son travail en excentrique, absorbe la force d'impact. L'attaque du pas par le talon se répercute également au niveau du tronc qui est penché en avant, pour équilibrer le poids du corps. Le corps est ainsi mené par la partie supérieure du tronc. Les forces de rotation pelviennes sont supérieures. Les contraintes augmentent dans la hanche, les lombaires et les fessiers sont davantage sollicités (55).

L'attaque par l'avant-pied induit un plus grand bras de levier. Les forces de réaction au sol sont ainsi diminuées (16,56). La légère flexion plantaire de cheville entraîne :

- une augmentation de la sollicitation des stabilisateurs de cheville ;

- une augmentation de la sollicitation du triceps sural (principal muscle fléchisseur plantaire de cheville) durant la phase d'appui ;
- une augmentation de la sollicitation des muscles du pied.

La flexion du genou, supérieure lors de l'attaque, est plus faible lors de la suite de la phase d'appui que dans une attaque talon (57). Le corps est mené par les hanches. Le tronc est en position plus érigée et les pieds restent sous le centre de gravité.

II.3 Les blessures

II.3.1 Définition et épidémiologie

Selon un consensus du Comité International Olympique de 2020, une blessure se définit comme « une lésion tissulaire ou un autre dérèglement des fonctions physiques normales dû à la pratique d'un sport, résultant d'un transfert rapide ou répétitif d'énergie cinétique » (58). Une blessure liée à la course peut se définir comme une « douleur musculosquelettique [...] qui provoque une restriction ou un arrêt de la course [...], ou qui impose au coureur d'aller consulter un médecin ou un autre professionnel de la santé. » (59). Parmi les pathologies musculo-squelettiques en CAP, les blessures aiguës (traumatiques) se distinguent des « blessures de surmenage » ou « blessures de surutilisation » (58).

Il est nécessaire d'avoir une idée des proportions de blessures liées à la course pour en faire ressortir les facteurs de risque. La connaissance de ces facteurs pour les différentes régions anatomiques et les populations touchées permet le développement de protocoles d'étude standardisés (60).

Tout d'abord, le risque individuel de blessure rapporté au temps d'exposition est élevé (61). L'incidence de blessures liées à la CAP au niveau du membre inférieur sur la longue distance varie de 19,4 à 92,4% selon une revue de littérature publiée en 2007 (62). L'ampleur de cet intervalle s'explique par des différences dans les méthodologies d'études, les populations visées et la définition du terme « blessure ». Le nombre de blessures est plus élevé chez les coureurs courte-distance et les ultra-marathonniens que chez les coureurs longue-distance (63). L'incidence des blessures, pour 1000 heures de course, est bien plus élevée chez le novice (17,8 blessures) que chez le coureur récréatif (7,7 blessures) (61). Une récurrence des blessures est rapportée dans 20 à 70% des cas (11).

50 à 75% sont des blessures de surutilisation, suite à la répétition d'un même mouvement (11). Un coureur entraîné saute d'un pied sur l'autre environ 180 fois par minute. La force de réaction au sol sur le pied peut dépasser le triple du poids du corps (35). Ainsi, les structures musculosquelettiques sont soumises à de fortes contraintes. Cela peut donc être, à terme, à l'origine d'une blessure (64).

La grande majorité des blessures de course à pied concerne le membre inférieur. D'après une revue systématique de la littérature de Francis et al. (2018), le genou (28%), le pied et la cheville (26%) et la jambe (16%) comptent la plus haute proportion de blessures. Il existe une prédominance féminine dans les blessures du genou et masculine pour le pied, la cheville et la jambe. Les pathologies les plus fréquentes sont le syndrome fémoro-patellaire douloureux (17%), la tendinopathie d'Achille (10%) et le syndrome de stress tibial (8%). Peuvent également être retrouvées : des fasciopathies, des lésions musculaires du triceps sural, des lésions méniscales, des fractures de contrainte, des tendinopathies patellaires, etc. (9). Les données de cette revue de la littérature englobent l'ensemble des populations de coureurs. Cependant, les incidences et prévalences dépendent fortement de la population considérée.

II.3.2 Facteurs de risque des blessures

Les causes de blessures sont multifactorielles. Deux catégories de facteurs de risque peuvent être différenciées : les facteurs intrinsèques et les facteurs extrinsèques. Les facteurs intrinsèques (relatifs au corps lui-même) et les facteurs extrinsèques (relatifs à l'équipement et aux surfaces) sont des facteurs d'exacerbation de la surcharge tissulaire occasionnée par le stress mécanique de la course (52).

Parmi les **facteurs de risque intrinsèques** sont cités les valeurs anthropométriques (IMC, sexe, poids), les facteurs de risque biomécaniques, les dysfonctions musculaires, une fragilité des tissus et l'état de santé avec notamment les antécédents de blessure. Parmi les facteurs de risque biomécaniques peuvent être cités : un déplacement vertical du centre de gravité excessif, une limitation de l'extension de hanche, une réduction de la flexion maximale du genou durant l'appui, un défaut d'alignement des articulations du MI dans le plan frontal (genou valgum ou varum), un allongement de la foulée, etc. (32,65–68). Cependant, les résultats des études traitant de ces facteurs biomécaniques sont variables (69). La pronation du pied notamment a longtemps été considérée comme associée au développement de blessures. Cependant, rien ne prouve que la pronation du pied soit une variable responsable des blessures de course (19). Il n'y aurait généralement pas de lien entre une particularité

anatomique ou cinématique installée et les pathologies de l'appareil locomoteur, sauf si elles sont secondaires à un changement aigu (52).

Parmi les **facteurs de risque extrinsèques**, peuvent être cités : un défaut d'entraînement (fréquence, distance hebdomadaire), la chaussure (âge, type) et la surface (65,66,70,71). Aucune surface n'a clairement été identifiée comme plus à risque de provoquer des blessures (52). Les erreurs d'entraînement sont une source importante de blessures (11,61). L'étude de Van Mechelen et al. (1992) a aussi établi qu'une distance d'entraînement hebdomadaire excessive ainsi qu'un objectif de compétition favoriseraient la survenue de blessures. L'association demeure floue concernant la fréquence de course et le niveau de performance (11). L'excès de contrainte mécanique ou « stress mécanique » est considéré comme la principale étiologie. Le corps s'adapte dans la mesure où le stress appliqué n'est pas plus grand que sa capacité maximale d'adaptation (52).

a) Forces d'impact au sol et blessures

Des forces de réaction au sol et des forces articulaires excessives ont en effet été décrites comme facteurs de risque dans l'incidence des blessures chez le coureur (67,72). Des taux de charge élevés ont été rétrospectivement associés à un risque accru de fractures de contrainte tibiales (73), de fasciite plantaire (74), et de blessures non spécifiques liées à la course (75). D'après plusieurs revues de la littérature, cette association serait inconstante (19,69,76,77). La seule étude prospective à analyser la relation entre la force verticale de réaction au sol et les blessures de course a montré une plus grande fréquence de blessures chez les coureurs qui avaient de faibles taux de charge (78). Une étude transversale a comparé les valeurs de ces variables chez des coureurs novices, entre un groupe blessé et un groupe non blessé. La force verticale de réaction au sol et le taux de charge vertical se sont révélés supérieurs chez les coureurs blessés. Cette différence n'a cependant pas été retrouvée chez les femmes. Ces variables constitueraient donc un facteur de risque de blessures chez l'homme novice en course à pied (72).

b) Schémas d'attaque du pas et blessures

Il a été suggéré que les coureurs attaquant par le talon seraient plus susceptibles de développer des blessures de surutilisation que les coureurs attaquant par l'avant du pied (66). Actuellement, les preuves sont limitées et ne permettent pas d'affirmer qu'une attaque de pied soit plus ou moins susceptible de causer des blessures (79,80).

L'attaque talon est associée à une augmentation de la contrainte sur le genou. La contraction excentrique du quadriceps plaque la patella sur le fémur, augmentant les contraintes fémoro-patellaires (81). Cela pourrait contribuer à l'augmentation de l'incidence des blessures du genou chez les coureurs. A l'inverse, une attaque par l'avant-pied solliciterait davantage le triceps sural, dont le tendon d'Achille, ainsi que la voûte plantaire. La contrainte sur les têtes des métatarses serait également augmentée (82). Les localisations préférentielles de blessures seraient donc différentes.

c) Cadence et blessure

La cadence est une variable biomécanique importante dans la course qui peut être aisément modifiée (83–85). La modification de la cadence en prévention des blessures est, tout comme le schéma d'attaque du pas, un sujet de débat. Certains suggèrent qu'environ 180 pas par minute serait l'idéal. La majorité des études soutenant cette idée portent sur l'économie de course et non sur les mécanismes de blessures (86,87). Une augmentation de 10% de la fréquence de foulée entraîne toute de même une diminution de l'amplitude verticale du centre de masse et donc une diminution des traumatismes lors de l'impact au sol (83). Cela pourrait donc réduire le risque de blessures.

II.4 Prévention des blessures

Les stratégies de prévention tentent de cibler les facteurs de risque de blessures modifiables. Des stratégies préventives telles que la modification du programme d'entraînement, l'utilisation d'étirements ou d'exercices d'échauffement et de retour au calme ainsi que la modification des chaussures ont été décrites.

II.4.1 Programmes d'exercices

D'après une revue systématique Cochrane de 2011, l'étirement musculaire (avant, après ou avant et après l'exercice) n'empêche ni ne réduit les blessures et les douleurs des tissus mous des membres inférieurs liées à la CAP (88)(88). Les exercices d'assouplissement réguliers à distance des entraînements pourraient améliorer la vitesse (52).

Aucune preuve n'a été trouvée concernant l'effet des exercices d'échauffement ou de retour au calme sur les blessures des tissus mous des membres inférieurs (88).

La revue Cochrane de 2011 a également établi qu'une modification de la durée ou de la fréquence d'entraînement pourrait être un outil de prévention. Cependant, aucune

étude n'a réussi à quantifier la charge optimale ou la fréquence idéale d'entraînement. Il serait préférable de répartir le volume hebdomadaire en multipliant les sessions de course (52).

Il n'existe pas de preuve qu'un programme d'entraînement plus long avec une augmentation progressive de la quantité de course soit plus efficace qu'un programme d'entraînement plus court pour prévenir les blessures chez les coureurs débutants. Une accumulation plus longue de l'intensité de l'entraînement peut même entraîner une augmentation des douleurs tibiales chez les personnes suivant un entraînement militaire (88).

II.4.2 Modification volontaire de la technique de course

La littérature scientifique n'a pas démontré l'intérêt de la correction d'aspects spécifiques du schéma de course (cadence, attaque du pas, diminuer le bruit lors de l'impact au sol). Comme exposé précédemment, les preuves concernant l'intérêt d'un schéma d'attaque du pas ou d'une cadence en particulier sont incertaines. Cependant, l'absence de preuve avérée dans la littérature ne signifie pas l'absence d'efficacité de la méthode. Cela soulève un manque d'études prospectives sur le sujet. Ainsi, l'observation d'anomalies biomécaniques pourrait orienter vers une potentielle intervention chez certains coureurs. Le tout est d'adapter le protocole de prévention au patient (32). L'utilisation de feedback visuel (89) ou auditif (51,90) pourrait ainsi permettre au coureur de modifier son schéma d'attaque du pas ou sa cadence.

II.4.3 Orthèses, semelles et chaussures

Les semelles intérieures ou les inserts de talon amortissants pourraient aider à réduire les blessures (faibles preuves). Les orthèses de genou peuvent réduire la fréquence des douleurs antérieures au genou. Les semelles orthopédiques sur mesure ou orthèses plantaires "correctrices" pourraient s'avérer plus efficaces que l'absence de semelles pour réduire les syndromes de stress tibiaux médiaux chez les recrues militaires (88). Cependant, les changements biomécaniques apportés par ces semelles sont faibles et non systématiques (52).

Des entretiens ont révélé que, malgré les divergences dans la littérature, les cliniciens (MK et podologues néo-zélandais) semblent arriver à la même stratégie pour réduire les blessures liées à la CAP : prescrire de nouvelles chaussures (91).

Chaque modèle de chaussure peut modifier différents mouvements des membres inférieurs. Il est donc possible que des blessures spécifiques soient réduites selon chacun de ces modèles. Par exemple, l'inclusion d'un talon surélevé peut réduire les tensions et donc les blessures du tendon d'Achille (92).

Il est souvent évoqué que les coureurs avec différents types de pieds (pied plat, pied neutre, pied creux) ou différentes mécaniques de pied (pied pronateur, pied neutre, pied supinateur) devraient être munis de chaussures différentes (93). Deux études randomisées auprès de recrues militaires ont comparé les chaussures de course traditionnelles aux chaussures de course adaptées à la forme des pieds des individus. Cette étude a montré que l'adaptation de la chaussure au type de pied n'a pas changé le taux de blessures de course (94).

La principale raison pour laquelle les coureurs choisissent de passer à la course en CM est la prévention des blessures (14). Cependant, les résultats concernant le risque de blessures avec les chaussures minimalistes sont également variables entre les études. La modification de la biomécanique de course par les CM et donc le risque de blessures en lien sont incertains. C'est ce dont cette revue va traiter.

III. PROBLÉMATIQUE

À la suite de ce cadre conceptuel, plusieurs points sont à mettre en évidence. La course à pied a démontré de multiples bienfaits sur la santé des populations mais elle est également source d'un grand nombre de blessures. L'étude des facteurs de risque modifiables est donc nécessaire. Les différences biomécaniques entre les coureurs en CM et les coureurs en CT sont documentées dans la littérature. Cependant le risque associé à ces deux pratiques est incertain. En effet, il n'existe pas de recommandations basées sur des preuves scientifiques (recommandation de pratiques ou revue systématique de la littérature) à ce sujet. L'analyse des données disponibles sur les chaussures de course pourrait aider le praticien à mettre en place un protocole de prévention adapté à chaque coureur.

Question de recherche : Les chaussures minimalistes sont-elles un outil de prévention des blessures dans la course à pied ?

Population : coureur de tous types et de tous niveaux

Intervention : la course en chaussures minimalistes

Comparateur : la course en chaussures traditionnelles

Outcomes (critère de jugement) : taux de blessures et de douleurs

Le but de cette revue est de faire un état des lieux de la littérature scientifique sur les taux de blessures et de douleurs chez les coureurs en comparant les différents types de chaussures : chaussures maximalistes, chaussures minimalistes et les caractéristiques qui les différencient. Cela permettra de cibler les éléments qui seraient plus ou moins incriminés dans la survenue de blessures. L'objectif est d'évaluer les effets des chaussures de course pour ensuite pouvoir prévenir les blessures survenant chez le coureur adulte.

En vue des informations recueillies en amont, j'ai pu poser les hypothèses suivantes :

1. La transition de la chaussure traditionnelle vers la chaussure minimaliste serait pourvoyeuse de blessures et de douleurs.
2. Les taux et les localisations préférentielles de blessures et de douleurs seraient différents entre les coureurs habitués aux chaussures minimalistes et les coureurs habitués aux chaussures traditionnelles. Les coureurs habitués aux chaussures minimalistes présenteraient moins de blessures au genou et plus de blessures au pied et à la jambe.
3. Les différents composants de la chaussure minimaliste seraient mis en cause dans le développement de blessures et de douleurs.

IV. MÉTHODOLOGIE

Pour répondre à la problématique, la méthodologie utilisée est celle de la revue de la littérature non systématique. Celle-ci permet de répondre à une question de recherche en rassemblant, analysant et synthétisant toutes les études à méthodologie jugée suffisamment rigoureuse portant sur un sujet donné. L'objectif final est de mettre à jour les données de littérature sur la question traitée. Cette revue de la littérature a été réalisée par un seul lecteur. Elle ne peut donc pas être qualifiée de systématique. Afin de se rapprocher de la méthodologie d'une revue systématique, l'élaboration de ce mémoire repose sur les lignes directrices PRISMA. La grille PRISMA est la recommandation de rapport dédiée aux revues systématiques et aux méta-analyses (95).

Ma recherche a commencé en décembre 2019 et s'est arrêtée en février 2020. Elle inclut des études publiées entre 2010 à 2020. Un intervalle de dix ans a été fixé pour ne conserver que les preuves récentes. En effet, la recherche sur ce sujet et donc les théories qui en découlent évoluent continuellement. De plus, le thème de la chaussure minimaliste, bien que très en vogue, n'est apparu que récemment dans la littérature. Seules les études en anglais ou en français ont été sélectionnées, par soucis de compréhension du texte.

IV.1 Type d'études sélectionnées

Les études sélectionnées traitent de l'influence de la chaussure sur les blessures du coureur. Les articles doivent être complets. Mes recherches privilégieront les textes à haut niveau de preuve scientifique. Ainsi pourront être inclus les recommandations de bonnes pratiques, les revues systématiques de la littérature et méta-analyses, les essais contrôlés randomisés (ECR), les essais contrôlés non randomisés, les études de cohortes, les études cas-témoins et les études transversales. Les synthèses de recherche qualitatives apparaissant dans les résultats seront écartées ; seule la littérature quantitative sera incluse. De même, les études de cas ainsi que la littérature grise ne seront pas sélectionnées pour cette revue. J'ai également décidé de n'inclure que les études avec un score PEDRO supérieur ou égal à 6, considérées comme des essais de « haute qualité ».

IV.2 Type de populations inclus

Cette analyse s'intéresse à une large population de coureurs adultes, sans distinction de genre. Diverses populations de coureurs seront intégrées dans l'étude. Des coureurs de tous niveaux (novices, coureurs récréatifs ou athlètes), de toutes expositions et de tous types (coureurs sur route, cross, coureurs longue-distance, marathoniens, etc.) sont concernés. Les études doivent cependant apporter une description complète de l'échantillon inclus. Ceci permettra, lors de l'analyse, de les comparer et de repérer les potentielles variables de confusion.

Les populations des études expérimentales incluses seront constituées de coureurs sains au moment de l'étude. En effet, le but de la revue est d'évaluer si, oui ou non, la chaussure peut être utilisée comme outil de prévention.

IV.3 Type d'interventions inclus

Les études incluses ont pour objet la comparaison entre les chaussures traditionnelles et les chaussures minimalistes. La revue ne traitera pas de la comparaison entre course chaussée et course pieds-nus. Les distinctions entre les différentes chaussures devront être spécifiées, de par leur indice minimaliste ou leurs caractéristiques.

Les études peuvent être rétrospectives ou prospectives. Cependant, les proportions (incidence et/ou prévalence) de blessures et/ou de douleurs devront être rapportées. Ces données chiffrées sont nécessaires ; le but étant d'attester ou non de l'efficacité de la chaussure minimaliste pour prévenir les blessures chez le coureur.

IV.4 Stratégie de recherche

La recherche d'articles s'est appuyée sur des bases de données spécifiques à la masso-kinésithérapie soit PEDro, Cochrane Library et Kinedoc. Des bases plus générales telles que Medline via PubMed, LiSSa et Sciencedirect ont également été interrogées afin de réunir un maximum de résultats. La dernière recherche a été menée le 20/02/2020.

Les équations de recherche sont disponibles en annexe (Annexe I). Elles ont été élaborées en fonction des bases de données. Les descripteurs employés ont été adaptés à la base de données utilisée. En effet, chaque base de données possède un thesaurus propre c'est-à-dire qu'elle indexe ses documents avec un lexique spécifique.

Ainsi PubMed référence ses articles avec des descripteurs MeSH. Une recherche dans ce thesaurus est nécessaire afin de sélectionner les descripteurs appropriés. Mes recherches se sont concentrées sur trois thèmes : la course à pied, les chaussures de course et les critères de jugement (blessures et douleurs).

Sur PubMed, des premières recherches aléatoires m'ont permis d'établir une liste de mots courants et une liste de termes MeSH. Ces listes de descripteurs ont été progressivement étoffées de synonymes. De plus, des troncatures, à l'aide de l'opérateur booléen « * », permettent de regrouper différents mots clés. Les mots clés sont, d'usage, employés au singulier. Des recherches dans le thesaurus de PubMed m'ont permis de sélectionner les termes MeSH les plus généraux dans l'arborescence, pour ne pas manquer de publications. Ainsi dans la catégorie « Intervention », les termes « shoe », « shod », « footwear » et « footgear » peuvent être associés au descripteur MeSH « shoe ». Les termes d'une même catégorie ont été reliés avec le connecteur booléen « OR ». Mon équation pour la catégorie Intervention est alors « Footwear OR shod OR shoe OR footgear OR shoe[MeSH Terms] ». Le même procédé est réalisé pour chacune des catégories de l'acronyme PICO. Les différentes équations sont ensuite combinées avec le connecteur booléen « AND ». La version finale de mon équation de recherche est « (Runner OR running OR jogger OR jogging OR athlet* OR sprint* OR running[MeSH Terms] OR field and track[MeSH Terms]) AND (Footwear OR shod OR shoe OR footgear OR shoe[MeSH Terms]) AND (injury OR pain OR "wounds and injuries"[MeSH Terms] OR pain[MeSH Terms]) ». Il en ressort 452 résultats après sélection des articles datant de 2010 au 20/02/2020.

ScienceDirect est une base de recherche scientifique, au contenu très large. Elle ne permet pas l'utilisation de la troncature « * ». De plus, seulement huit opérateurs booléens peuvent être intégrés à l'équation. L'équation « (footwear OR shoe) AND (injury OR pain) AND (running OR runner) » donne 148 résultats lors de la dernière recherche, le 20 février 2020, avec l'application d'un filtre sur les dates de publication.

Sur Cochrane, la construction de l'équation de recherche finale s'élabore, à l'image de PubMed, à partir de sous-équations. De même, les mots clés sont répartis entre les mots courants et les termes MeSH. L'équation est donc la même mais déclinée sous une autre forme. On obtient 149 résultats publiés entre janvier 2010 et le 20 février 2020. Parmi ces 149 articles, 124 sont des essais cliniques, 21 des revues et 4 des protocoles.

Sur la base de données PEDro, l'équation « running AND shoes » donne 14 résultats entre 2010 et février 2020. PEDro ne permet pas la sélection des opérateurs

booléens entre chacun des mots clés. Il faut choisir entre OR et AND pour l'ensemble de l'équation. L'équation de recherche s'en trouve ainsi simplifiée.

Kinedoc et LiSSa sont deux bases de données françaises spécifiques à la recherche en santé. Kinedoc fonctionne avec les mots du langage courant et LiSSa utilise les traductions françaises de descripteurs MeSH. Ces traductions françaises peuvent être retrouvées sur la base de recherche HeTOP, spécialisée dans les terminologies de santé. Les équations « (chaussure.tl) ET (course.tl) ET ((blessure.tl) OU (syndrome.tl)) » sur Kinedoc et « ((chaussures.tl) OU (chaussures.mc)) ET ((course à pied.tl) OU (course à pied.mc)) ET ((plaies et blessures.tl) OU (plaies et blessures.mc)) », sur LiSSa donnent respectivement 12 et 2 résultats, sur la période qui nous intéresse.

Au total, 753 titres d'articles vont être examinés et sélectionnés selon leur pertinence.

IV.5 Sélection des articles

L'ensemble des articles obtenus sur les différentes bases de données ont été exportés sur l'outil Zotero, qui permet le recueil des références bibliographiques. Ce logiciel permet la suppression des études en doublon. Le nombre de résultats passe alors de 753 à 621 articles. La procédure a ensuite été détaillée en trois étapes : sélection après lecture des titres, lecture des résumés et lecture complète du texte.

La sélection selon les titres a suivi les critères d'inclusion définis en amont. Ainsi, l'ensemble des textes traitant d'autres sports que la course à pied, d'autres moyens de prévention ou d'autres types de chaussures que les chaussures de course ont été exclus. De plus, les études s'intéressant à plusieurs facteurs de risque de blessures (ex : facteurs biomécaniques, médication, fréquence d'entraînement...) ou à d'autres moyens de prévention (ex : orthèses, programme de renforcement, modification du schéma de course...) n'ont pas été sélectionnées. Les articles traitant uniquement de l'influence de la chaussure sur la biomécanique (attaque du pas, cadence, pression plantaire, moments de force, etc.) ont été retirés. Le type de chaussure, les facteurs biomécaniques et les blessures sont inévitablement liés. Cependant, seuls les articles étudiant les proportions de coureurs blessés ou présentant des douleurs avec différents types de chaussures ont été sélectionnés. Un grand nombre d'articles traitant de l'adaptation de la chaussure à l'arche plantaire ont été écartés. Les cas cliniques et les revues bibliographiques ont également été retirés.

Le nombre d'articles après lecture des titres s'est restreint à 35. Des recherches manuelles ont été réalisées à partir des références bibliographiques de ces 35 articles. Aucun article supplémentaire relevant de ma question de recherche n'a été inclus de cette façon.

Après lecture des résumés, le nombre d'articles pouvant correspondre à ma recherche s'est restreint à 12. Parmi ces 12 articles, deux revues systématiques de la littérature n'ont pas été intégrées à l'extraction des données. Elles seront réabordées dans la partie discussion de mon mémoire. L'intégralité du texte de ces 10 articles a été examinée pour déterminer quelles études répondaient aux critères d'inclusion susmentionnés. Seuls les articles aux résultats exploitables, pertinents et de qualité méthodologique suffisante ont été sélectionnés. Ainsi, une série de cas (« design d'étude non adapté ») et un ECR au score PEDro estimé à 5 ont été écartés. Le nombre d'articles est alors passé de 10 à 8 (Figure 9).

IV.6 Extraction des données

Les données de chacun des articles ont été extraites à l'aide de fiches de lecture. Chacune de ses fiches de lecture rapporte les références du document, sa localisation, le sujet associé à quelques mots-clés, le lien avec le thème du travail, les idées les plus importantes, quelques extraits significatifs et, enfin, des commentaires personnels (Annexe II).

Pour avoir une vision globale et faire du lien entre les différents articles, des tableaux d'extraction ont été réalisés pour les études aux méthodes d'investigation comparables. Ces tableaux permettent de faire ressortir les similarités et les différences entre les articles. Cela sera important lors de l'analyse des résultats. Un premier tableau rassemble les sept études prospectives (Annexe III) et un deuxième regroupe les études transversales soit les deux enquêtes épidémiologiques (Annexe IV). Les éléments suivants y sont présentés :

- les références de l'article ;
- la description de la population ;
- les différents groupes comparés : chaussures ou composants étudiés ;
- la description de l'intervention ou du questionnaire selon le type d'étude ;
- la définition de la blessure utilisée durant l'étude ;
- les résultats analysés concernant les blessures et les douleurs ;

- et les scores PEDro et CONSORT pour les ECR, et STROBE pour les études observationnelles.

Lorsque des informations sur la localisation anatomique des blessures ont été communiquées, ces données ont également été extraites.

IV.7 Évaluation de la qualité des articles

La qualité méthodologique des ECR a été évaluée avec l'échelle PEDro (Tableau 1 présenté dans la partie Résultats). Cette échelle est constituée de onze items. Le premier concerne la validité externe de l'article et n'est pas comptabilisé dans le score final. La majorité des items se rapporte à la validité interne et permet de repérer les biais potentiels. Les derniers items se portent sur les données statistiques nécessaires à l'interprétation de l'essai. Les scores obtenus ont été comparés aux scores disponibles sur la base de données dédiée PEDro. Seuls les articles au score supérieur ou égal à 6 ont été considérés de qualité suffisante. Les études au score inférieur ont été considérées comme à fort risque de biais et n'ont pas été conservées.

Les checklists CONSORT et STROBE sont respectivement des recommandations de rapport pour les ECR et les études observationnelles (Annexe V et Annexe VI). Ces grilles visent à renforcer la transparence lors de la rédaction. Elles permettent également au lecteur de mieux comprendre la conception, le réalisation et l'interprétation de l'étude. Les listes CONSORT et STROBE sont composées respectivement de 25 et 22 éléments à inclure dans les rapports d'ECR. Les items considérés positifs constituent le score final. Ce score, exprimé en pourcentage du nombre total d'items, renseigne également sur la validité des résultats. L'expression en pourcentage a permis de comparer la validité d'études aux méthodes différentes. Les articles avec un score inférieur à 50 % ont été considérés comme ayant un score trop faible.

V. RÉSULTATS

V.1 Résultats de la recherche d'articles

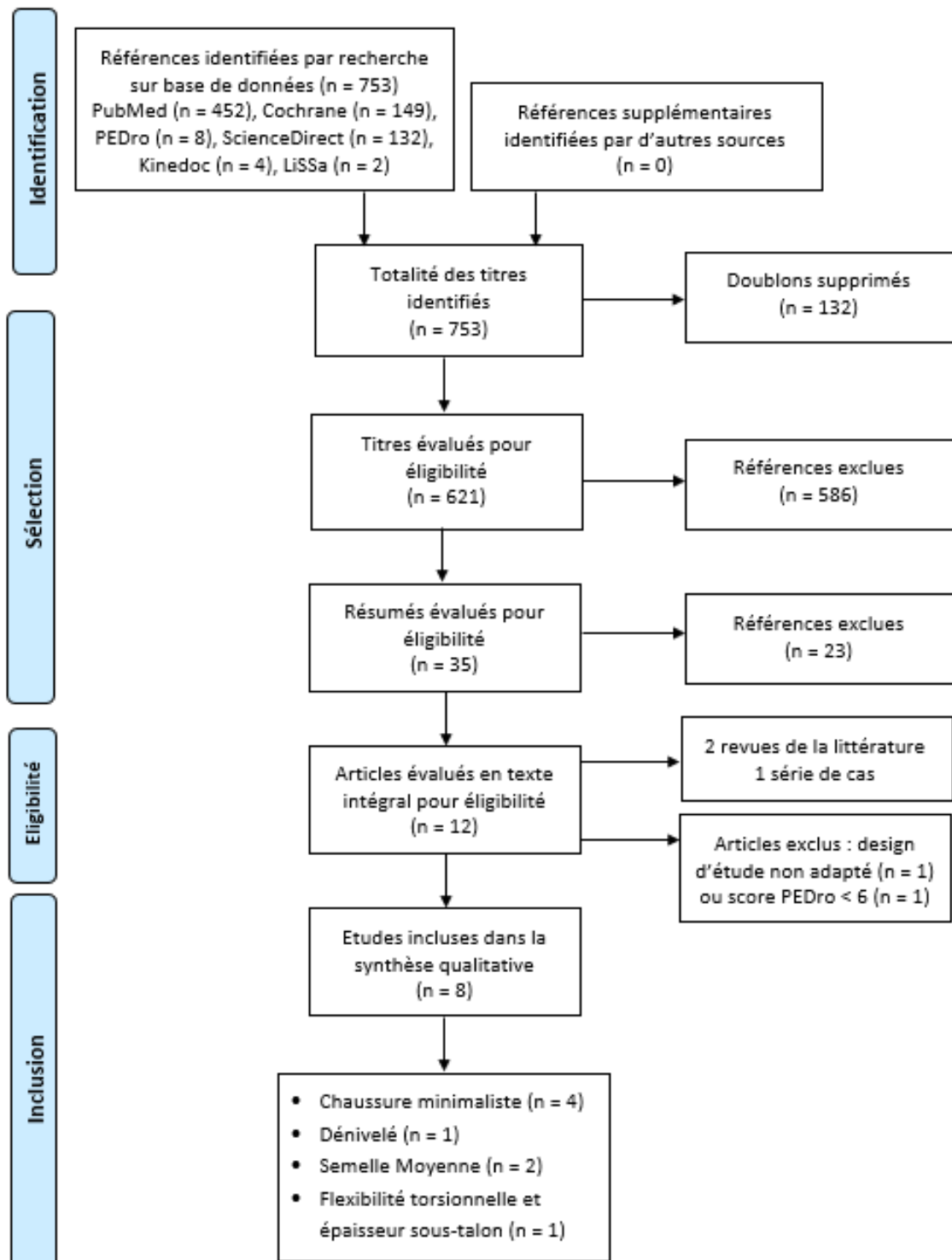


Figure 9 – Diagramme de flux de la recherche documentaire (9).

Sur les 753 titres identifiés, huit articles répondent aux critères d'inclusion établis. Parmi ces huit articles, cinq sont des essais contrôlés randomisés (ECR), un est une

étude de cohorte prospective et deux sont des études transversales (enquêtes épidémiologiques rétrospectives) (Figure 9). Les ECR et l'étude de cohorte seront souvent regroupés dans la suite de cette revue en tant qu'études prospectives.

Références	Méthode	Effectif	Groupes	Suivi
Body Mass and Weekly Training Distance Influence the Pain and Injuries Experienced by Runners Using Minimalist Shoes – A randomised control trial. Fuller et al. 2017	ECR	61	<ul style="list-style-type: none"> • CT¹ (IM 72%) • CM² (IM 12%) 	26 sem.
Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear. Ryan et al. 2014	ECR	99	<ul style="list-style-type: none"> • CT (IM 16%) • CSM³ (IM 66%) • CUM⁴ (IM 96%) 	12 sem.
Shoe Cushioning Influences the Running Injury Risk According to Body Mass: A Randomized Controlled Trial Involving 848 Recreational Runners. Malisoux et al. 2020	ECR	848	<ul style="list-style-type: none"> • Chaussure souple • Chaussure ferme 	6 mois
Influence of midsole hardness of standard cushioned shoes on running-related injury risk. Theisen et al. 2014	ECR	252	<ul style="list-style-type: none"> • Chaussure souple • Chaussure ferme 	5 mois
Influence of the Heel-to-Toe Drop of Standard Cushioned Running Shoes on Injury Risk in Leisure-Time Runners: A Randomized Controlled Trial With 6-Month Follow-up. Malisoux et al. 2016	ECR	553	<ul style="list-style-type: none"> • Dénivelé de 10mm • Dénivelé de 6mm • Dénivelé de 0mm 	6 mois
Association Between Running Shoe Characteristics and Lower Extremity Injuries in United States Military Academy Cadets. Helton et al. 2019	Étude de cohorte	827	Chaussures des participants : ≠ flexibilités torsionnelles et épaisseurs sous-talon	9 sem.
Self-Reported Minimalist Running Injury Incidence and Severity: A Pilot Study. Ostermann et al. 2016	Enquête épidémiologique	47	Utilisateurs de la CM (anciens ou actuels)	x
Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. Goss et Gross. 2012	Enquête épidémiologique	1146	<ul style="list-style-type: none"> • CT • CM • Pieds-nus 	x

CT¹ : Chaussures traditionnelles

CM² : Chaussures minimalistes

CSM³ : Chaussures semi-minimalistes

CUM⁴ : Chaussure ultra-minimalistes

Tableau 1 – Présentation des études sélectionnées

V.2 Résultats de l'évaluation de la qualité

Afin de pouvoir distinguer les études à la méthodologie suffisante, les articles ont été évalués à l'aide des différentes échelles. Sur les six essais contrôlés randomisés (ECR) évalués avec l'échelle PEDro, cinq ont présenté un score de qualité méthodologique suffisant pour être intégré à la revue (Tableau 2). Il faut cependant retenir qu'un score final élevé n'oriente en rien sur la taille de l'effet thérapeutique ou sur la pertinence des études.

Grace à la grille PEDro, nous pouvons noter la présence, pour toutes les études, de données statistiques suffisantes à l'interprétation des résultats. De plus, des données ont été recueillies pour plus de 85% des sujets inclus dans l'ensemble des essais cliniques. Les données non recueillies (patients non compliants ou exclus dans le groupe expérimental) n'ont été analysées en « intention de traiter » que dans les études de Fuller et al. (2017) et Ryan et al. (2014). Les études de Malisoux et al. (2016 et 2020) et de Theisen et al. (2014) rapportent des analyses en per-protocole. La majorité des études n'intègre dans son analyse que les coureurs pour lesquelles des données ont été renseignées.

La répartition des groupes s'est faite de façon aléatoire et globalement homogène pour l'ensemble de ces ECR. Cette assignation n'a cependant pas été dissimulée dans deux d'entre elles. La mise en aveugle des différents acteurs quant à la répartition des groupes dans les études de kinésithérapie n'est souvent pas réalisable. En effet, l'assignation à une paire de chaussures est difficilement réalisable en aveugle. Cela peut constituer un biais lors de la sélection, du suivi ou encore du recueil de données. Seules les études comparant différents dénivelés et propriétés d'amortissement ont rapporté des examinateurs en aveugle. De plus, des sujets théoriquement en aveugle peuvent toujours comparer les propriétés des chaussures de l'étude à leurs chaussures antérieures. Par exemple, un coureur peut estimer si le dénivelé de sa chaussure est plus ou moins élevé que celui de sa chaussure habituelle.

	Malisoux et al. (2020)	Fuller et al. (2017)	Malisoux et al. (2016)	Ryan et al. (2014)	Theisen et al. (2014)	Ridge et al. (2013)
Les critères d'éligibilité ont été précisés.	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
La répartition a respecté une assignation secrète.	✓	✓	✗	✓	✗	✗
Les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostics les plus importants.	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Tous les sujets étaient "en aveugle".	✓	✗	✗	✗	✓	✗
Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle".	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels.	✓	✗	✓	✗	✓	✓
Les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter".	✗	✓	✗	✓	✗	✗
Les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Total	9/10	7/10	6/10	7/10	6/10	5/10

Tableau 2 – Grille PEDro pour les essais contrôlés randomisés

Les checklists CONSORT et STROBE ont été remplies en complément de la grille PEDro. L'étude de Theisen et al. (2014) a rempli moins de critères de la grille CONSORT pour l'évaluation qualitative de l'article (score de 55.9%). L'étude d'Ostermann et al. (2016) a un score STROBE moins important que les autres études observationnelles (68,8%). En conclusion, même si certaines données sont manquantes, les études intégrées dans cette revue ont une bonne qualité méthodologique.

V.3 Description des articles retenus

L'ensemble des articles est paru entre 2012 et 2020 dans quatre pays différents (Australie, Canada, Etats-Unis et Luxembourg). Les études de Malisoux et al. (2016 et 2020) et Theisen et al. (2014) sont trois essais contrôlés randomisés réalisés par une même équipe du Laboratoire de recherche en médecine du sport du Luxembourg Institute of Health (LIH) (96–98). L'intégralité des articles est rédigée en anglais. Les tableaux d'extraction de chacun des articles sont présentés en annexe (Annexe VII).

V.3.1 Description des objectifs

Toutes les études sélectionnées ont pour objectif commun de s'intéresser à l'effet de différents types de chaussures sur les taux de blessures et/ou de douleurs. Elles peuvent être réparties en deux groupes :

- Les essais contrôlés randomisés traitent de l'incidence des blessures lors de la transition vers différentes chaussures (96–100) ;
- Les enquêtes épidémiologiques rétrospectives (101,102) et l'étude de cohorte (103) retenues explorent l'incidence des blessures chez le coureur habitué aux chaussures minimalistes ou traditionnelles. Aucun essai contrôlé randomisé n'a été réalisé sur cette thématique.

Les études de Fuller et al. (2017), et de Ryan et al. (2014) s'intéressent à la comparaison entre CM et CT. D'autres études s'attachent plus spécifiquement à l'effet d'un composant de la chaussure. Ces composants, considérés dans l'indice minimaliste, rapprochent ou éloignent la chaussure du minimalisme. Les études de Malisoux et al. (2020), et de Theisen et al. (2014) ciblent l'amortissement et la compliance de la chaussure. L'étude de Malisoux et al. (2016) s'intéresse à l'influence du dénivelé de la chaussure. Enfin, l'étude de Helton et al. (2019) analyse l'effet de la flexibilité et de l'épaisseur sous-talon des chaussures.

Les enquêtes épidémiologiques traitent donc de l'incidence des blessures chez le coureur habitué aux chaussures. L'étude d'Ostermann et al. (2010) s'attache plus spécifiquement à l'incidence et à la sévérité des blessures en fonction des régions corporelles après la transition vers la CM. Elle a pour objectif secondaire de déterminer si le temps de transition affecte l'incidence ou la sévérité des blessures. L'étude de Goss et Gross (2012) compare l'incidence et la localisation des blessures associées à la course avec CM, CT et pieds-nus.

V.3.2 Description des populations

Le nombre de sujets inclus est très variable d'une étude à l'autre. Les études prospectives ont intégré de 61 à 848 sujets (96–100,103). Les enquêtes épidémiologiques par questionnaire ont obtenu 47 et 2509 réponses (101,102). L'étude d'Ostermann et al. (2016) est une étude pilote. Elle a donc vocation à guider l'élaboration d'une étude de plus grande envergure. Cela explique un nombre de réponses obtenues plus faible, 47. En additionnant les effectifs des huit études sélectionnées, un total de 5441 sujets est inclus dans cette revue de la littérature. Sur ces 5441 sujets, 3576 ont été intégrés aux analyses. Cette différence correspond aux patients exclus des études prospectives et aux questionnaires non complets des études transversales.

Les populations cibles sont très diverses et les facteurs étudiés sont nombreux (vitesse de course, nombre de sessions, distance parcourue par semaine, schéma d'attaque du pied au sol, indice de masse corporelle, etc.). Ainsi, les caractéristiques renseignées sont différentes entre les études. Un tableau récapitulatif est disponible en annexe (Annexe VIII). Les poids, tailles et IMC des participants sont homogènes entre les études et dans la norme. C'est pourquoi ces données n'y sont pas renseignées.

Les coureurs des ECR présentent des caractéristiques communes. Ils sont tous sains au moment de l'intervention et doivent avoir les capacités de poursuivre le protocole d'entraînement de l'étude. Les études du LIH et l'étude d'Ostermann et al. (2016) n'ont pas émis d'exigence concernant le niveau d'expérience et d'exposition des coureurs (96–98,102). A l'opposé, les études de Fuller et al. (2017), Ryan et al. (2014) et Goss et Gross (2012) ont sélectionné les coureurs en fonction de leur régularité, leurs années d'expérience, leur kilométrage hebdomadaire ou encore leur vitesse de course (99,100). Ainsi, les ECR intégrés dans cette revue se rapportent à des coureurs récréatifs, de novices à expérimentés. Hommes et femmes sont présents dans les études. Seule l'étude de Fuller et al. (2017) n'a intégré que des hommes. En accord avec ces critères d'inclusion, une grande variété dans les profils de course des sujets est

retrouvée. Par exemple, les sujets de l'étude de Malisoux et al. (2020) ont en moyenne 40 ans et courent en moyenne 8 km par semaine avant l'intervention (96). A l'opposé, les coureurs de l'étude de Fuller et al. (2017) ont en moyenne 27 ans, avec une distance moyenne de 25 km hebdomadaires (99). Cette hétérogénéité se retrouve tant entre les études qu'au sein même des études, au vu des larges écart-types et espaces interquartiles (Annexe VIII). Les sujets de l'étude de cohorte prospective de Helton et al. (2019) se distinguent de ceux des autres études. En effet, ses participants ont été recrutés au sein des cadets de l'Académie militaire des États-Unis (103).

Parmi les critères de non-inclusion fréquents des études prospectives (ECR et étude de cohorte), sont retrouvés les contre-indications à la pratique de la course et les pathologies musculo-squelettiques (96,97,100). De même, sont écartés les antécédents récents de blessures (96,99,100) ou de chirurgie des membres inférieurs, du tronc et du bassin (96,97,99,100). La majorité des ECR a fait le choix de ne pas inclure les coureurs utilisant des semelles orthopédiques pour ne pas interférer avec le chaussage (96,97,99). Dans la même optique, les coureurs ayant déjà expérimenté la CM ont été écartés (97,99,100). À l'inverse, l'étude d'Ostermann et al. (2016) n'a inclus que les sujets courant actuellement ou par le passé avec des CM. L'enquête épidémiologique de Goss et Gross (2012) n'a pas inclus dans son analyse les réponses des coureurs ayant modifié leur type de chaussure ou leur schéma d'attaque du pas dans l'année.

Les études de Fuller et al. (2017), et de Ryan et al. (2014) ont émis des critères d'inclusion biomécaniques supplémentaires. Les hommes inclus dans l'investigation de Fuller et al. (2017) devaient tous présenter un schéma d'attaque du sol par le talon. Les coureurs de l'étude de Ryan et al. (2014) devaient eux présenter une supination ou une pronation moyenne, refusant de ce fait les coureurs à la supination ou à la pronation excessive.

V.3.3 Description des interventions

a) Chaussures

Les informations récupérées sur les différentes chaussures des études prospectives sont disponibles en annexe (Annexe IX).

Les ECR de Ryan et al. (2014), et Fuller et al. (2017) comparent la survenue de blessures et de douleurs chez des coureurs portant des chaussures minimalistes ou des chaussures traditionnelles. Les indices minimalistes des chaussures utilisées sont de 72% et 12% dans l'étude de Fuller et al. (2017), et de 96% et 16% dans l'étude de Ryan

et al. (2014). L'équipe de M. Ryan (2014) y ajoute une catégorie intermédiaire, les chaussures semi-minimalistes (CSM), indexée à 46% d'indice minimaliste. Les participants sont donc randomisés en trois groupes. Ces deux ECR s'intéressent aux effets de la transition vers les CM. En effet, les participants n'avaient jamais expérimenté ce type de chaussures avant l'intervention.

Les autres études prospectives traitent des composants de la chaussure qui nous intéressent lors du calcul de l'indice minimaliste. Les études de Malisoux et al. (2020) et de Theisen et al. (2014) comparent des chaussures aux différentes propriétés d'amortissement. Elles comparent une « chaussure souple » et une « chaussure ferme ». Les propriétés d'absorption des chocs des semelles diffèrent de 13,1% dans l'étude de Theisen et al. (2014), et de 35,4% dans l'étude de Malisoux et al. (2020). L'étude de Malisoux et al. (2016) s'intéresse à l'incidence des blessures avec trois dénivelés différents. Les coureurs sont ainsi randomisés en trois groupes auxquels sont allouées des chaussures aux dénivelés de 0, 6 et 10 mm. Enfin, l'étude de Helton et al. (2019) analyse l'incidence des blessures en fonction des raideurs torsionnelles médiale et latérale, et de l'épaisseur au talon des chaussures.

Les enquêtes épidémiologiques ont interrogé des coureurs sur leurs chaussures, et les blessures et douleurs expérimentées avec celles-ci. L'enquête épidémiologique d'Ostermann et al. (2016) a analysé l'évolution des blessures si elles étaient déjà présentes lorsque les coureurs ont opté pour la CM. Ils ont aussi recherché les blessures apparues pendant ou après avoir réalisé la transition.

L'étude de Goss et Gross (2012) a interrogé des coureurs utilisant des chaussures minimalistes, des chaussures traditionnelles, ou courant pieds-nus. Les données sur les chaussures ont été auto-rapportées et n'ont pas permis d'établir une comparaison avec les chaussures des études prospectives.

b) Programmes d'entraînement

Le bilan initial des coureurs est similaire entre les études (études prospectives et enquêtes) avec le recueil des données anthropométriques, des habitudes de courses et quelques variantes (recueil du schéma d'attaque du pas, de l'index postural du pied, de la surface de course, etc.).

Au contraire, les interventions menées sont très variables selon les études. Elles sont également décrites en annexe (Annexe X). Les temps de suivi des coureurs diffèrent notamment. Helton et al. (2019) ont suivi les cadets de l'Académie militaire

pendant leur entraînement de base de 9 semaines. A l'opposé, Malisoux et al. (2016 et 2020) dans leurs deux études ont mis en place un suivi de leurs sujets sur 6 mois.

Les ECR de Fuller et al. (2017) et Ryan et al. (2014) ont suivi la transition de leurs coureurs respectivement pendant 26 et 12 semaines. Etant donné la vocation de ces études à analyser les effets de la transition sur l'incidence des blessures, les périodes d'évaluation sont importantes. Les programmes d'entraînement de ces deux études sont par ailleurs très cadrés. Les coureurs doivent augmenter progressivement le port des CM de 5% par semaine pour Fuller et al. (2017), et de 10 minutes par semaine pour Ryan et al. (2014). Ainsi, en 26 semaines les coureurs de l'étude de Fuller et al. (2017) ont effectué une transition complète. En 12 semaines, les coureurs de l'étude de Ryan et al. (2014) n'ont effectué qu'une transition incomplète, avec 58% du temps de course réalisé avec les CM. Les modalités des sessions d'entraînement, en interval training ou en continu, sont renseignées par les auteurs. Les temps ou distances d'entraînement sont également standardisés dans l'étude de Ryan et al. (2014). L'étude se conclut par une course de 10 km. Durant la majorité de l'étude de Fuller et al. (2017), les coureurs retrouvent leur programme d'entraînement antérieur. Les auteurs énoncent ici la volonté de pouvoir généraliser les résultats obtenus.

Les études du LIH n'ont pas imposé de programme à leurs coureurs. Les sujets ont été libres de poursuivre leur entraînement avec l'obligation de réaliser au moins une session par semaine et de toujours courir avec les chaussures attribuées.

M. Helton et son équipe (2019) n'ont pas décrit l'entraînement suivi habituellement par les cadets de l'Académie militaire des États-Unis. Ils précisent tout de même que la course constitue la principale modalité d'entraînement en activité aérobie. Les sujets réalisent les entraînements avec leurs propres chaussures dont les caractéristiques sont analysées au début de l'investigation. L'étude reste observationnelle. Les auteurs ne modifient ni l'entraînement ni les chaussures utilisées.

Les coureurs de l'ensemble des ECR ont dû renseigner les caractéristiques des sessions de courses afin de calculer l'exposition aux chaussures. La compliance au port des chaussures, les caractéristiques des sessions et la participation à d'autres activités sportives y sont notamment rapportées. Tout événement indésirable (blessure, douleur, maladie) doit également être rapporté. Selon les études, sont décrits la localisation, le nombre d'entraînements manqués, l'intensité de la douleur, etc. Les données sont renseignées chaque semaine ou évaluées à intervalles réguliers.

V.3.4 Description des critères de jugement

Les principaux critères de jugement analysés dans ces différentes études sont les taux de blessures et de douleurs.

Le terme de **blessure** est défini différemment selon les études. Ostermann et (2016) n'ont pas apporté de définition de la blessure dans leur questionnaire. L'ensemble des études emploie la notion d'une douleur ou d'un inconfort musculo-squelettique. La localisation est limitée aux membres inférieurs, plus ou moins la région lombaire, ou n'est pas renseignée. Cette douleur doit être la conséquence de la CAP ou survenir pendant sa pratique. Elle doit provoquer une diminution, une modification ou un arrêt de l'entraînement. Elle peut nécessiter la consultation d'un professionnel de santé ou la prise d'un médicament. Il est intéressant de noter, parmi ces définitions, les divergences dans le temps d'indisponibilité. Une douleur, pour être considérée comme une blessure, doit empêcher l'entraînement au moins un jour selon Malisoux et al. (2016 et 2020) ou modifier le programme d'entraînement au moins une semaine selon Goss et Gross (2012). L'équipe de M. Fuller ne précise pas de temps particulier dans sa méthode.

La **douleur** est un des critères de jugement des études de Fuller et al. (2017), et Ryan et al. (2014). Fuller et al. (2017) mesurent la « pire douleur expérimentée durant la course », et Ryan et al. (2014) « la douleur associée à la course à pied ». La mesure se fait par le biais d'une Echelle Visuelle Analogique (EVA), à intervalles réguliers durant l'intervention. Sont mesurées la douleur globale et les douleurs spécifiques aux différentes localisations anatomiques. La douleur reflète l'intensité des blessures dans l'étude d'Ostermann et al. (2016). Elle permet, par l'intermédiaire d'une échelle de Likert, de quantifier l'évolution des blessures rapportées par les coureurs. La douleur ne fait pas partie des critères de jugement dans les autres études. Elle permet de définir la blessure dans les études de Malisoux et al. (2020), et de Goss et Gross (2012). Elle n'y est cependant pas spécifiquement mesurée. Les coureurs des études de Malisoux et al. (2016) et de Theisen et al. (2014) doivent rapporter « toute douleur survenue durant les sessions ». En revanche, la douleur n'est pas évaluée dans l'étude de Helton et al. (2019).

V.4 Résultats des articles

V.4.1 Essai contrôlé randomisé de Fuller et al. (2017)

L'étude de Fuller et al. (2017) n'a pas trouvé d'association entre le type de chaussure et le risque de blessure. L'étude a rapporté 11 blessés soit 52% des coureurs dans le groupe en chaussures minimalistes (72% d'indice minimaliste) et 16 blessés soit 37% dans le groupe en chaussures traditionnelles (12% d'indice minimaliste). Cette différence n'est cependant pas statistiquement significative ($p \geq 0,05$).

Les auteurs ont alors étudié l'effet de l'interaction entre la chaussure et la masse corporelle du coureur sur la survenue de blessures. Il s'est avéré que la CM a augmenté de manière significative le risque de blessures chez les coureurs ayant une masse corporelle plus élevée. Le risque s'est trouvé augmenté au-delà de 71,4 kg (HR = 1), avec une importance clinique au-delà de 85,7kg (HR = 2 ; IC95 (1.10-3.66) ; $p = 0.02$). Cela signifie qu'après 26 semaines de course, 68% des coureurs pesant 85,7 kg et utilisant des CM subiraient une blessure contre 22% des coureurs pesant 85,7 kg et utilisant des CT (RR = 3,09). Ainsi, l'apparition de blessures liées à la course lors de la transition vers la CM était plus probable avec l'augmentation de la masse corporelle. En revanche, les coureurs utilisant des CM avec une masse corporelle de 57,2 kg n'ont pas connu de réduction statistiquement significative du risque de blessure (HR = 0,50 ; IC95 (0,15-1,66) ; $p = 0,26$).

Fuller et al. (2017) ont rapporté des douleurs augmentées de façon statistiquement significative pour la cheville, le mollet, le tibia et le genou pendant la transition vers les CM. Les douleurs ont été évaluées avec une échelle visuelle analogique (EVA) de 0 à 100 mm :

- au niveau de la cheville, l'EVA moyenne était de 5 mm (± 10) pour les coureurs en CT et de 10 mm (± 18) pour les coureurs en CM ($p = 0,01$) ;
- au niveau du mollet, l'EVA moyenne était de 7 mm (± 12) pour les coureurs en CT et de 11 mm (± 17) pour les coureurs en CM ($p = 0,01$) ;
- au niveau du tibia, l'EVA moyenne était de 4 mm (± 7) pour les coureurs en CT et de 8 mm (± 13) pour les coureurs en CM ($p = 0,01$) ;
- au niveau du genou, l'EVA moyenne était de 7 mm (± 11) pour les coureurs en CT et de 11 mm (± 15) pour les coureurs en CM ($p = 0,03$).

Ces différences, bien que statistiquement significatives, ne dépassent pas la différence minimale cliniquement importante de l'échelle visuelle analogique (EVA). Celle-ci s'élève à 10 mm pour une échelle allant de 0 à 100 mm. L'étude n'a donc pas

mis en évidence d'association cliniquement significative entre le type de chaussure et les douleurs rapportées.

Les auteurs ont également analysé l'effet de l'interaction entre la chaussure et la distance hebdomadaire parcourue sur les douleurs durant les 26 semaines de suivi. Le passage aux chaussures minimalistes a entraîné une augmentation de la douleur au niveau de la cheville, du tibia et du mollet chez les coureurs ayant une distance d'entraînement plus importante. La différence était cliniquement significative (supérieure ou égale à 10 mm) :

- au mollet pour une distance supérieure à 35 km par semaine ($p = 0,01$) ;
- à la cheville et au tibia pour une distance supérieure à 40 km par semaine (respectivement $p = 0,02$ et $p = 0,01$).

La transition lente préviendrait les douleurs au-dessous du genou. Les coureurs à la distance hebdomadaire supérieure à 35 km devraient ralentir leur transition. Le taux d'augmentation hebdomadaire du port des CM ne devrait pas dépasser les 5% du programme de l'étude. Les coureurs longue-distance ne devraient donc pas augmenter la distance en CM de plus de 1,70 km chaque semaine (5% de 35 km).

V.4.2 Essai contrôlé randomisé de Ryan et al. (2014)

Tout comme l'étude de Fuller et al. (2017), l'étude de Ryan et al. (2014) s'est penchée sur la transition vers deux chaussures minimalistes. L'étude a rapporté 7 blessés soit 20% des coureurs dans le groupe en chaussures ultra-minimalistes (indice minimaliste de 96%), 12 blessés soit 38% dans le groupe en chaussures semi-minimalistes (indice minimaliste de 46%) et 4 blessés soit 13% dans le groupe en chaussures traditionnelles (indice minimaliste de 16%). La transition vers la CM semble donc augmenter la probabilité de subir une blessure avec un risque relatif (RR) de 310% pour la chaussure semi-minimaliste (CSM) et de 160% pour la chaussure ultra-minimaliste (CUM) par rapport à la course en chaussures traditionnelles (CT) ($p < 0,05$).

La douleur globale rapportée tout au long de l'intervention a augmenté parmi l'ensemble des coureurs, sans distinction significative entre CM et CT.

Des différences ont été relevées parmi les douleurs locales au niveau du tibia et du mollet. Les EVA (de 0 à 100 mm) moyennes pour la jambe sont de 18,4 ($\pm 13,9$) en CT, 13,9 ($\pm 9,6$) en CSM et 28,8 ($\pm 22,3$) en CUM à la fin des 12 semaines de suivi ($p < 0,01$). Les coureurs de l'étude de Ryan et al. (2014) ont donc présenté davantage de douleur au tibia et au mollet en CUM qu'en CSM et qu'en CT.

V.4.3 Enquête épidémiologique d'Ostermann et al. (2016)

L'étude d'Ostermann et al. (2016) s'est penchée sur l'incidence des blessures et des douleurs chez les coureurs habitués aux chaussures minimalistes. Dix-huit coureurs sur les 47 (soit 38,3%) ont rapporté avoir subi de nouvelles blessures après le passage à la CM. Les auteurs ont rapporté une intensité des douleurs perçue plus élevée au niveau du mollet et du tibia. Cependant, ces données ne sont pas statistiquement significatives ($p > 0,05$). Les auteurs ont conclu leur étude en comparant le taux de blessures de 38,3% signalé en CM au taux d'environ 64% chez les coureurs en CT rapporté dans deux études (15,104).

L'enquête a également analysé l'effet de la transition vers la CM chez les coureurs déjà blessés avant d'engager la transition (16 participants soit 34% des coureurs). L'intensité des douleurs a diminué au niveau du pied et du genou. Cette diminution était cliniquement et statistiquement significative, avec :

- un score moyen d'amélioration au niveau du pied de $-3,4$ (test t ; $p = 0,03$) ;
- un score moyen d'amélioration au niveau du genou de $-2,72$ (test de Wilcoxon ; $p = 0,01$).

À l'opposé, aucune région anatomique n'a démontré d'augmentation significative de la douleur. Seulement deux répondants ont subi une augmentation de la douleur à la fois dans les chevilles et les mollets.

L'article d'Ostermann et al. (2016) a pour second objectif d'investiguer la relation entre le temps de transition et l'incidence des blessures pendant celle-ci. Ni le temps de transition vers la CM, ni l'utilisation d'un programme d'étirements au cours de cette période, n'étaient corrélés à une augmentation significative de l'incidence des blessures.

V.4.4 Enquête épidémiologique de Goss et Gross (2012)

L'enquête de Goss et Gross (2012) a analysé l'incidence des blessures et des douleurs chez le coureur habitué aux CM. Les auteurs ont obtenu 2509 réponses dont 888 ont été incluses dans l'analyse des taux de blessures. Les auteurs n'ont sélectionné que les coureurs au type de chaussure et au schéma d'attaque du pas constant depuis au moins un an. Ils ont également demandé aux coureurs de rapporter les blessures rencontrées pendant les douze derniers mois seulement. Ils évitent ainsi de considérer les blessures qui seraient liées à la transition entre différentes chaussures. Dans les douze derniers mois, 46,7% des coureurs en CT ont rapporté s'être blessé contre 13,7%

des coureurs en CM. Les répondants courant en CT étaient donc 3,41 fois plus susceptibles de signaler des blessures que les coureurs habitués aux CM ($p < 0.001$).

L'étude de Goss et Gross (2012) s'est également intéressée aux localisations anatomiques des blessures. Les coureurs expérimentés en CM ont déclaré moins de blessures à la hanche, au genou, à la jambe, à la cheville et au pied, que les coureurs en CT. Les coureurs en CT par rapport aux coureurs en CM étaient :

- 2,64 fois plus susceptibles de signaler des blessures aux pieds ($p = 0,001$) ;
- 2,84 fois plus susceptibles de signaler des blessures aux chevilles ($p = 0,007$) ;
- 3,2 fois plus susceptibles de signaler des blessures aux jambes ($p < 0,001$) ;
- 3,2 fois plus susceptibles de signaler des blessures aux genoux ($p < 0,001$) ;
- 9,8 fois plus susceptibles de signaler des blessures aux hanches ($p < 0,001$).

L'incidence des blessures était également plus faible pour les coureurs en CM au niveau de la cuisse et des lombaires. Cependant, les effectifs étaient trop faibles (quatre blessures au niveau de la cuisse et une blessure au niveau du rachis lombaire) pour tirer des conclusions statistiquement significatives.

Trente-quatre pour cent des coureurs de l'étude de Goss et Gross (2012) ont signalé un changement dans leur schéma d'attaque du pas ou dans leur chaussage au cours des deux dernières années (848 réponses au questionnaire reçues mais non analysées). Parmi ces coureurs, 83% portaient des CT avant la transition et 44% ont changé dans le but de réduire les blessures, particulièrement celles au genou.

V.4.5 Essai contrôlé randomisé de Malisoux et al. (2020)

L'étude de Malisoux et al. (2020) a étudié les effets de l'amortissement de la chaussure sur le risque de blessure. Dans cette étude, les propriétés d'absorption des chocs des semelles moyennes diffèrent de 35,4% entre les chaussures souples et les chaussures denses. Les coureurs ayant reçu des chaussures avec une semelle plus dense ont présenté un risque de blessure supérieur. Les auteurs ont rapporté 74 blessés avec la chaussure ferme ($n = 420$) et 54 blessés avec la chaussure souple ($n = 428$) (HR = 1.52 avec IC95 (1.07-2.16)).

Le profil des blessures (localisation, structure, sévérité, apparition aiguë ou progressive) n'était pas affecté par les propriétés d'amortissement de la chaussure. Aucune différence statistiquement significative n'a été retrouvée entre les deux groupes de chaussures.

L'étude a analysé l'influence de la masse corporelle sur l'association entre les propriétés d'amortissement et le risque de blessures. Une première analyse n'a trouvé aucun effet de la masse corporelle sur le risque de blessures. Une analyse complémentaire a toutefois révélé que les coureurs légers auraient un risque de blessures plus élevé avec les chaussures de densité supérieure (HR = 1.81 ; IC95 (1.10-2.99)). A contrario, aucun effet de la chaussure n'a été observé dans le groupe de coureurs lourds (HR = 1.23 ; IC95 (0.75-2.03)). Les valeurs limites pour les catégories de masse corporelle étaient respectivement de 78,2 et 62,8 kg chez les participants masculins et féminins (médianes des valeurs retrouvées chez les coureurs).

V.4.6 Essai contrôlé randomisé de Theisen et al. (2014)

L'étude de Theisen et al. (2014) traite également des effets de l'amortissement de la chaussure sur le risque de blessures. Dans cette étude, les propriétés d'absorption des chocs diffèrent de 13,1% entre les chaussures souples et fermes dans cette étude. Les résultats concernant l'association entre la densité de la semelle moyenne et le risque de blessures n'étaient cependant pas statistiquement significatifs. En effet, l'étude a rapporté 32 blessés avec la chaussure ferme (n = 113) et 37 avec la chaussure souple (n = 134) (HR = 0.92 avec IC95 (0.573-1.478)).

Cette étude n'a également pas trouvé de lien entre les propriétés d'amortissement de la chaussure et les profils des blessures.

L'étude de Theisen et al. (2016) s'est également intéressée à l'influence de la masse corporelle. Les auteurs n'ont pas trouvé d'effet statistiquement significatif des propriétés d'amortissement des chaussures sur le risque de blessures selon la masse corporelle (HR = 0.92 ; IC95 (0.573-1.478)).

V.4.7 Essai contrôlé randomisé de Malisoux et al. (2016)

L'étude de Malisoux et al. de 2016 s'est intéressée au dénivelé de la chaussure. L'étude a analysé l'association entre le dénivelé de la CT et le risque de blessures chez 553 coureurs récréatifs. Ces coureurs ont été répartis en trois groupes de dénivelés différents : D0, D6 et D10 (0, 6 et 10 mm). Les auteurs ne leur ont pas imposé de programme d'entraînement. Durant les six mois de suivi, 136 participants ont rapporté une blessure :

- parmi les coureurs du groupe D0 (n = 187), 46 coureurs ont rapporté une blessure (21,6%) ;
- parmi les coureurs du groupe D6 (n = 190), 52 coureurs ont rapporté une blessure (27,4%) ;
- parmi les coureurs du groupe D10 (n = 176), 38 coureurs ont rapporté une blessure (21,6%) ;

Le risque de blessures n'est donc pas significativement différent entre les participants ayant reçu la version D10 et les participants ayant reçu les versions D6 (HR = 1.30 ; IC95 (0.86-1.98)) ou D0 (HR = 1.17 ; IC95 (0.76-1.80)).

L'étude s'est intéressée ensuite à l'influence de la régularité du coureur sur l'association entre le dénivelé et le risque de blessures. Les coureurs ont été répartis en deux groupes : les coureurs occasionnels et les coureurs réguliers. Les coureurs ont été catégorisés comme réguliers s'ils rapportaient au minimum une session de course hebdomadaire pendant au moins six mois. Les chaussures aux faibles dénivelés (D6 et D0) ont été associées à un risque de blessures plus faible chez les coureurs occasionnels (HR = 0.48 ; IC95 (0.23-0.98)). À l'inverse, ces chaussures étaient associées à un risque de blessures plus élevé chez les coureurs réguliers (HR = 1.67 ; IC95 (1.07-2.62)).

V.4.8 Étude de cohorte de Helton et al. (2019)

L'étude de cohorte de Helton et al. (2019) a analysé l'impact de la flexibilité et de l'épaisseur sous-talon de la chaussure sur l'incidence des blessures. Les auteurs ont suivi 827 cadets de l'Académie militaire des Etats-Unis durant leur programme d'entraînement de neuf semaines. Chacun des sujets a utilisé ses propres chaussures. Les rigidités torsionnelles médiale et latérale, et l'épaisseur sous-talon de celles-ci ont été évaluées en amont. Quatre catégories (minime, légère, modérée, extrême) ont été dégagées. Les auteurs ont cherché à mettre en évidence les relations entre ces catégories et le risque de développer une blessure. Parmi les 827 sujets, 150 ont été blessés au membre inférieur, soit environ 18,1% des participants.

a) Rigidité torsionnelle

Les auteurs ont établi qu'il n'y avait pas de différence significative dans la probabilité de se blesser chez les participants portant des chaussures avec différentes rigidités torsionnelles médiales dans ces conditions.

A contrario, la raideur torsionnelle latérale (RTL) était significativement associée au risque de blessures aux membres inférieurs durant la période de suivi (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

- les cadets portant des chaussures à la RTL modérée étaient 51% moins susceptibles de subir une blessure par rapport aux cadets portant des chaussures à la RTL minime (HR = 0.49 ; IC95 (0.31-0.79)) ;
- les participants portant des chaussures avec une RTL légère étaient 39% moins susceptibles de subir une blessure par rapport à la classe de RTL minime (HR = 0.61 ; IC95 (0.39-0.94)) ;
- enfin, les participants portant des chaussures avec une RTL extrême étaient 38% moins susceptibles de subir une blessure par rapport à la classe de RTL minime (HR = 0.62 ; IC95 (0,40-0,96)).

Les chaussures à la RTL modérée procurent ainsi la réduction relative du risque de blessures la plus importante (RRR = 48.78% ; IC95 (21.36-66.64)). Les chaussures aux RTL légère et extrême procurent également des taux de diminution de 34,98% et 32,79% respectivement par rapport aux chaussures à la RTL minime. Les chaussures à la RTL modérée présentent donc le nombre de sujets nécessaire à traiter le plus faible (NNT = 8). Cela signifie que huit cadets doivent porter des chaussures à la RTL modérée pour éviter une blessure chez les sujets en chaussures à la RTL minime. Les résultats sont détaillés en annexe (Annexe XI).

Les auteurs ont également étudié le lien entre la rigidité torsionnelle latérale des chaussures et les antécédents de blessure :

- parmi les sujets courant en chaussures à la flexibilité latérale légère, 31% présentaient des antécédents de blessure ;
- parmi les sujets courant en chaussures à la flexibilité latérale modérée, 31% présentaient des antécédents de blessure ;
- enfin, parmi les sujets courant en chaussures à la flexibilité latérale minime et extrême, 22% présentaient des antécédents de blessure.

Ils n'ont cependant pas trouvé d'association statistiquement significative.

b) Épaisseur sous-talon

Les auteurs ont rapporté une association statistiquement significative entre l'épaisseur sous-talon et les antécédents de blessure. Ils ont trouvé que :

- parmi les sujets courant en chaussures à l'épaisseur sous-talon minime, 25% présentaient des antécédents de blessure ;
- parmi les sujets courant en chaussures à l'épaisseur sous talon légère, 18% présentaient des antécédents de blessure ;
- parmi les sujets courant en chaussures à l'épaisseur sous talon modérée, 27% présentaient des antécédents de blessure ;
- parmi les sujets courant en chaussures à l'épaisseur sous talon extrême, 30% présentaient des antécédents de blessure.

Les cadets portant des chaussures à l'épaisseur sous-talon légère présentaient donc moins d'antécédents de blessure.

L'épaisseur sous-talon s'est avérée être également significativement associée aux blessures durant la période de suivi. Durant les neuf semaines de suivi, les participants portant des chaussures à l'épaisseur sous-talon légère ou moyenne étaient moins susceptibles (51% et 40% respectivement) de subir une blessure aux membres inférieurs par rapport aux sujets portant des chaussures à l'épaisseur sous-talon minime. Les résultats n'étaient pas interprétables concernant l'épaisseur sous-talon extrême car non statistiquement significatifs.

Les chaussures à l'épaisseur sous-talon légère procurent la réduction relative du risque de blessures la plus importante (RRR = 43.71% ; IC95 (13.48-63.38)). Les chaussures à l'épaisseur sous-talon modérée procurent également un taux de diminution des blessures de 38,30%. Les chaussures à l'épaisseur sous-talon légère présentent donc le nombre de sujets nécessaire à traiter le plus faible (NNT = 9). De même, les résultats sont détaillés en annexe (Annexe XI).

V.4.9 Synthèse des résultats

Auteur	Année	Design	Caractéristique de la chaussure	Activité	Taux de blessures	Douleurs	Commentaires
Fuller et al.	2017	ECR	CT et CM	CAP	Résultats non significatifs	Résultats non significatifs	Asics Piranha, Asics Gel Cumulus (n = 61)
Ryan et al.	2014	ECR	CT, CSM et CUM	CAP	↗ en CSM et en CUM	↗ en CM au niveau de la région tibia - mollet	Nike Pegasus, Nike free, Vibram 5 Finger (n = 99)
Ostermann et al.	2016	Enquête épidémiologique	CM	CAP	*	Résultats non significatifs	Auto-rapporté (n = 47)
Goss et Gross	2012	Enquête épidémiologique	CT, CM et pieds-nus	CAP	↘ en CM : pied, cheville, jambe, genou, hanche	*	Auto-rapporté (n = 888)
Malisoux et al.	2020	ECR	Amortissement	CAP	↗ en CF ↘ en CS	*	Double aveugle (n = 848)
Theisen et al.	2014	ECR	Amortissement	CAP	Résultats non significatifs	*	Double aveugle (n = 247)
Malisoux et al.	2016	ECR	Dénivelé	CAP	Résultats non significatifs	*	Double aveugle (n = 553)
Helton et al.	2019	Étude de cohorte	Flexibilité torsionnelle et épaisseur sous-talon	Entraînement militaire	↗ en chaussure à la RTL minimale ou à l'épaisseur sous-talon minimale	*	(n = 827)

CT : Chaussure Traditionnelle CM : Chaussure Minimaliste CSM : Chaussure Semi-Minimaliste CUM : Chaussure Ultra-Minimaliste

CS : Chaussure Souple CF : Chaussure Ferme

RTL : Raideur Torsionnelle Latérale

* : Critère de jugement non étudié.

VI. ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans cette partie, une analyse des résultats de la revue va être proposée avec un retour sur les hypothèses établies en amont. S'en suivra une analyse des résultats des articles et la discussion de ces derniers. Enfin, j'aborderai les biais et les limites de cette revue de la littérature.

VI.1 Principaux résultats de la revue systématique

VI.1.1 Première hypothèse

Ma première hypothèse était que la transition de la chaussure traditionnelle vers la chaussure minimaliste serait pourvoyeuse de blessures et de douleurs. Cette hypothèse a été confirmée. La course avec des CM semble augmenter la probabilité de subir une blessure et des douleurs pour des coureurs non habitués à ce type de chaussures. La transition favoriserait les douleurs au mollet et au tibia. Les coureurs à la masse corporelle plus élevée devraient éviter d'effectuer la transition vers les chaussures minimalistes. Le coureur habitué aux propriétés des CT doit adapter sa cinématique de course aux nouvelles chaussures et donc son système musculo-squelettique aux nouvelles forces qui lui sont appliquées. Cela pourrait donc favoriser le développement de blessures et de douleurs. Ces données peuvent paraître préjudiciables pour les coureurs effectuant la transition. Cependant, les périodes d'observation des études sont relativement courtes. Les données recueillies n'informent donc pas sur les effets à long terme de la CM et son impact sur les blessures. Elles peuvent tout de même présager des structures qui seraient davantage sollicitées chez le coureur accoutumé aux différentes chaussures.

VI.1.2 Deuxième hypothèse

Ma seconde hypothèse était que les taux et les localisations préférentielles des blessures et des douleurs seraient différents entre les coureurs habitués aux chaussures minimalistes et les coureurs habitués aux chaussures traditionnelles. Elle a également été vérifiée. Les coureurs en CT ont rapporté davantage de blessures que les coureurs en CM.

Les données biomécaniques m'avaient fait supposer que les coureurs habitués aux CM rapporteraient moins de blessures au genou et plus de blessures au pied et à la jambe. Les données expérimentales concernant les effets du port des CM sur les blessures sont limitées. La revue de Goss et Gross (2012) m'a tout de même permis

d'apprendre que les coureurs en CT rapportent davantage de blessures au pied, à la cheville, à la jambe, au genou et à la hanche. La CM n'a pas augmenté les douleurs au pied et à la jambe, comme je l'avais énoncé dans mon hypothèse.

Les ECR traitant de l'influence de la chaussure minimaliste sur le risque de blessure concerne la période de transition (99,100). Les études réalisées auprès des coureurs habitués sont de nature rétrospective. Par conséquent, les preuves selon lesquelles les chaussures minimalistes pourraient réduire les blessures liées à la course sont limitées. L'élaboration d'ECR avec des périodes de suivi longues serait nécessaire pour comparer les taux de blessures chez les coureurs habitués aux chaussures minimalistes et aux chaussures traditionnelles. Les coureurs seraient suivis pendant la période de transition mais également après leur adaptation aux chaussures.

VI.1.3 Troisième hypothèse

Ma troisième hypothèse était que les différents composants de la chaussure minimaliste seraient mis en cause dans le développement de blessures et de douleurs. Les données statistiques étaient insuffisantes concernant le dénivelé de la chaussure. Selon mon analyse des études incluses, un faible amortissement (semelle dense et tension de surface forte), une flexibilité torsionnelle élevée et une épaisseur sous-talon minime favoriseraient les blessures. Ainsi, les éléments rapprochant la chaussure du minimalisme favoriseraient la survenue de blessures. Cela irait à l'encontre des données auto-rapportées par les coureurs de l'étude de Goss et Gross (2012). Il faut tout de même noter que ces informations ont été auto-rapportées et sont donc potentiellement sujettes à plusieurs biais (détaillés dans la partie qui suit). De plus, le nombre d'études intégrées dans cette revue s'attachant aux différents constituants de la chaussure est faible. De futures recherches seraient nécessaires pour déterminer la flexibilité, l'épaisseur sous-talon, et le dénivelé optimaux pour prévenir les blessures. Il pourrait être envisager également de réitérer l'étude de ces variables avec des modèles de chaussures minimalistes, et non de chaussures traditionnelles.

VI.2 Principaux résultats des articles sélectionnés

VI.2.1 Impact de la transition vers les chaussures minimalistes sur les risques de blessure et de douleur

Les essais contrôlés randomisés de Fuller et al. (2017) et Ryan et al. (2014) ainsi que l'enquête épidémiologique d'Ostermann et al. (2016) traitent de la période de

transition vers la CM. Les publications de Fuller et al. (2017), et Ryan et al. (2014) sont, pour rappel, des études prospectives qui ont comparé les blessures liées à la course et les douleurs entre les CM et les CT. Elles étudient donc le risque du changement de chaussures chez des coureurs habitués aux CT vers un ou deux types de CM.

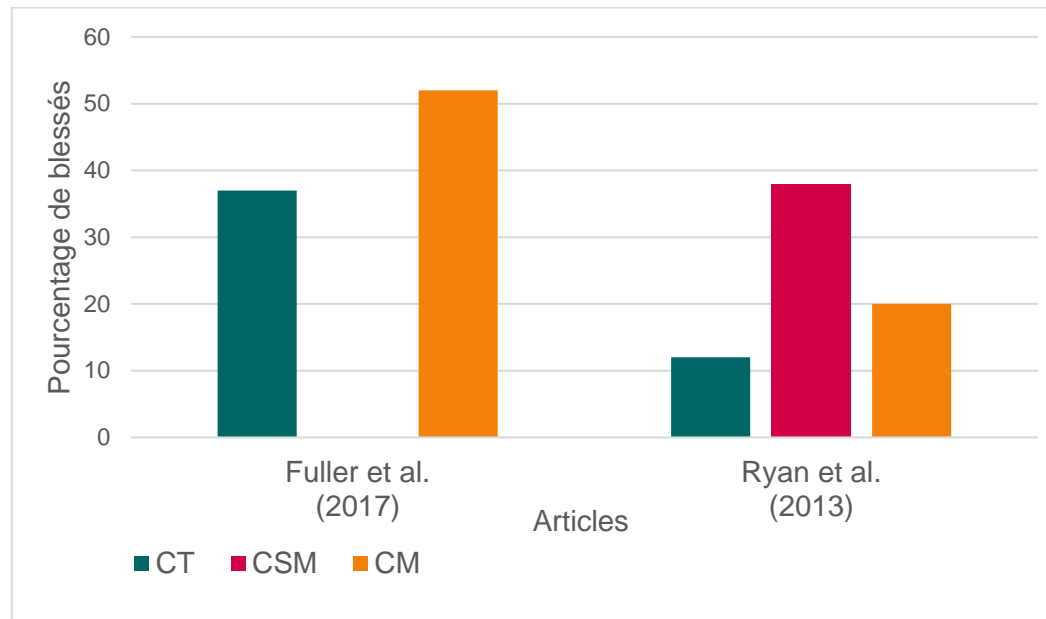


Figure 10 – Pourcentage de blessés selon le type de chaussure

La transition de la chaussure traditionnelle vers la chaussure minimaliste, chez un coureur habitué à la chaussure traditionnelle, pourrait être pourvoyeuse de blessures (Figure 10). Dans l'étude de Ryan et al. (2014), les coureurs récréatifs habitués aux CT qui ont adopté une CSM, et dans une moindre mesure une CUM, ont augmenté significativement le risque d'avoir une blessure. Le risque de blessures n'était donc pas égal entre les différents degrés de minimalisme. Dans l'étude de Fuller et al. (2017), cette association n'est pas significative. Cela pourrait être lié à l'absence de différence entre les deux conditions testées mais également au faible échantillon intégré ($n = 61$). L'écart entre les indices minimalistes des chaussures testées est plus faible dans l'étude de Fuller et al. (2017) ; ce qui a pu influencer les résultats. L'association tend tout de même vers un nombre plus important de blessures chez le coureur en CM. L'étude de Fuller et al. (2017) ajoute que la survenue d'une blessure lors de la transition vers la CM est plus probable avec l'augmentation de la masse corporelle. Ces résultats concordent avec ceux de la revue systématique de Warne et Gruber (2017) (105). Cette revue a étudié les protocoles de transition vers la CM et les résultats associés (blessures, changements biomécaniques et économie de course). L'incidence des blessures des coureurs en transition vers la CM était de 17,9 blessures pour 100 participants contre

13,4 blessures pour 100 coureurs en CT. Cette différence n'était cependant pas significative ($p = 0,219$, taille d'effet très petite avec phi (ϕ) = 0,06).

La transition des coureurs habitués à la CT vers la CM augmenterait les douleurs dans les tibias et les mollets, notamment lorsque le degré de minimalisme est élevé. Dans l'étude de Ryan et al. (2014), les coureurs qui ont adopté une CUM ont augmenté significativement le risque d'avoir une douleur au mollet et au périoste tibial. À nouveau, ces données n'étaient pas significatives dans l'étude de Fuller et al. (2017). Cependant, dans cette étude, le passage à la CM a entraîné une augmentation cliniquement significative des douleurs au mollet et, dans une moindre mesure, à la cheville et au tibia lorsque la distance d'entraînement était supérieure à 35 km par semaine.

L'augmentation des douleurs au niveau du mollet serait en accord avec les données biomécaniques issues de la littérature. Comme énoncé dans le cadre conceptuel de ce mémoire, la CM favoriserait la course médio-pied et avant-pied, avec une sollicitation accrue du triceps sural. Cependant, ce changement de schéma d'attaque du pas n'est pas systématique. Des douleurs au tibia pourraient être perçues chez les coureurs n'ayant pas réalisé la transition. Avec une attaque talon maintenue et un amorti réduit, les forces de réaction au sol seraient augmentées (40). Or, des forces de réactions élevées sont un facteur de risque de fractures de stress tibiales (73).

Dans l'enquête d'Ostermann et al. (2016), la transition des coureurs habitués à la CT vers la CM a été perçue comme diminuant l'intensité des douleurs au genou et au pied. Ces données vont partiellement dans le sens des résultats de la revue de Sun et al. (2020). Cette revue analyse l'impact de la constitution de la chaussure sur la biomécanique de la CAP. Selon cette étude, la CM augmente la charge métatarso-phalangienne et la charge sur la cheville mais diminue la charge sur le genou par rapport aux CT (106).

VI.2.2 Influence du type de chaussures minimalistes ou traditionnelles sur les taux de blessure et de douleur

Les études de Ostermann et al. (2016) et de Goss et Gross (2012) se sont penchées sur l'incidence des blessures et des douleurs chez les coureurs habitués aux CM. Les coureurs habitués aux CM seraient moins à risque de blessures que les coureurs habitués aux CT. Les coureurs en CT de l'étude de Goss et Gross (2012) étaient 3,41 fois plus susceptibles de signaler des blessures que les coureurs habitués

aux CM ($p < 0,001$). En effet, seulement 13,7% des coureurs en CM ont rapporté s'être blessé dans les 12 derniers mois contre 46,7% des coureurs en CT.

Toutefois, les auteurs ont précisé que la plupart des coureurs en CM étaient des hommes. Le sexe pourrait être un facteur de risque de blessure et donc une variable confusionnelle. De plus, les coureurs en CM ont rapporté plus d'années d'expérience en course à pied. Comme énoncé dans le cadre conceptuel, les coureurs novices sont plus à risque de blessure que les coureurs expérimentés (61). L'expérience des coureurs en CM de l'étude de Goss et Gross (2012) a pu leur permettre d'éviter les blessures.

Parmi les coureurs de l'étude d'Ostermann et al. (2016), 38,3% ont rapporté avoir subi de nouvelles blessures depuis la fin de leur transition vers la CM. L'incidence des blessures rapportées en CM est supérieure à celle de l'étude de Goss et Gross (2012). Cependant, l'étude de Goss et Gross (2012) a pris en compte les blessures sur une période définie d'un an, et non depuis la fin de la transition vers la CM. Ostermann et al. (2016) ont comparé ce pourcentage au taux, rapporté dans la littérature, d'environ 64% chez les utilisateurs de CT (15,104). L'incidence des blessures serait ainsi inférieure en CM. Néanmoins, la validité externe de ce résultat de 38,3% est limitée au vu du nombre limité de réponses au questionnaire. De plus, les auteurs n'ont pas précisé à partir de quel moment la transition prendrait fin. Certaines blessures rapportées pourraient être liées à la transition vers la CM. De plus, la revue de littérature de Van Gen et al. (2007) a relevé une incidence de blessures liées à la course à pied très variable (19,4 à 92,4%) (62). Le taux de 64% utilisé comme valeur de référence, basé sur deux articles, ne serait donc pas exploitable.

Les auteurs ajoutent que le format de leur enquête, auto-sélective, peut être sujet au biais de recrutement. L'étude peut attirer préférentiellement les sujets ayant des sentiments forts (positifs ou négatifs) à propos de leur expérience de la CM. Aussi, plus d'un quart des répondants de l'étude ne court plus avec des CM. Cela a pu entraîner une mésestimation de l'incidence des blessures associées à la CM.

Les coureurs expérimentés habitués aux chaussures minimalistes seraient moins à risque de douleur à la hanche, au genou, à la jambe, à la cheville et au pied que les coureurs habitués aux chaussures traditionnelles, d'après l'étude de Goss et Gross (2012). Les résultats n'étaient pas statistiquement significatifs au niveau de la cuisse et des lombaires. Cette diminution des douleurs, au niveau du genou notamment, serait le motif principal de changement du type de chaussage. Dans l'étude d'Ostermann et al. (2016), l'intensité des douleurs perçue était plus élevée au niveau de la jambe mais ces

données n'étaient pas statistiquement significatives. L'absence de critères de fin de la période de transition pourrait être mise en cause. Comme énoncé dans la partie précédente, les douleurs à la jambe seraient augmentées durant la transition vers la CM.

Ces conclusions doivent être considérées avec précaution. Les enquêtes épidémiologiques analytiques ont un niveau de preuve scientifique 4 sur l'échelle de l'HAS (107), soit le plus faible niveau de preuve. Elles présentent notamment un risque de biais de mémorisation. En effet, les données sont auto-rapportées. Elles ne font pas toujours l'objet d'un diagnostic clinique ; les coureurs n'allant pas toujours consulter. De plus, l'étude d'Ostermann et al. (2016) n'a pas fourni de définition de la « blessure ». Les réponses reposent donc sur la mémoire du répondant. L'étude de Goss et Gross (2012) a limité ce biais de mémorisation en étudiant les blessures et douleurs sur une période limitée de douze mois.

VI.2.3 Impact des propriétés d'amortissement des chaussures sur les taux de blessures

Les coureurs récréatifs aux chaussures à la semelle moyenne plus dense, et donc aux propriétés d'amortissement plus faibles, seraient plus à risque de développer des blessures. Étant donné que tous les autres composants des deux types de chaussures étaient strictement similaires, ces données, dans ces conditions, suggèrent que les propriétés d'amortissement seraient une caractéristique impliquée dans la genèse des blessures liées à la course.

Dans l'étude de Malisoux et al. (2020), les coureurs récréatifs ayant reçu les chaussures plus denses étaient plus à risque de blessures. En revanche, dans les conditions de l'étude de Theisen et al. (2014), l'amorti des CT n'a pas influencé le risque de blessure lié à la CAP. Cela peut s'expliquer par les différences entre les conditions testées. En effet, les propriétés d'amortissement ne diffèrent que de 13,1% dans l'étude de Theisen et al. (2014) contre 35,4% dans l'étude de Malisoux et al. (2020). La différence d'amorti dans l'étude de Theisen et al. (2014) pourrait ne pas être suffisante pour établir un lien entre la dureté de la semelle moyenne et le risque de blessures. De plus, la taille de l'effectif analysé ($n = 247$) était inférieure à la taille de l'effectif nécessaire calculée en amont ($n = 294$). Cinquante-deux participants ont dû être exclus suite à un défaut de production des chaussures.

Les résultats obtenus concordent avec les données biomécaniques de la littérature. La revue de littérature de Sun et al. (2020) a établi que les chaussures

compliantes amortissantes réduisent la force de réaction au sol et le taux de charge (« loading rate »), par rapport aux chaussures à la semelle moyenne plus dense (106).

La masse corporelle pourrait guider le choix de l'amorti d'une paire de chaussures de course traditionnelle. D'après l'étude de Malisoux et al. (2020), les coureurs légers (masse corporelle inférieure 78.2 kg chez les hommes et 62.8 kg chez les femmes) seraient moins à risque de blessures avec un amorti de la chaussure plus élevées. Aucune conclusion ne peut être tirée des études sélectionnées concernant les coureurs avec une masse corporelle plus élevée.

Les chaussures utilisées sont représentatives de ce que l'on peut trouver dans le commerce. Les résultats obtenus seraient donc transposables à la population des coureurs récréatifs. Cependant, les tests utilisés pour mesurer ces propriétés d'amortissement (test d'impact et mesure avec un duromètre) ne sont pas accessibles dans la pratique quotidienne. Il est donc difficile de conseiller un coureur dans le choix de l'amortissement de sa chaussure.

VI.2.4 Influence du dénivelé de la chaussure sur le taux de blessure

L'étude de Malisoux et al. (2016) nous apprend que le drop de la chaussure, dans ces conditions, n'est pas un facteur de risque de blessure. Les chaussures à faible drop (0 et 6 mm) pourraient être préférables pour les coureurs occasionnels. Cela pourrait orienter les novices voulant se lancer dans la CAP vers des chaussures au faible dénivelé. Les chaussures au faible dénivelé sembleraient plus risquées pour les coureurs réguliers. Ces résultats peuvent être discutés. En effet, l'étude n'a pas inclus les coureurs utilisant ou ayant utilisé dans l'année des CM au drop inférieur à 4 mm. Les participants sont donc des coureurs habitués aux chaussures aux dénivelés plus élevés. De même que lors de la transition de la CT à la CM, le changement de chaussures a pu être source de blessures. De plus, l'effectif inclus dans l'étude a été calculé pour analyser le lien entre le drop et le risque de blessures. Il était donc trop faible pour étudier l'effet de la régularité de la course.

Nous avons énoncé dans le cadre conceptuel que le dénivelé influence le schéma d'attaque du pas. La revue de Sun et al. (2020) rapporte également que la diminution du dénivelé favorise l'antériorisation de l'attaque du pas, avec une diminution de l'extension du genou lors de l'impact au sol. Le dénivelé serait donc susceptible, comme l'ensemble des variables analysées dans cette revue, d'influer sur le risque de blessures. Des

études aux effectifs plus élevés pourraient être bénéfiques pour éclaircir l'influence du dénivelé sur l'incidence des blessures liées à la CAP.

VI.2.5 Influence de la flexibilité torsionnelle de la chaussure sur le taux de blessure

L'étude de cohorte de Helton et al. (2019) a analysé les effets de la flexibilité torsionnelle sur le risque de blessures. Des chaussures à la raideur torsionnelle latérale minimale, et donc à la flexibilité torsionnelle majeure, seraient pourvoyeuses de blessures. La raideur torsionnelle latérale semble être un important facteur de risque modifiable qui pourraient réduire le risque de blessure aux membres inférieurs pendant l'entraînement des cadets. Une chaussure avec une raideur torsionnelle latérale légère à modérée serait à privilégier pour la majorité des coureurs lors de l'entraînement militaire. Les chaussures à la raideur minimale devraient être déconseillées dans cette population.

Cette étude a été réalisée auprès de recrues militaires. Cela peut poser la question de sa validité externe. Même si le protocole d'entraînement des cadets n'a pas été décrit, les auteurs précisent que la course est le principal mode d'entraînement en endurance au sein de l'armée américaine. Ces données pourraient donc être projetables en dehors de l'environnement militaire.

Nous ne connaissons pas les niveaux de course et les expositions hebdomadaires antérieures des cadets. Nous ne pouvons pas savoir si les participants étaient habitués à leurs chaussures lors de leur entrée dans le programme ou plutôt novices en CAP. Les risques des différentes flexibilités torsionnelles ne peuvent être mis en relation avec les profils de coureurs. De même, les localisations anatomiques des blessures en fonction des classes de flexibilité n'ont pas fait l'objet d'analyses statistiques (bien que rapportées dans un tableau). Cela ne nous permet donc pas de relier les classes de flexibilité torsionnelle aux profils de blessure.

VI.2.6 Influence de l'épaisseur sous-talon de la chaussure sur le taux de blessure

D'après l'étude de Helton et al. (2019), des chaussures à l'épaisseur sous-talon minimale seraient pourvoyeuses de blessures. Tout comme la flexibilité torsionnelle, l'épaisseur sous-talon semble être un facteur de risque de blessures aux membres inférieurs pendant l'entraînement des cadets. Les chaussures à l'épaisseur sous-talon légère à modérée seraient à privilégier et l'épaisseur sous-talon minimale à déconseiller pour la majorité des coureurs lors de l'entraînement. Les résultats concernant une épaisseur sous-talon extrême ne sont pas statistiquement significatifs.

Une épaisseur sous-talon légère était moins associée aux antécédents de blessures. De même que pour toute information rapportée, ces données peuvent faire l'objet d'un biais de mémorisation. De plus, les chaussures utilisées lors du programme peuvent différer des chaussures portées lors de la survenue des blessures.

Les limites de ces résultats sont les mêmes que celles présentées dans la partie sur la flexibilité torsionnelle. Elles concernent en effet la même étude. Cette étude ne nous permet pas de conseiller un ordre d'épaisseur sous-talon en fonction du profil du coureur ou de la localisation des blessures.

VI.3 Biais et limites de la revue

VI.3.1 Biais

La réalisation d'une revue systématique de la littérature implique deux lecteurs indépendants dans la sélection et l'analyse des études. Un troisième intervenant permet de trancher lors de potentiels conflits. Cette revue n'a été réalisée que par un auteur. Il n'y peut donc y avoir de consensus sur la pertinence des articles inclus. Cela représente un biais important. De plus, une revue systématique stricte ne permet l'inclusion que d'essais contrôlés randomisés. Ce n'est pas le cas dans ce travail. Des études très hétérogènes ont été sélectionnées, aux niveaux de preuves variables. Elles présentent notamment des différences parmi les méthodes d'études, les populations étudiées, les chaussures ou l'élément des chaussures comparés, les interventions et la définition de la blessure. Ma stratégie de recherche s'est voulue exhaustive, avec une inclusion large. Le résultat est ainsi moins sensible avec potentiellement plus de biais, mais cela m'a permis d'inclure des populations diverses avec un panel de blessures plus large.

Le deuxième biais de cette revue concerne l'élargissement des critères d'inclusion durant le processus de sélection. Les critères PICOS établis en amont spécifient l'inclusion d'études comparant les chaussures minimalistes aux chaussures transitionnelles uniquement. Ainsi, les études s'intéressant à l'influence de la constitution de la chaussure (amortissement, dénivelé, flexibilité, épaisseur sous-talon) ont été incluses à posteriori.

VI.3.2 Limites

Ma revue de la littérature présente également des limites. Tout d'abord, la majorité des études a analysé des données auto-rapportées concernant les douleurs et les blessures. Seules les études de Helton et al. (2019), et Fuller et al. (2017) analysent des données issues de diagnostics réalisés par des professionnels médicaux. Dans les autres études, l'analyse de l'incidence des blessures s'est limitée aux localisations anatomiques des blessures, sans information sur les pathologies rencontrées. De plus, les analyses de sous-groupes ne sont, pour la majorité des études, pas réalisables étant donné les faibles effectifs. Ainsi, aucune conclusion concernant les pathologies favorisées par les différents types de chaussures n'a pu être établie.

Les études sont très hétérogènes. Les résultats obtenus entre les différentes études ne sont pas toujours comparables. Les modèles de chaussures, leurs indices minimalistes ainsi que leurs caractéristiques sont variés. Aussi, les résultats obtenus avec des coureurs novices ne sont pas transposables aux résultats obtenus auprès de coureurs expérimentés. L'utilisation d'une définition standardisée de la « blessure », qui servirait de référence dans les études sur la course à pied, renforcerait la comparabilité des résultats des études. Plusieurs consensus ont déjà été établis (58,59). De plus, les caractéristiques d'une chaussure sont multiples. Cette diversité pourrait masquer le lien entre une caractéristique des chaussures et le risque de blessures. Il est difficile de porter des conclusions. Les résultats doivent donc être considérés avec précaution.

Ma revue de littérature n'a pas pris en compte les articles traitant des différentes technologies de stabilité et de contrôle du mouvement spécifiques aux chaussures traditionnelles. Or, leur énumération est nécessaire au calcul de l'indice minimaliste au même titre que la mesure du dénivelé ou de l'épaisseur sous-talon.

Enfin, la réalisation d'une revue de la littérature est une première pour moi. Cela a pu conduire à des confusions et imprécisions durant la réalisation de ce travail. De plus, le thème de la course à pied n'a pas été abordé durant notre formation. Cela a pu limiter mon interprétation des résultats des études, concernant notamment la biomécanique de la course.

VII. CONCLUSION ET OUVERTURE

La course à pied provoque de nombreux bienfaits sur la santé physique et mentale. Elle implique cependant une sollicitation importante et répétée du corps aux mêmes endroits. Cela peut conduire, à terme, à l'apparition de blessures. Les chaussures de course ont été présentées par les compagnies de chaussures comme un outil préventif.

Les chaussures minimalistes ont reçu récemment beaucoup d'attention dans la littérature scientifique. Elles favoriseraient une attaque du pas par le médio-pied voire par l'avant pied. Elles permettraient ainsi de diminuer les forces d'impact potentiellement impliquées dans le développement des blessures.

Par le biais de cette revue, on a pu s'apercevoir que la chaussure est un outil à considérer lors de l'analyse des blessures en course à pied. La transition de la chaussure traditionnelle vers la chaussure minimaliste peut générer blessures et douleurs, notamment au mollet et au tibia. Elle pourrait également diminuer les douleurs au niveau du pied et du genou. Cette transition semble bénéfique pour une population générale de coureurs. En effet, les coureurs en chaussures traditionnelles d'une enquête épidémiologique ont rapporté 3,41 fois plus de blessures que les coureurs en chaussures minimalistes. L'incidence des blessures était inférieure au niveau du pied, de la cheville, de la jambe, du genou et de la hanche. La constitution de la chaussure de course serait également à analyser. Le dénivelé de la chaussure n'a pas montré d'influence significative sur le risque de blessure. À l'opposé, une flexibilité torsionnelle élevée, une épaisseur sous-talon minime et une semelle moyenne dense favoriseraient les blessures. Ainsi, les éléments rapprochant la chaussure du minimalisme favoriseraient la survenue de blessures. Des études complémentaires de haute qualité seraient donc nécessaires pour clarifier ce désaccord.

Ce travail m'a permis de renforcer mes connaissances sur la course à pied. Cela me permettra de dispenser de meilleurs conseils aux patients présentant des blessures liées à sa pratique. L'orientation dans un choix de chaussure doit être adapté au profil du coureur qui se présente à nous. Il est également important d'être progressif durant la transition et de prendre en compte les douleurs perçues pour éviter de se blesser. La conclusion de cette revue m'oriente vers de nouvelles recherches. Je me renseignerai sur l'importance relative de différentes stratégies de prévention (modification de la cadence, du schéma d'attaque du pas ou de la chaussure de

course). Il serait également intéressant de savoir dans quelle mesure un programme de renforcement pourrait atténuer le risque de blessure en chaussures minimalistes.

La réalisation de cette revue non systématique de la littérature m'a initié à la méthode de recherche (fonctionnement des bases de données, connaissance des méthodologies d'étude, bases d'analyse statistique, etc.). Je serais désormais plus à même d'entreprendre des recherches dans la littérature.

VIII. BIBLIOGRAPHIE

1. Aune D, Norat T, Leitzmann M, Tonstad S, Vatten LJ. Physical activity and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose–response meta-analysis. *Eur J Epidemiol.* juill 2015;30(7):529-42.
2. Fagard R. Exercise is good for your blood pressure: effects of endurance training and resistance training. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* sept 2006;33(9):853-6.
3. Ghorbani F, Heidarimoghadam R, Karami M, Fathi K, Minasian V, Bahram ME. The Effect of Six-Week Aerobic Training Program on Cardiovascular Fitness, Body Composition and Mental Health among Female Students. *J Res Health Sci.* 5 août 2014;14(4):264-7.
4. Hespanhol Junior LC, Pillay JD, van Mechelen W, Verhagen E. Meta-Analyses of the Effects of Habitual Running on Indices of Health in Physically Inactive Adults. *Sports Med.* oct 2015;45(10):1455-68.
5. Kruk J, Aboul-Enein HY. Physical Activity in the Prevention of Cancer. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2006;7:11-21.
6. OMS | Recommandations mondiales en matière d'activité physique pour la santé [Internet]. WHO. World Health Organization; [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/fr/
7. Enquête sur la pratique de la course à pied en France ! | Actualités [Internet]. Running Club - Partagez la passion de la course à pied. [cité 26 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.running-club.fr/actualites/item/2599-enquete-sur-la-pratique-de-la-course-a-pied-en-france->
8. Lee D, Brellenthin AG, Thompson PD, Sui X, Lee I-M, Lavie CJ. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. *Prog Cardiovasc Dis.* juill 2017;60(1):45-55.
9. Francis P, Whatman C, Sheerin K, Hume P, Johnson MI. The Proportion of Lower Limb Running Injuries by Gender, Anatomical Location and Specific Pathology: A Systematic Review. :11.
10. Smits D-W, Huisstede B, Verhagen E. Short-Term Absenteeism and Health Care Utilization Due to Lower Extremity Injuries Among Novice Runners: A Prospective Cohort Study. *Clin J Sport Med.* 2016;0(0):8.
11. van Mechelen W. Running Injuries: A Review of the Epidemiological Literature. *Sports Med.* nov 1992;14(5):320-35.
12. Ramsey CA, Cury Ribeiro D, Lamb P, Sole CC, Sole G. Reliability of the footwear total asymmetry score tool. *Footwear Sci.* 4 mai 2018;10(2):119-28.
13. Saragiotto BT, Yamato TP, Lopes AD. What do recreational runners think about risk factors for running injuries? A descriptive study of their beliefs and opinions. *J Orthop Sports Phys Ther.* oct 2014;44(10):733-8.
14. Rothschild CE. Primitive running: a survey analysis of runners' interest, participation, and implementation. *J Strength Cond Res.* août 2012;26(8):2021-6.

15. Altman AR, Davis IS. Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries. *Curr Sports Med Rep*. oct 2012;11(5):244-50.
16. Bramble DM, Lieberman DE. Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*. nov 2004;432(7015):345-52.
17. The History of Running Shoes [Internet]. Mental Itch. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: <https://mentalitch.com/the-history-of-running-shoes/>
18. Reinschmidt C, Nigg BM. Current issues in the design of running and court shoes. *Sportverletz Sportschaden Organ Ges Orthopadisch-Traumatol Sportmed*. sept 2000;14(3):71-81.
19. Nigg B, Baltich J, Hoerzer S, Enders H. Running shoes and running injuries: mythbusting and a proposal for two new paradigms: 'preferred movement path' and 'comfort filter'. *Br J Sports Med*. oct 2015;49(20):1290-4.
20. Shoespiracy (Extended cut) [Internet]. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=x_rDFa6kZfl&t=182s
21. greg. Barefoot running, courir naturellement [Internet]. nakan.ch. 2011 [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: <https://www.nakan.ch/wp/2011/04/28/barefoot-running-courir-naturellement/>
22. Rixe JA, Gallo RA, Silvis ML. The barefoot debate: can minimalist shoes reduce running-related injuries? *Curr Sports Med Rep*. juin 2012;11(3):160-5.
23. Esculier J-F, Dubois B, Dionne CE, Leblond J, Roy J-S. A consensus definition and rating scale for minimalist shoes. *J Foot Ankle Res*. 2015;8:42.
24. Kaplan Y. Barefoot versus shoe running: from the past to the present. *Phys Sportsmed*. févr 2014;42(1):30-5.
25. humans.txt. Chaussures [Internet]. La Clinique Du Coureur. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: <https://lacliniqueducoureur.com/chaussures/>
26. humans.txt. Préalables au minimalisme [Internet]. La Clinique Du Coureur. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: <https://lacliniqueducoureur.com/coueurs/blogue/archives/prealables-au-minimalisme/>
27. Ramsey CA, Lamb P, Kaur M, Baxter GD, Ribeiro DC. How are running shoes assessed? A systematic review of characteristics and measurement tools used to describe running footwear. *J Sports Sci*. juill 2019;37(14):1617-29.
28. humans.txt. Indice minimaliste [Internet]. La Clinique Du Coureur. [cité 27 mars 2020]. Disponible sur: <https://lacliniqueducoureur.com/indice-minimaliste/>
29. Chambon N, Delattre N, Guéguen N, Berton E, Rao G. Is midsole thickness a key parameter for the running pattern? *Gait Posture*. 1 mai 2014;40(1):58-63.
30. Graf E, Wannop JW, Schlarb H, Stefanyshyn D. Effect of torsional stiffness on biomechanical variables of the lower extremity during running. *Footwear Sci*. 2 janv 2017;9(1):1-8.

31. Notions de biomécaniques.pdf.
32. An Evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis [Internet]. [cité 19 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4714754/>
33. Leboeuf F, de Leluardière FA, Lacouture P, Duboy J, Leplankvais F, Junqua A. Étude biomécanique de la course à pied. Elsevier SAS. 2006;16.
34. Thys H. Place de l'énergie mécanique dans le déterminisme du coût énergétique de la locomotion. *Staps*. 2001;54(1):131.
35. Lohman EB, Balan Sackiriyas KS, Swen RW. A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics, and biomechanics between shod, unshod, and minimally supported running as compared to walking. *Phys Ther Sport*. 1 nov 2011;12(4):151-63.
36. Bertelsen ML, Jensen JF, Nielsen MH, Nielsen RO, Rasmussen S. Footstrike patterns among novice runners wearing a conventional, neutral running shoe. *Gait Posture*. juin 2013;38(2):354-6.
37. Williams DSB, Green DH, Wurzinger B. Changes in lower extremity movement and power absorption during forefoot striking and barefoot running. *Int J Sports Phys Ther*. oct 2012;7(5):525-32.
38. Technique de course: quelle est la meilleure foulée? - Datasport [Internet]. [cité 4 mai 2020]. Disponible sur: <https://www.datasport.com/fr/actualites/technique-de-course/>
39. Hollander K, Argubi-Wollesen A, Reer R, Zech A. Comparison of Minimalist Footwear Strategies for Simulating Barefoot Running: A Randomized Crossover Study. *PLOS ONE*. 26 mai 2015;10(5):e0125880.
40. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*. 28 janv 2010;463(7280):531-5.
41. Davis IS, Hollander K. Chapter 9 - The Interaction of Foot Strike and Footwear in Runners. In: Harrast MA, éditeur. *Clinical Care of the Runner* [Internet]. Elsevier; 2020. p. 87-94. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323679497000094>
42. Goss DL, Gross MT. Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. *US Army Med Dep J*. déc 2012;25-30.
43. Malisoux L, Gette P, Chambon N, Urhausen A, Theisen D. Adaptation of running pattern to the drop of standard cushioned shoes: A randomised controlled trial with a 6-month follow-up. *J Sci Med Sport*. août 2017;20(8):734-9.
44. Thompson M, Hoffman K. Superficial plantar cutaneous sensation does not trigger barefoot running adaptations. *Gait Posture*. 1 juin 2017;57.
45. Aibast H, Okutoyi P, Sigei T, Adero W, Chemjor D, Ongaro N, et al. Foot Structure and Function in Habitually Barefoot and Shod Adolescents in Kenya. *Curr Sports Med Rep*. déc 2017;16(6):448-58.

46. Goss DL, Lewek M, Yu B, Ware WB, Teyhen DS, Gross MT. Lower Extremity Biomechanics and Self-Reported Foot-Strike Patterns Among Runners in Traditional and Minimalist Shoes. *J Athl Train.* 2 juin 2015;50(6):603-11.
47. Fuller JT, Buckley JD, Tsiros MD, Brown NAT, Thewlis D. Redistribution of Mechanical Work at the Knee and Ankle Joints During Fast Running in Minimalist Shoes. *J Athl Train.* oct 2016;51(10):806-12.
48. Moore IS, Pitt W, Nunns M, Dixon S. Effects of a seven-week minimalist footwear transition programme on footstrike modality, pressure variables and loading rates. *Footwear Sci.* 2 janv 2015;7(1):17-29.
49. Lacouture P, Colloud F, Decatoire A, Monnet T. Étude biomécanique de la course à pied. Elsevier Masson SAS. 2013;23.
50. Hall JPL, Barton C, Jones PR, Morrissey D. The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Sports Med Auckl NZ.* déc 2013;43(12):1335-53.
51. Futrell EE, Gross KD, Reisman D, Mullineaux DR, Davis IS. Transition to forefoot strike reduces load rates more effectively than altered cadence. *J Sport Health Sci.* juill 2019;S2095254619300961.
52. Dubois B. Prévention des blessures en course à pied. Lac Beauport: B. Dubois; 2010.
53. McCallion C, Donne B, Fleming N, Blanksby B. Acute Differences in Foot Strike and Spatiotemporal Variables for Shod, Barefoot or Minimalist Male Runners. *J Sports Sci Med.* 1 mai 2014;13(2):280-6.
54. Sinclair J, Richards J, Selfe J, Fau-Goodwin J, Shore H. The Influence of Minimalist and Maximalist Footwear on Patellofemoral Kinetics During Running. *J Appl Biomech.* août 2016;32(4):359-64.
55. Clinique du coureur support.pdf.
56. Lieberman DE. What we can learn about running from barefoot running: an evolutionary medical perspective. *Exerc Sport Sci Rev.* avr 2012;40(2):63-72.
57. Perl DP, Daoud AI, Lieberman DE. Effects of Footwear and Strike Type on Running Economy: *Med Sci Sports Exerc.* juill 2012;44(7):1335-43.
58. International Olympic Committee Injury and Illness Epidemiology Consensus Group, Bahr R, Clarsen B, Derman W, Dvorak J, Emery CA, et al. International Olympic Committee Consensus Statement: Methods for Recording and Reporting of Epidemiological Data on Injury and Illness in Sports 2020 (Including the STROBE Extension for Sports Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). *Orthop J Sports Med.* 1 févr 2020;8(2):232596712090290.
59. Yamato TP, Saragiotto BT, Lopes AD. A Consensus Definition of Running-Related Injury in Recreational Runners: A Modified Delphi Approach. *J Orthop Sports Phys Ther.* mai 2015;45(5):375-80.

60. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG. Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries: A Review of Concepts. *Sports Med.* août 1992;14(2):82-99.
61. Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* juill 2015;45(7):1017-26.
62. van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, van Os AG, Bierma-Zeinstra SMA, Koes BW, et al. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review * COMMENTARY. *Br J Sports Med.* 8 mars 2007;41(8):469-80.
63. Kluitenberg B, van Middelkoop M, Diercks R, van der Worp H. What are the Differences in Injury Proportions Between Different Populations of Runners? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* août 2015;45(8):1143-61.
64. Wen DY. Risk Factors for Overuse Injuries in Runners. :8.
65. Bertelsen ML, Hulme A, Petersen J, Brund RK, Sørensen H, Finch CF, et al. A framework for the etiology of running-related injuries. *Scand J Med Sci Sports.* nov 2017;27(11):1170-80.
66. Daoud AI, Geissler GJ, Wang F, Saretsky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot Strike and Injury Rates in Endurance Runners: A Retrospective Study. *Med Sci Sports Exerc.* juill 2012;44(7):1325-34.
67. Messier SP, Legault C, Schoenlank CR, Newman JJ, Martin DF, Devita P. Risk Factors and Mechanisms of Knee Injury in Runners: *Med Sci Sports Exerc.* nov 2008;40(11):1873-9.
68. Nielsen RO, Buist I, Parner ET, Nohr EA, Sørensen H, Lind M, et al. Foot pronation is not associated with increased injury risk in novice runners wearing a neutral shoe: a 1-year prospective cohort study. *Br J Sports Med.* mars 2014;48(6):440-7.
69. Ceysens L, Vanelderden R, Barton C, Malliaras P, Dingenen B. Biomechanical Risk Factors Associated with Running-Related Injuries: A Systematic Review. *Sports Med.* juill 2019;49(7):1095-115.
70. Carter DR, Caler WE. A cumulative damage model for bone fracture. *J Orthop Res.* 1985;3(1):84-90.
71. Malisoux L, Nielsen RO, Urhausen A, Theisen D. A step towards understanding the mechanisms of running-related injuries. *J Sci Med Sport.* sept 2015;18(5):523-8.
72. Bredeweg SW, Kluitenberg B, Bessem B, Buist I. Differences in kinetic variables between injured and noninjured novice runners: A prospective cohort study. *J Sci Med Sport.* 1 mai 2013;16(3):205-10.
73. Milner CE, Ferber R, Pollard CD, Hamill J, Davis IS. Biomechanical Factors Associated with Tibial Stress Fracture in Female Runners: *Med Sci Sports Exerc.* févr 2006;38(2):323-8.

74. Pohl MB, Hamill J, Davis IS. Biomechanical and Anatomic Factors Associated with a History of Plantar Fasciitis in Female Runners: *Clin J Sport Med.* sept 2009;19(5):372-6.
75. Hreljac A, Marshall RN, Hume PA. Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners: *Med Sci Sports Exerc.* sept 2000;1635-41.
76. Wright AA, Taylor JB, Ford KR, Siska L, Smoliga JM. Risk factors associated with lower extremity stress fractures in runners: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* déc 2015;49(23):1517-23.
77. van der Worp H, Vrielink JW, Bredeweg SW. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* avr 2016;50(8):450-7.
78. Nigg BM. Impact forces in running. *Curr Opin Orthop.* déc 1997;8(6):43.
79. Mann R, Malisoux L, Nührenbörger C, Urhausen A, Meijer K, Theisen D. Association of previous injury and speed with running style and stride-to-stride fluctuations: Running style, previous injury, and speed. *Scand J Med Sci Sports.* déc 2015;25(6):e638-45.
80. Hamill J, Gruber AH. Is changing footstrike pattern beneficial to runners? *J Sport Health Sci.* juin 2017;6(2):146-53.
81. Boling MC, Padua DA, Marshall SW, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler A. A Prospective Investigation of Biomechanical Risk Factors for Patellofemoral Pain Syndrome: The Joint Undertaking to Monitor and Prevent ACL Injury (JUMP-ACL) Cohort. *Am J Sports Med.* nov 2009;37(11):2108-16.
82. Tam N, Astephen Wilson JL, Noakes TD, Tucker R. Barefoot running: an evaluation of current hypothesis, future research and clinical applications. *Br J Sports Med.* mars 2014;48(5):349-55.
83. Heiderscheit BC, Chumanov ES, Michalski MP, Wille CM, Ryan MB. Effects of Step Rate Manipulation on Joint Mechanics during Running. *Appl Sci.* :7.
84. Hobara H, Sato T, Sakaguchi M, Sato T, Nakazawa K. Step Frequency and Lower Extremity Loading During Running. *Int J Sports Med.* avr 2012;33(04):310-3.
85. Lenhart RL, Thelen DG, Wille CM, Chumanov ES, Heiderscheit BC. Increasing Running Step Rate Reduces Patellofemoral Joint Forces: *Med Sci Sports Exerc.* mars 2014;46(3):557-64.
86. Hunter I, Smith GA. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. *Eur J Appl Physiol.* 27 juill 2007;100(6):653-61.
87. de Ruiter CJ, Verdijk PWL, Werker W, Zuidema MJ, de Haan A. Stride frequency in relation to oxygen consumption in experienced and novice runners. *Eur J Sport Sci.* 3 avr 2014;14(3):251-8.
88. Yeung SS, Yeung EW, Gillespie LD. Interventions for preventing lower limb soft-tissue running injuries. *Cochrane Bone, Joint and Muscle Trauma Group, éditeur.*

Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 6 juill 2011 [cité 18 févr 2020]; Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD001256.pub2>

89. Crowell HP, Milner CE, Hamill J, Davis IS. Reducing Impact Loading During Running With the Use of Real-Time Visual Feedback. *J Orthop Sports Phys Ther.* avr 2010;40(4):206-13.
90. Van Dyck E, Moens B, Buhmann J, Demey M, Coorevits E, Dalla Bella S, et al. Spontaneous Entrainment of Running Cadence to Music Tempo. *Sports Med - Open.* déc 2015;1(1):15.
91. Ramsey C, Lamb P, Ribeiro DC. Clinicians perceptions of footwear when assessing and managing patients with running-related injuries. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med.* 2020;42:9-15.
92. Rabusin CL, Menz HB, McClelland JA, Tan JM, Whittaker GA, Evans AM, et al. Effects of heel lifts on lower limb biomechanics and muscle function: A systematic review. *Gait Posture.* mars 2019;69:224-34.
93. Asplund CA, Brown DL. The Running Shoe Prescription: Fit for Performance. *Phys Sportsmed.* janv 2005;33(1):17-24.
94. Knapik JJ, Trone DW, Tchandja J, Jones BH. Injury-reduction effectiveness of prescribing running shoes on the basis of foot arch height: summary of military investigations. *J Orthop Sports Phys Ther.* oct 2014;44(10):805-12.
95. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 21 juill 2009;6(7):e1000097.
96. Malisoux L, Delattre N, Urhausen A, Theisen D. Shoe Cushioning Influences the Running Injury Risk According to Body Mass: A Randomized Controlled Trial Involving 848 Recreational Runners. *Am J Sports Med.* févr 2020;48(2):473-80.
97. Malisoux L, Chambon N, Urhausen A, Theisen D. Influence of the Heel-to-Toe Drop of Standard Cushioned Running Shoes on Injury Risk in Leisure-Time Runners: A Randomized Controlled Trial With 6-Month Follow-up. *Am J Sports Med.* nov 2016;44(11):2933-40.
98. Theisen D, Malisoux L, Genin J, Delattre N, Seil R, Urhausen A. Influence of midsole hardness of standard cushioned shoes on running-related injury risk. *Br J Sports Med.* mars 2014;48(5):371-6.
99. Fuller JT, Thewlis D, Buckley JD, Brown NAT, Hamill J, Tsiros MD. Body Mass and Weekly Training Distance Influence the Pain and Injuries Experienced by Runners Using Minimalist Shoes: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* avr 2017;45(5):1162-70.
100. Ryan M, Elashi M, Newsham-West R, Taunton J. Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear. *Br J Sports Med.* août 2014;48(16):1257-62.
101. Goss DL, Gross MT. Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. *US Army Med Dep J.* déc 2012;25-30.

102. Ostermann K, Ridpath L, Hanna JB. Self-Reported Minimalist Running Injury Incidence and Severity: A Pilot Study. *J Am Osteopath Assoc.* 1 août 2016;116(8):512-20.
103. Helton GL, Cameron KL, Zifchock RA, Miller E, Goss DL, Song J, et al. Association Between Running Shoe Characteristics and Lower Extremity Injuries in United States Military Academy Cadets. *Am J Sports Med.* 2019;47(12):2853-62.
104. Goss DL, Gross MT. A review of mechanics and injury trends among various running styles. *US Army Med Dep J.* sept 2012;62-71.
105. Warne JP, Gruber AH. Transitioning to Minimal Footwear: a Systematic Review of Methods and Future Clinical Recommendations. *Sports Med - Open.* 15 sept 2017;3(1):33.
106. Sun X, Lam W-K, Zhang X, Wang J, Fu W. Systematic Review of the Role of Footwear Constructions in Running Biomechanics: Implications for Running-Related Injury and Performance. *J Sports Sci Med.* mars 2020;19(1):20-37.
107. [etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf) [Internet]. [cité 27 avr 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf

SOMMAIRES DES FIGURES

Figure 1 (La Clinique du Coureur) – Paramètres de l'indice minimaliste.....	4
Figure 2 – Éléments de base d'une chaussure de course traditionnelle	5
Figure 3 (traduit de Lohaman et al.) – Phases du cycle de course	7
Figure 4 – Différents schémas d'attaque du pas.....	7
Figure 5 – Attaque du pas par l'avant-pied d'un coureur pieds-nus	8
Figure 6 – Attaque du pas par le talon d'un coureur chaussé	8
Figure 7 – Force vertical de réaction au sol en fonction du temps	9
Figure 8 (Lieberman et al.) – Force verticale de réaction au sol pour trois schémas d'attaque du pied à 3,5 m.s ⁻¹ chez le même coureur.	10
Figure 9 – Diagramme de flux de la recherche documentaire.....	25
Figure 10 – Pourcentage de blesses selon le type de chaussure	46

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Présentation des études sélectionnées.....	26
Tableau 2 – Grille PEDro pour les essais contrôlés randomisés.....	28

SOMMAIRE DES ANNEXES

Annexe I – Équations de recherche.....	I
Annexe II – Fiche de lecture.....	III
Annexe III – Tableau d’extraction des études prospectives	IV
Annexe IV – Tableau d’extraction des enquêtes épidémiologiques	IV
Annexe V – Tableau récapitulatif des scores CONSORT pour les ECR	V
Annexe VI – Tableau récapitulatif des scores STROBE pour les études observationnelles	VI
Annexe VII – Tableau d’extraction de chacune des études	VII
Annexe VIII – Tableau récapitulatif des caractéristiques des populations.....	XV
Annexe IX – Tableau récapitulatif des caractéristiques des chaussures.....	XVI
Annexe X – Tableau récapitulatif des interventions pour les études prospectives	XVII
Annexe XI – Résultats détaillés de l’étude de Helton et al. (2019).....	XVIII

Annexe I – Équations de recherche

Medline – PubMed		
Équation de recherche	(Runner OR running OR jogger OR jogging OR athlet* OR sprint* OR running[MeSH Terms] OR field and track[MeSH Terms]) AND (Footwear OR shod OR shoe OR footgear OR shoe[MeSH Terms]) AND (injury OR pain OR "wounds and injuries"[MeSH Terms] OR pain[MeSH Terms])	
Mots clés	Mots courants	Descripteurs MeSH
	Runner, Running, Jogger, Jogging, Athlet*, sprint*	Running, Field and track
	Footwear, Shod, Shoe, Footgear	Shoe
	Injury, Pain	Wound and Injuries, Pain
Filtres	2010-2020	
Nombre de résultats au 20/02/2020	452	

Cochrane Library		
Equations de recherche	#9 AND #10 AND #11 Avec #9 : #1 OR #2 OR #3 #10 : #4 OR #5 #11 : #6 OR #7 OR #8	
Mots clés	Mots courants	Descripteurs MeSH
	#1 : Runner OR running OR jogger OR jogging OR athlet* OR sprint*	#2 : [Running] explode all trees #3 : [Track and Field] explode all trees
	#4 : Footwear OR shod OR shoes OR footgear	#5 : [Shoes] explode all trees
	#6 : Injuries OR Pain	#7 : [Wounds and Injuries] explode all trees #8 : [Pain] explode all trees
Filtres	2010-2020	
Nombre de résultats au 20/02/2020	149 résultats : 124 trials, 21 reviews, 4 protocoles.	

Sciedirect	
Combinaison	(footwear OR shoe OR shod OR footgear) AND (injury OR pain) AND (running OR runner)
Filtres	2010-2020
Nombre de résultats au 20/02/2020	132

PEDro	
Combinaison	Running AND shoe AND injury
Filtres	2010-2020
Nombre de résultats au 20/02/2020	8

Kinedoc	
Combinaison	« (chaussure.tl) ET (course.tl) ET ((blessure.tl) OU (syndrome.tl)) »
Filtres	2010-2020 La littérature grise n'est pas incluse.
Nombre de résultats au 20/02/2020	4 résultats

LiSSa	
Combinaison	((chaussures.tl) OU (chaussures.mc)) ET ((course à pied.tl) OU (course à pied.mc)) ET ((plaies et blessures.tl) OU (plaies et blessures.mc))
Filtres	2010-2020
Nombre de résultats au 20/02/2020	2 résultats

Annexe II – Fiche de lecture

Fiche de lecture

Références de l'article	
Localisation	
Sujet	
Lien avec le thème de travail	
Idées les plus importantes	
Quelques extraits significatifs	
Commentaires personnels	

Annexe III – Tableau d'extraction des études prospectives (ECR et étude de cohorte)

Références de l'article	Design	Population	Groupes	Intervention	Définition de la blessure	Résultats	Score PEDro	Scores CONSORT – STROBE

Annexe IV – Tableau d'extraction des enquêtes épidémiologiques

Références de l'article	Design	Population	Groupe(s)	Objectif du questionnaire	Définition de la blessure	Résultats	Score STROBE

Annexe V – Tableau récapitulatif des scores CONSORT pour les ECR

			Malisoux et al. (2020)	Fuller et al. (2017)	Malisoux et al. (2016)	Ryan et al. (2014)	Theisen et al. (2014)
Titre et résumé		1a	✓	✓	✓	✗	✗
		1b	✓	✓	✓	✓	✓
Introduction	Contexte et objectifs	2a	✓	✓	✓	✓	✓
		2b	✓	✓	✓	✓	✓
Méthodes	Plan de l'essai	3a	✓	✓	✓	✓	✓
		3b					
	Participants	4a	✓	✓	✓	✓	✓
		4b	✓	✗	✓	✗	✗
	Interventions	5	✓	✓	✓	✓	✗
	Critères de jugement	6a	✓	✓	✓	✓	✗
		6b					
Taille de l'échantillon	7a	✓	✓	✓	✓	✓	
	7b						
Randomisation	Production de la séquence	8a	✓	✓	✗	✓	✗
		8b	✓	✓	✓	✓	✓
	Mécanisme d'assignation secrète	9	✓	✗	✗	✗	✗
	Mise en œuvre	10	✓	✗	✗	✓	✗
	Aveugle	11a	✓		✓		✓
		11b	✓		✗		✗
	Méthodes statistiques	12a	✓	✓	✓	✓	✓
12b		✓	✓	✓	✗	✓	
Résultats	Flux des participants	13a	✓	✓	✓	✓	✓
		13b	✓	✓	✓	✓	✓
	Recrutement	14a	✗	✗	✗	✗	✗
		14b	✓	✓	✓	✓	✓
	Données initiales	15	✓	✗	✓	✓	✓
	Effectifs analysés	16	✓	✓	✓	✓	✗
	Critères de jugement et estimations	17a	✓	✓	✓	✓	✓
17b		✗	✓	✗	✓	✗	
Analyses accessoires	18	✗	✓	✗	✓	✗	
Risques	19	✓	✓	✓	✓	✓	
Discussion	Limitations	20	✓	✓	✓	✓	✓
	"Généralisabilité"	21	✓	✓	✓	✓	✓
	Interprétation	22	✓	✓	✓	✓	✓
Informations supplémentaires	Enregistrement	23	✓	✓	✗	✓	✗
	Protocole	24	✓	✗	✗	✗	✗
	Financement	25	✗	✗	✗	✗	✗
Score total (%)			24/34 70.6%	25/32 78.1%	24/34 70.6%	25/32 78.1%	19/34 55.9%

Annexe VI – Tableau récapitulatif des scores STROBE pour les études observationnelles (étude de cohorte et enquêtes épidémiologiques)

			Helton et al. 2019	Ostermann et al. 2016	Goss et Gross 2012
Titre et résumé		1a	✓	✗	✓
		1b	✓	✓	✓
Introduction	Contexte	2	✓	✓	✓
	Objectifs	3	✓	✗	✓
Méthodes	Conception de l'étude	4	✓	✗	✗
	Contexte	5	✗	✓	✓
	Population	6a	✓	✓	✓
		6b			
	Variables	7	✗	✓	✗
	Sources de données / mesures	8	✓	✓	✓
	Biais	9	✓	✗	✓
	Taille de l'étude	10	✗	✗	✗
	Variables quantitatives	11	✓	✓	✓
	Analyses statistiques	12a	✓	✓	✗
		12b	✓	✗	✓
		12c	✓	✓	✓
		12d	✓	✗	✓
		12e	✓	✓	✗
Résultats	Population	13a	✓	✓	✓
		13b	✓	✓	✓
		13c	✓	✗	✓
	Données descriptives	14a	✓	✓	✓
		14b	✓	✓	✓
		14c	✗		
	Données obtenues	15	✓	✓	✓
	Principaux résultats	16a	✓	✓	✗
		16b	✓	✓	✓
		16c	✓	✗	✓
Autres analyses	17	✓	✓	✓	
Discussion	Résultats clés	18	✓	✓	✓
	Limitations	19	✓	✓	✓
	Interprétation	20	✓	✓	✓
	« Généralisabilité »	21	✓	✓	✓
Autre information	Financement	22	✗	✗	✗
Score total (%)			28/33 84.8%	22/32 68.8%	25/32 78.1%

Annexe VII – Tableau d'extraction de chacune des études

Fuller et al. 2017	
Références bibliographiques	Body Mass and Weekly Training Distance Influence the Pain and Injuries Experienced by Runners Using Minimalist Shoes – A randomised control trial. Fuller et al. 2017 Australie. The American Journal of Sports Medicine.
Méthode	Essai contrôlé randomisé
Population	61 coureurs <ul style="list-style-type: none"> • Critères d'inclusion : coureurs sains, hommes, âgés de 18 à 40 ans, attaque du pas par le talon, distance hebdomadaire \geq 15km, pouvant parcourir 5km en moins de 23min. • Critères de non-inclusion : utilisation antérieure de la CM, utilisation de semelles orthopédiques, blessure \leq 3 mois, antécédent de chirurgie invasive (dos, bassin, MI) \leq 1 an.
Groupes	2 chaussures : <ul style="list-style-type: none"> • Chaussure traditionnelle (72% d'indice minimaliste) • Chaussure minimaliste (12% d'indice minimaliste)
Intervention	26 semaines Transition complète, augmentation de 5% par sem. Entraînement standardisé pendant les 6 premières sem. puis libre.
Définition de la blessure liée à la course	« Tout problème musculo-squelettique suffisamment grave pour provoquer une visite médicale, la prise de médicaments ou un entraînement hebdomadaire réduit. »
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Les CM augmenteraient la douleur liée à la course à pied chez les coureurs ayant une distance d'entraînement plus importante (HR \geq 2 pour le mollet à partir de 35km/sem., pour la cheville et le tibia à partir de 40 km/sem.). • Les CM augmenteraient le risque de blessure chez les coureurs ayant une masse corporelle plus élevée (HR \geq 2 pour 85.7kg).
Score PEDro	7/10
Score CONSORT	25/32

Ryan et al. 2014	
Références bibliographiques	Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear. Ryan et al. 2014 Vancouver, Canada. British Journal of Sports Medicine.
Méthode	Essai contrôlé randomisé
Population	99 coureurs <ul style="list-style-type: none"> • Critères d'inclusion : coureurs sains, hommes et femmes, âgés de 19 à 50 ans, ≥ 5 ans d'expérience, au moins une session hebdomadaire pendant les 6 derniers mois, capable de courir 60 min en continu et tolérant 20 à 40km par sem. • Critères de non-inclusion : utilisation antérieure de la CM, supination ou pronation du pied excessive, blessure entraînant un arrêt de l'entraînement durant 2 sem. ou plus dans les 6 mois, ATCD de chirurgie du fascia plantaire ou du tendon d'Achille, pathologie musculo-squelettique, prise d'antalgique
Groupes	3 chaussures : <ul style="list-style-type: none"> • Chaussures traditionnelles (IM 16%) • Chaussures semi-minimalistes (IM 66%) • Chaussures ultra-minimalistes (IM 96%)
Intervention	12 semaines, préparation pour une course de 10km. Transition incomplète (58%), augmentation progressive de l'exposition (10 minutes par sem.) et de la distance parcourue.
Définition de la blessure liée à la course	« 3 entraînements consécutifs non réalisés à cause de la douleur liée à la course. »
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • CT : taux de blessure inférieur. • CSM : taux de blessure supérieur. • CUM : davantage de douleur au tibia et au mollet.
Score PEDro	7/10
Score CONSORT	25/32

Malisoux et al. 2020	
Références bibliographiques	Shoe Cushioning Influences the Running Injury Risk According to Body Mass: A Randomized Controlled Trial Involving 848 Recreational Runners. Malisoux et al. 2020. Luxembourg The American Journal of Sports Medicine
Méthode	Essai contrôlé randomisé
Population	848 coureurs récréatifs <ul style="list-style-type: none"> • Critères d'inclusion : coureurs en bonne santé, âgés de 18 à 65 ans, capable de courir 15 min en continu. • Critères de non-inclusion : utilisation de semelles orthopédiques, contre-indication à la pratique de la course, antécédent de chirurgie du bas du dos ou des MI ≤ 12 mois, blessure liée à la course à pied ≤ 1 mois.
Groupes	2 chaussures aux différentes propriétés d'amortissement : <ul style="list-style-type: none"> • Chaussure souple (61.3 ± 2.7 N/mm) • Chaussure ferme (94.9 ± 5.9 N/mm)
Intervention	6 mois Sans programme d'entraînement particulier : une course minimum par semaine, toute course doit être réalisée avec la chaussure distribuée.
Définition de la blessure liée à la course	« Douleur musculosquelettique liée à la course (entraînement ou compétition) dans les membres inférieurs qui provoque une restriction ou un arrêt de la course (distance, vitesse, durée ou entraînement) pendant 7 jours minimum ou 3 séances d'entraînement programmées consécutives, ou qui imposent au coureur d'aller consulter un médecin ou un autre professionnel de santé. »
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Les coureurs ayant reçu les chaussures les plus denses ont présenté un risque de blessure plus élevé. • Les coureurs légers avaient un risque de blessure plus élevé avec les chaussures de densité supérieure.
Score PEDro	9/10
Score CONSORT	30/34

Theisen et al. 2014	
Références bibliographiques	Influence of midsole hardness of standard cushioned shoes on running-related injury risk. Theisen et al. 2014. Luxembourg British Journal of Sports Medicine.
Design de l'étude	Essai contrôlé randomisé
Population	299 coureurs récréatifs (données de 247 coureurs analysées) Pronation neutre ou moyenne Critères d'inclusion : coureurs en bonne santé, âgés de plus de 18 ans, quel que soit le niveau de course.
Groupes	2 chaussures aux différentes propriétés d'amortissement : <ul style="list-style-type: none"> • Chaussure souple (semelle moyenne plus compliante) • Chaussure ferme (semelle moyenne plus rigide)
Intervention	5 mois Sans programme d'entraînement particulier : une session de course hebdomadaire minimum, la majorité des courses doivent être réalisées avec la chaussure.
Définition de la blessure liée à la course	« Toute douleur physique localisée au niveau des membres inférieurs et de la région lombaire, rencontrée pendant ou en conséquence de la pratique de la course à pied, et empêchant la pratique de la course durant au moins 1 jour »
Résultats	32 blessures avec les chaussures souples et 37 avec les chaussures fermes (n = 69). La dureté de la semelle moyenne n'était pas significativement associée au risque de blessure, indépendamment du poids du coureur.
Score PEDro	6/10
Score CONSORT	19/34

Malisoux et al. 2016	
Références bibliographiques	Influence of the Heel-to-Toe Drop of Standard Cushioned Running Shoes on Injury Risk in Leisure-Time Runners: A RCT With 6-Month Follow-up. Malisoux et al. 2016. Luxembourg The American Journal of Sports Medicine
Design de l'étude	Essai contrôlé randomisé
Population	553 coureurs récréatifs <ul style="list-style-type: none"> • Critères d'inclusion : coureurs en bonne santé, âgés de plus 18 à 65 ans • Critères de non-inclusion : utilisation de CM au drop < 4mm durant les 12 mois précédents, utilisation de semelles orthopédiques, contre-indication à la pratique de la course, antécédent de chirurgie du bas du dos ou des MI ≤ 12 mois.
Groupes	3 chaussures standards aux dénivelés différents : 10 mm, 6 mm et 0 mm.
Intervention	6 mois Sans programme d'entraînement particulier : une session de course hebdomadaire minimum, toute course doit être réalisée avec la chaussure.
Définition de la blessure liée à la course	« Toute douleur physique localisée au niveau des membres inférieurs et de la région lombaire, rencontrée pendant ou en conséquence de la pratique de la course à pied, et empêchant la pratique de la course durant au moins 1 jour »
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Taux de blessure non significativement différent entre un drop de 6 ou 0 mm, par rapport à un drop de 10 mm. • Les chaussures aux faibles dénivelés (6 et 0mm) ont été associées à un risque de blessure plus faible chez les coureurs occasionnels, tandis que ces chaussures étaient associées à une blessure plus élevée risque chez les coureurs réguliers.
Score PEDro	6/10
Score CONSORT	24/34

Helton et al. 2019	
Références bibliographiques	Association Between Running Shoe Characteristics and Lower Extremity Injuries in United States Military Academy Cadets. Helton et al. 2019. États-Unis The American Journal of Sports Medicine
Design de l'étude	Étude de cohorte prospective
Population	827 cadets de l'académie militaire des États-Unis <ul style="list-style-type: none"> • Critères d'inclusion : 17 à 23 ans, hommes et femmes, sains et médicalement apte au service militaire • Critères de non-inclusion : blessure aux membres inférieurs ou au dos \leq 3 mois.
Groupes	Chaussures avec différentes raideurs torsionnelles latérales et épaisseurs sous-talon. <ul style="list-style-type: none"> • Raideurs et épaisseurs légère – modérée – extrême • Raideurs et épaisseurs minimales
Intervention	9 semaines Entraînement de base des cadets de l'académie militaire.
Définition de la blessure liée à la course	« Blessures survenant pendant l'entraînement de base entraînant des limitations physiques pendant 3 jours ou plus. »
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Les cadets portant des chaussures à la raideur modérée, légère et extrême étaient respectivement 51%, 39%, et 38% moins susceptibles de subir une blessure aux membres inférieurs par rapport à ceux portant des chaussures à la rigidité minimale. • Les cadets portant des chaussures à l'épaisseur sous-talon légère et moyenne étaient moins susceptibles, respectivement 51% et 40%, de subir une blessure aux membres inférieurs par rapport à ceux portant des chaussures avec une épaisseur sous-talon minimale.
Score STROBE	28/33

Ostermann et al. 2016	
Références bibliographiques	Self-Reported Minimalist Running Injury Incidence and Severity: A Pilot Study. Ostermann et al. 2016 États-Unis The Journal of the American Osteopathic Association
Design de l'étude	Enquête épidémiologique descriptive rétrospective
Population	47 coureurs <ul style="list-style-type: none"> • Critères d'inclusion : utilisateurs actuels ou antérieurs de la CM, ≥ 18 ans, pas d'exigence de distance hebdo. • Critères de non-inclusion : pas d'expérience de la CM.
Groupe	Anciens ou actuels utilisateurs de la CM
Objectif du questionnaire	<ul style="list-style-type: none"> • Evolution de l'incidence et de la sévérité des blessures après la transition vers la CM. • Influence du temps de transition sur l'incidence et la sévérité des blessures.
Définition de la blessure liée à la course	Blessure non définie par les auteurs de l'étude et auto-rapportées par les participants.
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Le passage à la CM chez le coureur blessé a été perçu comme améliorant les douleurs aux genoux et aux pieds. Aucune région n'a présenté d'augmentation significative de la sévérité. • 18 coureurs ont indiqué avoir subi de nouvelles blessures après le passage aux CM. Leur gravité ne différait pas significativement de l'absence de blessure.
Score STROBE	22/32

Goss et Gross 2012	
Références bibliographiques	Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. Goss et Gross 2012. États-Unis U.S. Army Medical Department Journal
Design de l'étude	Enquête épidémiologique descriptive rétrospective
Population	2509 expérimentés dont 904 ou 888 analysés. <ul style="list-style-type: none"> • Critères d'inclusion : âgés de 18 à 50 ans, déclarant courir au moins 6 miles par semaine (≈ 10 km) • Critères de non-inclusion : modification du schéma d'attaque du pas ou du type de chaussage < 1 an
Groupes	3 groupes : <ul style="list-style-type: none"> • Chaussures traditionnelles • Chaussures minimalistes • Pieds-nus
Objectif du questionnaire	<ul style="list-style-type: none"> • Association chaussage – schémas d'attaque du pied. • Association chaussage – incidence des blessures • Association chaussage – localisation des blessures
Définition de la blessure liée à la course	« Quelque chose qui vous a amené à modifier votre programme d'entraînement pendant au moins 1 sem. en raison de douleur ou d'inconfort (avec ou sans soins médicaux officiels). »
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Les coureurs en CT étaient plus susceptibles de rapporter des blessures aux membres inférieurs que les coureurs en CM. • Les coureurs expérimentés en CM ont déclaré moins de blessures à la hanche, au genou, à la jambe, à la cheville et au pied, que les coureurs en CT.
Score STROBE	25/32

Annexe VIII – Tableau récapitulatif des caractéristiques des populations

Articles	Groupes	Effectif	Âge (années)	Sexe	Distance parcourue par semaine (km)	Années d'expérience	Antécédents de blessures (n (%))
Fuller et al. (2017)	CT	30	27 ± 7	30H	25 ± 14	*	*
	CM	31		31H			
Ryan et al. (2014)	CT	32	34 ± 8	23F 9H	11 ± 19	*	*
	CPM	32	31 ± 7	18F 14H	14 ± 14	*	*
	CM	35	33 ± 8	19F 16H	11 ± 14	*	*
Ostermann et al. (2016)		47	18 à 64 ans	22H 25F	*	*	CT : 16 (34%) CM : 18 (38,3%)
Goss & Gross (2012)	CT	662	37,2 ± 8,5	282H 380F	De 10 à plus de 60km	6,4 ± 5,7	*
	CM	226	39,0 ± 8,4	156H 70F	De 10 à plus de 60km	9,2 ± 8,3	*
Malisoux et al. (2020)	Chaussure souple	428	40,4 ± 10,2	259H 169F	7,9 (6,0 - 10,1)	6 (0-45)	66 (15,4%)
	Chaussure ferme	420	40,5 ± 9,8	260H 160F	8,0 (5,9-9,9)	6 (0-40)	71 (16,9%)
Theinsen et al. (2014)	Chaussure souple	134	41,8 ± 10,4	79H 55F	17,9 ± 13,1	8,1 ± 9,8	36 (27,3%)
	Chaussure ferme	113	41,8 ± 10,1	57H 56F	18,3 ± 12,6	10,8 ± 10,8	33 (30,0%)
Malisoux et al. (2016)	D10	176	38,3 ± 9,7	106H 70F	8,0 ± 2,8	8 (0-39)	44 (25%)
	D6	190	38,0 ± 9,6	11H 79F	7,9 ± 3,0	7 (0-40)	44 (23%)
	D0	187	38,6 ± 9,9	124H 63F	7,9 ± 3,2	8 (0-47)	42 (23%)
Helton et al. (2019)		827	17 à 23 ans	*	*	*	*

Les données sont rapportées en médiane (espace interquartile) ou moyenne ± écart-type selon les études.

* : données non renseignées

CT : chaussure traditionnelle

CM : chaussure minimaliste

CPM : chaussure partiellement minimaliste

D10 : dénivélé de 10 mm

D6 : dénivélé de 6 mm

D0 : dénivélé de 0 mm

Annexe IX – Tableau récapitulatif des caractéristiques des chaussures

	Modèle	Poids	Epaisseur au talon	Dénivelé	Technologies de stabilité et de contrôle du mouvement	Flexibilité longitudinale	Flexibilité torsionnelle	IM
Fuller et al. 2017	CM	Asics Piranha SP4 138 ± 10 g (4/5)	22 mm (2/5)	5 mm (3/5)				72%
	CT	Asics Gel Cumulus 333 ± 25 g (0/5)	32 mm (0/5)	9 mm (2/5)				12%
Ryan et al. 2014*	CM	Vibram 5-Finger Bikila 125-175 g (4/5)	< 8 mm (5/5)	< 1 mm (5/5)	Aucune technologie de contrôle de la pronation (5/5)	R ¹ minimale à la déformation longitudinale (5/5)	R minimale à la torsion (5/5)	96%
	CPM	Nike Free 3.0 V2 227 g (2/5)	20-26 mm (2/5)	7-10 mm (2/5)	Semelle interne médiale surélevée, élargissement médial des semelles moyenne et externe. (3/5)	R modérée à la déformation longitudinale (3/5)	R forte à la tension. (2/5)	46%
	CT	Nike Pegasus 28 311 g (1/5)	≥ 32 mm (0/5)	10-13 mm (1/5)	Semelle interne médiale surélevée, semelle moyenne à densités multiples, renforts médiaux, coupole calcanéenne rigide (1/5)	Très forte R à la déformation longitudinale (1/5)	Très forte R à la torsion (1/5)	16%
Malisoux et al. 2020	CS	337 ± 17 g (0/5)	34 mm (0/5)	10 mm (1/5)	35,4% de différence de densité (tension de surface) de la semelle moyenne.			
	CF							
Theisen et al. 2013	CS				Duromètre : 57.02 ± 2.96 SU Test d''impact : 58.7 ± 2.8 KN/m			
	CF			12 mm	13.1% (p < 0,001) de différence de densité et d'amorti de la semelle moyenne Duromètre : 64.47 ± 2.22 SU Test d''impact : 51.1 ± 4.0 KN/m			
Malisoux et al. 2016	D0			0 mm (5/5)				
	D6	Elion de Kalenji		6 mm (3/5)				
	D10			10mm(1/5)				
Helton et al. (2019)			Minime				Minime	
			Légère				Légère	
			Modérée				Modérée	
			Extrême				Extrême	

R¹ : résistance

* Données tirées de la Clinique du Coureur.

Les cases grisées correspondent aux données non renseignées et non accessibles sur le net.

Annexe X – Tableau récapitulatif des interventions pour les études prospectives

Articles	Entraînement			Recueil des données
	Durée du suivi	Port des chaussures	Entraînements	
Fuller et al. 2017	26 sem.	<ul style="list-style-type: none"> Sem. 1 : 5% (10 min) Augmentation de 5% chaque sem. Sem. 20 à 26 : 100%, transition complète 	<ul style="list-style-type: none"> Sem. 1 à 6 : entraînement contrôlé avec 2 IT¹ et 2 entraînements en continu. Sem. 7 à 20 : entraînement antérieur habituel 	<ul style="list-style-type: none"> Courses, utilisation des chaussures, Pire douleur ressentie, localisation des blessures auto-rapportées par les coureurs après visite médicale, nb d'entraînements manqués. <p>À renseigner minimum 1 fois par sem.</p>
Ryan et al. 2014	12 sem.	<ul style="list-style-type: none"> Sem. 1 : 19% (10 min) Sem. 12 : 58% (115 min), transition incomplète 	<ul style="list-style-type: none"> Sem. 1 : 160 min Sem. 10 : 215 min Sem. 11 et 12 plus souples Course de 10 km 3-4 sessions par sem. : 2-3 fois avec temps donné (dont un IT) et 1 session le WE avec distance donnée. 	<ul style="list-style-type: none"> Compliance Blessures, score FADI (Foot and Ankle Disability Index), EVA pour les douleurs régionales et générale <p>Evaluation au début et aux sem. 2, 4, 8 et 12.</p>
Malisoux et al. 2020	6 mois	Toute course doit être réalisée avec les chaussures allouées.	Pas de programme, minimum une course hebdomadaire.	<ul style="list-style-type: none"> Caractéristiques sessions de course dont port de la chaussure, activités sportives Blessures, douleurs, maladies <p>À renseigner minimum 1 fois par sem.</p>
Theisen et al. 2014	5 mois	La majorité des courses doit être réalisée avec les chaussures.	Pas de programme, minimum une course hebdomadaire.	<ul style="list-style-type: none"> Caractéristiques sessions de course dont port de la chaussure, activités sportives Blessures, douleurs, maladies <p>À renseigner minimum 1 fois par sem.</p>
Malisoux et al. 2016	6 mois	Toute course doit être réalisée avec les chaussures allouées.	Pas de programme, minimum une course hebdomadaire.	<ul style="list-style-type: none"> Caractéristiques sessions de course dont port de la chaussure, activités sportives Blessures, douleurs, maladies <p>À renseigner minimum 1 fois par sem.</p>
Helton et al. 2019	9 sem.	L'entraînement se fait avec les chaussures du coureur.	Entraînement de base des cadets	Blessures. Suivi des cadets par la clinique associée.

IT¹ : Interval Training.

Annexe XI – Résultats détaillés de l'étude de Helton et al. (2019)

	Minime	Légère	Modérée	Extrême
Raideur torsionnelle latérale				
Classes de RTL en Nm ² .deg	< 0.0130	0.0130 - 0.0179	0.0180 - 0.0229	≥ 0.0230
Effectifs	181	231	203	212
Antécédents de blessure %	22%	31%	25%	22%
Sujets blessés n (%)	47 (25.6%)	39 (16.9%)	27 (13.3%)	37 (17.5%)
Hazard Ratio (IC à 95%) *	1,00	0,61 (0,39-0,94)	0,49 (0,31-0,79)	0,62 (0,40-0,96)
Réduction relative du risque (RRR) *		34,98% (5,18-55,42)	48,78% (21,36-66,64)	32,79% (1,48-54,15)
Nombre nécessaire à traiter (NNT) *		11	8	12
Épaisseur sous-talon				
Classes d'épaisseur sous-talon en mm	< 22.0	22.0-24.9	25.0-27.9	≥ 28.0
Effectifs	194	198	195	240
Antécédents de blessure %	25%	18%	27%	30%
Sujets blessés n (%)				
Hazard Ratio (IC à 95%) *	1,00	0,49 (0,30-0,81)	0,60 (0,38-0,96)	0,77 (0,51-1,16)
Réduction relative du risque (RRR) *		43,71% (13,48-63,38)	38,30% (6,29-59,37)	19,17% (-15,55-43,45)
Nombre nécessaire à traiter (NNT) *		9	11	22

* Par rapport aux coureurs portant des chaussures à la raideur torsionnelle latérale ou à l'épaisseur sous-talon minimale.

LAUDREN
Morgane
Place of the minimalist footwear in the prevention of running related injuries: a literature review.
<p>Background: Running has multiple health benefits but is also an important source of injuries. Minimalist footwear has become a popular trend, questioning the benefits of the standard shoes. However, no evidence-based guideline has been presented. Risks and benefits of running in these shoes have yet to be defined.</p> <p>Problematic: Compare the rate of injuries and pain experienced by runners between these two shod conditions.</p> <p>Methods: In February 2020, a review was performed examining multiple databases. Search words focused on three topics: running, footwear and outcomes (i.e. pain and injury). The level of evidence of each article was appraised using the PEDro score and the CONSORT or STROBE checklists.</p> <p>Results: Eight articles met the inclusion criteria. Moderate evidence supports the following results: the transition to minimalist footwear may cause injuries but runners used to minimalist shoes may report less injuries than traditionally shod runners. Some running shoe constructions could affect injury rate.</p> <p>Conclusion: Future research is needed to clarify these results.</p>
Place de la chaussure minimaliste dans la prévention des blessures liées à la course à pied : une revue de la littérature.
<p>Contexte : La course à pied procure de nombreux bénéfices pour la santé mais constitue également une source majeure de blessures. La chaussure minimaliste a récemment gagné en popularité, remettant en question les bénéfices de la chaussure traditionnelle. Cependant, aucune recommandation basée sur les preuves n'a été présentée. Les risques et bénéfices de la course avec ces chaussures doivent être définis.</p> <p>Problématique : Comparer les taux de blessures et de douleurs chez les coureurs portant ces deux types de chaussures.</p> <p>Méthode : En février 2020, une revue a été effectuée à partir de plusieurs bases de données. Les mots-clés étaient axés autour de trois thèmes : la course à pied, les chaussures et les critères de jugement (c-à-d. douleurs et blessures). Le niveau de preuve de chaque article a été évalué à l'aide du score PEDro et des listes de contrôle CONSORT ou STROBE.</p> <p>Résultats : Huit articles ont été sélectionnés. Des preuves modérées soutiennent les résultats suivants : la transition vers la chaussure minimaliste serait source de blessures mais les coureurs habitués à la chaussure minimaliste rapporteraient moins de blessures que les coureurs en chaussures traditionnelles. Certaines constructions de chaussures de course pourraient affecter les taux de blessures.</p> <p>Conclusion : Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour approfondir ces résultats.</p>
Key words: running, footwear, injury, pain, prevention
Mots clés : course à pied, chaussure, blessure, douleur, prévention
<p style="text-align: center;">INSTITUT DE FORMATION MASSEURS KINESITHERAPEUTES – BREST 22 avenue Camille Desmoulins 29238 BREST CEDEX 3 TRAVAIL ECRIT DE FIN D'ETUDES 2020</p>