

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
2. CADRE THÉORIQUE.....	3
2.1. Biomécanique de la course.....	3
2.1.1. Le cycle de course.....	3
2.1.2. Le type de pose de pied.....	4
2.1.3. Facteurs influençant le risque de blessures.....	6
2.1.3.1. Fréquence de foulée.....	6
2.1.3.2. Loading rate.....	6
2.2. Blessures liées à la course à pied.....	7
2.3. Douleur.....	8
2.4. Les chaussures minimalistes.....	9
2.4.1. Principe de la chaussure minimaliste.....	9
2.4.2. Indice minimaliste.....	10
2.4.3. La transition de la chaussure standard à la chaussure minimaliste.....	11
3. PROBLÉMATIQUE.....	12
4. MÉTHODOLOGIE.....	13
4.1. Stratégie de recherche.....	13
4.2. Sélection des articles.....	14
4.3. Extraction des données.....	16
4.4. Evaluation de la qualité des articles.....	17
5. RÉSULTATS.....	18
5.1. Résultats de la recherche d'articles.....	18
5.2. Résultats de l'évaluation de la qualité.....	19
5.2.1. Evaluation quantitative de la qualité des articles selon l'échelle PEDro.....	19
5.2.2. Evaluation qualitative de la qualité des articles selon la checklist CONSORT.....	19
5.3. Description des articles retenus.....	21
5.3.1. Description des populations avant la transition.....	21
5.3.2. Description des interventions.....	22
5.3.3. Description des outcomes utilisés.....	24

5.3.3.1. Blessures.....	24
5.3.3.2. Douleur.....	24
5.4. Résultats des outcomes.....	25
5.4.1. Blessures.....	25
5.4.2. Douleur.....	26
6. DISCUSSION.....	28
6.1. Interprétation de l'évaluation de la qualité des articles.....	28
6.2. Biais et limites.....	28
6.2.1. Biais et limites intra-études.....	28
6.2.2. Biais et limites inter-études.....	31
6.2.3. Limites de notre revue.....	32
6.3. Interprétation des résultats.....	33
6.3.1. Blessures.....	33
6.3.2. Douleur.....	33
6.4. Pistes futures.....	34
6.5. Recommandations pour la pratique.....	35
7. CONCLUSION.....	36
8. LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	VIII
9. BIBLIOGRAPHIE.....	XIII
10. ANNEXES.....	XV
Annexe I : Equations de recherche.....	XV
Annexe II : Tableau d'extraction.....	XVII
Annexe III : Evaluation de la qualité des articles.....	XIX
Annexe IV : Description des entraînements.....	XXI
Annexe V : Description des modèles de chaussures utilisées.....	XXII
Annexe VI : Résultats.....	XXIII
Annexe VII : Lexique.....	XXV

1. INTRODUCTION

La course à pied dite « populaire » a pris son essor dans les années 70. Avant cette date, seuls les coureurs d'élite pratiquaient ce sport dans un cadre bien délimité ; un stade. Ce n'est qu'à partir de 1970 que la course à pied s'est démocratisée aux coureurs récréatifs, pour devenir aujourd'hui l'un des sports les plus pratiqués au monde. Selon les statistiques de l'année 2014, un quart de la population suisse pratique le jogging ou la course à pied (OFSPPO, 2017), ce qui représente un peu plus de 2 millions de personnes (OFS, 2017).

La pratique d'un sport ou d'une activité physique ont des effets bénéfiques sur la santé. L'OMS a publié en 2010 des « *Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé* » spécifiques par tranche d'âge; ceci dans le but de favoriser la prévention primaire contre la sédentarité (quatrième facteur de risque de la mortalité mondiale) et les maladies non transmissibles. L'engouement que la course à pied génère est peut-être dû aux bénéfices qu'apporte ce sport à ceux qui l'exercent. En effet, sa pratique régulière prévient les maladies liées à la sédentarité comme les maladies cardiovasculaires et le diabète. Ce sport a également un effet favorable sur l'esprit: le running permettant d'améliorer l'activité mentale (mémoire, attention), la qualité du sommeil, l'humeur et l'activité sexuelle (Bompard, 2012, pp. 38-39).

Bien que la course à pied connaisse un nombre toujours croissant de pratiquants (en Suisse, la croissance est de 700'000 coureurs supplémentaires entre 2008 et 2014, OFSPPO), le nombre de blessures liées à ce sport est important. Son incidence pour le membre inférieur va de 19.4% à 79.3% selon Van Gent et al. (2007). Ce chiffre représente un taux annuel d'environ 56% chez les coureurs récréatifs (Van Dyck et al., 2015 ; Heiderscheit et al., 2011).

Les différentes affections du coureur peuvent toucher les systèmes osseux, musculaire et viscéral. Les localisations principales des blessures sont le genou (19.6%), la cheville (45.2%) et le pied (6.7%) (BPA, 2017). Les blessures les plus courantes sont les fractures de fatigue, la périostite tibiale, les tendinites (localisées au niveau du genou, de la cheville et de la hanche), les accidents musculaires (tels que crampe, DOMS¹,

1 DOMS = Delayed-onset muscle soreness ; traduction: courbature

élongation, etc) et les pathologies du pied. Des malaises et des troubles du système digestif sont également possibles, mais le plus souvent chez les compétiteurs de fond les moins entraînés (Bompard, 2012).

En 2009, le succès littéraire mondial « Born to Run » de Christopher McDougall met en exergue la course pieds nus. Depuis, le succès des chaussures dites minimalistes et barefoot² bat son plein. Mais pourquoi courir pieds nus ? Quels en sont les avantages ? Réduire l'amorti de la chaussure ne causerait-il pas plus de blessures ? Quelles conséquences entraînent ce type de chaussures sur la biomécanique de course ?

Ce que nous pouvons affirmer aujourd'hui c'est que, grâce au faible poids des chaussures minimalistes, l'économie de course est améliorée (Cheung & Ngai, 2016). L'utilisation de ce type de chaussures entraînerait aussi des modifications dans la biomécanique de course. En effet, les études tendent vers une flexion de genou plus importante lors de l'attaque du pied au sol, mais celle-ci serait moindre lors de la phase oscillante chez les coureurs pieds nus ou en chaussures minimalistes. En ce qui concerne la modification de la biomécanique de course par les chaussures minimalistes, et donc le risque de blessure en lien, les études publiées jusqu'à présent exposent des évidences variables selon le facteur étudié (Perkins, Hanney & Rothschild, 2014). C'est pourquoi les auteurs se penchent depuis quelques années sur le taux réel de blessures subies par les coureurs qui effectuent une transition de chaussures standard vers des chaussures minimalistes.

L'objectif de ce travail est de faire un état des lieux de la littérature scientifique sur le taux de blessures et la douleur chez les coureurs dits récréatifs lors d'une transition de chaussures traditionnelles vers des chaussures minimalistes.

2 traduction de « pieds nus »

2. CADRE THÉORIQUE

2.1. Biomécanique de la course

2.1.1. Le cycle de course

Lors de l'analyse des cycles de la marche et de la course, il est d'usage de les fractionner en plusieurs phases : une phase d'appui et une phase oscillante. Le cycle de course comporte plusieurs différences notables avec le cycle de marche, souvent pris comme référence. La marche se caractérise par des périodes de double appui (les deux pieds sont au sol) séparant des périodes de simple appui (un seul pied est en contact avec le sol). La course elle, comporte une phase de simple appui et une phase d'envol, où les pieds n'ont plus de contact avec le sol. Elle n'a jamais de période de double appui.

Lors de la marche, la phase d'appui représente 60% de la durée totale du cycle et la phase oscillante 40 %. Pour la course, c'est le contraire : la phase d'appui correspond à 40 % de la durée totale du cycle et la phase d'envol 60% (Grimshaw & Burden, 2010).

De plus, la phase d'appui du cycle de course peut encore être scindée en trois étapes : l'amortissement, le soutien et la propulsion. L'amortissement commence lorsque le pied prend contact avec le sol et dure tant que le centre de gravité du coureur est en avant de celui-ci (Brigaud, 2013). La phase de soutien est le moment où le centre de gravité est à l'aplomb de l'appui au sol. Enfin, s'ensuit la propulsion qui se termine lorsque le pied quitte le sol (Gindre, 2013).

Les variations principales observables dans un cycle de course à pied sont l'allongement de la foulée, appelé aussi amplitude, et la cadence, nommée également fréquence. L'amplitude est définie comme la distance entre deux poses d'appui. La fréquence, quant à elle, est le nombre de poses d'appui par minute. Ces deux éléments sont inter-reliés et ont un impact direct sur la vitesse de course. En effet, si un coureur veut diminuer la longueur de sa foulée mais sans ralentir, il devra augmenter la cadence de sa foulée. En pratique, s'il désire augmenter sa vitesse de course, le coureur allonge en

premier sa foulée, puis lorsqu'il aura atteint une vitesse de 7 m/s environ, l'accroissement de sa vitesse se fait par l'augmentation de la cadence (Grimshaw et Burden, 2010).

2.1.2. Le type de pose de pied

L'étape d'amortissement du pied peut être effectuée par le talon ou par l'avant du pied. Certains auteurs ajoutent une troisième catégorie, l'attaque avec le médio-pied ou « midfootstrike » en anglais, c'est-à-dire que le coureur pose le pied à plat au sol.

L'attaque par le talon, « rearfootstrike », est la plus répandue : elle représente environ 75 à 80% des coureurs habituellement chaussés avec des chaussures standard, alors que la course pieds nus favorise une attaque par l'avant du pied, « forefoot » (Grimshaw et Burden, 2010 ; Perl, Daoud & Lieberman, 2012 ; Hamill, Gruber & Miller, 2013; Larson et al., 2011). Une étude de Lieberman, D. E. (2015) sur 48 kenyans conclut pareillement que moins les personnes ont porté de chaussures, plus elles attaquent avec l'avant du pied. Elle ajoute un autre facteur qui est l'historique de course : plus celui-ci est important, plus le coureur attaque avec l'avant-pied. Pour finir, les coureurs les plus rapides ont eux aussi tendance à poser le pied à plat au sol et non avec le talon (Hasegawa, Yamauchi & Kraemer, 2007).

Lors du passage de la course en chaussures standard à une course pieds nus, la transition vers l'attaque sur l'avant-pied est facilitée : le taux d'attaque sur le talon est significativement plus faible, même si cette transition n'est automatique uniquement chez 20 sur 30 participants de l'étude de Cheung & Rainbow (2014, p. 123).

Au niveau musculaire, la différence d'attaque s'exprime principalement au niveau des fléchisseurs dorsaux et plantaires de cheville. Chez les coureurs attaquant avec l'avant-pied comparés à ceux présentant une attaque par le talon, le tibial antérieur travaille moins en fin de phase oscillante, alors que les jumeaux (gastrocnémiens) se contractent de manière plus importante lors de la fin de la phase d'appui (Yong, Silder & Delp, 2014). Lors de l'attaque du talon, le tibial antérieur, lui, est fortement sollicité en contraction excentrique, afin de retenir la chute de l'avant-pied. La course est souvent plus bruyante et, lors du contact du pied avec le sol, une onde de choc se propage dans la jambe. A l'inverse, lors d'une attaque par l'avant-pied, l'amortissement est géré par les fléchisseurs plantaires de cheville qui permettent, grâce au bras de levier que forme

le pied, de diminuer voir annuler cette onde de choc (Brigaud, 2015). Les fléchisseurs et la voûte plantaires sont chargés d'emmagasiner de l'énergie lors de l'amortissement et d'en restituer une partie lors de la poussée (Brigaud, 2013).

En effet, les muscles sont capables d'emmagasiner de l'énergie potentielle élastique lorsqu'ils effectuent un travail excentrique, et de restituer cette énergie aussitôt après pour se raccourcir lors de leur contraction concentrique. Lors de la course, ce phénomène permet de réduire l'énergie chimique nécessaire pour la machinerie contractile (Thys, 2001). Le tendon d'Achille emmagasine à lui seul environ 35% de l'énergie mécanique absorbée à chaque phase d'amortissement et la restitue lors de la poussée. Ce phénomène est bien sûr fortement diminué lorsque l'attaque est effectuée sur le talon, car l'étirement du triceps ne se fait pas à l'impact mais uniquement lorsque le tibia dépasse le pied. Les arches longitudinale et transversale du pied, quant à elles, restituent environ 17 % de l'énergie mécanique générée à chaque pas. De plus, courir pieds nus ou en chaussures minimalistes favorise cet emmagasinement d'énergie, car les chaussures avec un support plantaire rigide limitent l'affaissement de la voûte plantaire et donc son étirement (Perl, Daoud & Lieberman, 2012, pp. 1336-1337).

Entre l'attaque par l'avant-pied et par le talon, une autre différence biomécanique se situe au niveau du genou. Lors d'une attaque talon, le pied est posé en avant du genou, avec ce dernier en position d'extension; puis lors de la phase d'appui, le coureur effectuera ensuite une flexion plus importante de son articulation. A l'inverse, le coureur attaquant avec l'avant va poser son pied plutôt sous son genou légèrement fléchi. De plus, la compliance du genou dans cette position à l'impact va engendrer une flexion plus importante à ce moment-là, mais plus faible lors de la suite de la phase d'appui (Perl, Daoud & Lieberman, 2012, p. 1336).

Au niveau cinématique, le temps de contact du pied sur le sol diminue lors d'une attaque sur l'avant-pied (Hasegawa, Yamauchi & Kraemer, 2007).

2.1.3. Facteurs influençant le risque de blessures

2.1.3.1. FRÉQUENCE DE FOULÉE

La fréquence de foulée recommandée pour la diminution des blessures est de 180 pas par minute (+/- 10) (Dubois, 2010, p. 4). Deux facteurs influencent la cadence de la foulée, le premier étant le niveau des coureurs. En effet, cette cadence va de 170 pas³ par minute chez les coureurs confirmés (Heiderscheit, Chumanov, Michalski, Wille & Ryan, 2011 ; Lenhart, Thelen, Wille, Chumanov and Heiderscheit, 2014 ; Richardson, 2013) à 155 pas par minute pour les coureurs récréatifs (Dubois, 2015). Le second facteur est le type de chaussure. Selon Dubois (2015), si ces mêmes coureurs en baskets standard (155 pas par minute), se déchaussent pour courir, leur cadence va augmenter en moyenne de 10 à 15 pas par minute.

Plusieurs études ont démontré que la cadence de la foulée avait un impact important sur le risque de blessures en course à pied. Plus la fréquence est haute, moins le coureur a de probabilité de subir une lésion (Heiderscheit, Chumanov, Michalski, Wille & Ryan, 2011, p. 296). Cette étude explique qu'augmenter de 10% la fréquence de la foulée permet de diminuer les traumatismes lors de l'impact au sol, grâce à une amplitude verticale moins importante du centre de gravité. Nous avons vu plus haut que la manière d'augmenter le nombre de pas par minute sans diminuer sa vitesse de course était de raccourcir sa foulée. Edwards, Taylor, Rudolphi, Gillette & Derrick (2009, p. 7) montre que pour une vitesse stable, une réduction de 10% de la longueur de pas diminue significativement la probabilité d'une fracture de stress tibiale. Le fait de raccourcir la longueur de la foulée engendre un travail excentrique moins important au niveau des articulations des membres inférieurs et surtout des genoux.

2.1.3.2. LOADING RATE

Le loading rate, traduit par force d'impact verticale, est la vitesse à laquelle la force appliquée sur le pied augmente lors de son attaque au sol. En course, il s'agit de la pente de la courbe représentant la force de réaction du sol. Plus la pente est importante (donc verticale visuellement sur un graphique), plus le loading rate est grand (Illustration 1). Il faut bien différencier la force d'appui au sol de sa vitesse d'application.

3 172.6 ± 8.8 steps/min chez Heiderscheit, Chumanov, Michalski, Wille & Ryan, 2011, p. 296
174 ± 9 chez Lenhart, Thelen, Wille, Chumanov and Heiderscheit, 2014, p. 4
168.8 ± 11.3 chez Richardson, 2013, p. 7

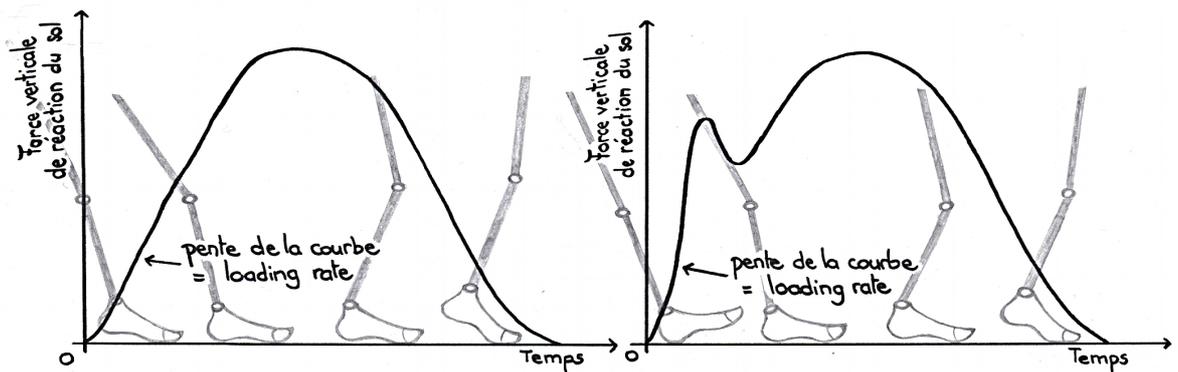


Illustration 1 : La force de réaction du sol lors de la phase d'appui du cycle de course, avec une attaque par l'avant-pied (à gauche) et par le talon (à droite)

(Adapté de Daoud et al., 2012)

Nous remarquons que lorsque l'on fait courir pieds nus des coureurs habituellement chaussés, leur loading rate diminue de manière significative s'ils abandonnent leur attaque talon pour une attaque sur l'avant-pied (Cheung & Rainbow, 2014, p.123).

Le lien entre le loading rate et les blessures a été mis en évidence. En effet, les coureurs récréatifs qui se blessent ont une force d'impact verticale plus importante (Bredeweg, Kluitenberg, Bessem & Buist, 2013). Ceci est confirmé par les revues systématiques de Zadpoor & Nikooyan (2011) et de Van Der Worp, Vrieling & Bredeweg (2016) affirmant le lien entre un historique de fracture de stress tibiale et/ou métatarsienne avec un loading rate important. Van Der Worp, Vrieling & Bredeweg (2016) ajoute même que certaines études ont relevé un loading rate plus important chez les coureurs ayant subi tout type de blessure liée à la course comparés aux coureurs non blessés.

2.2. Blessures liées à la course à pied

Comme vu dans l'introduction, la course à pied devient, au fil des ans, de plus en plus populaire. Malheureusement, la pratique de ce sport n'est pas sans risque. Les chocs et tensions de chaque appui provoquent un stress mécanique sur les structures. Ce stress peut, dans une certaine mesure, être bénéfique pour les muscles, les articulations et les os. Par contre, à trop forte dose ce stimulus peut devenir délétère et engendrer des blessures. Pour se prémunir contre le risque de lésion, il est recommandé d'augmenter progressivement la charge d'entraînement, de respecter les signaux d'alarme du corps et de donner au corps un temps de récupération suffisant (Gindre, 2013).

Le coureur peut souffrir de plusieurs types de lésions : musculaires, tendineuses, articulaires, osseuses et autres (qui n'entrent dans aucune des classifications précitées). Dans son ouvrage « Courir en harmonie » (2013), Cyrille Gindre liste les dix blessures les plus fréquentes en course à pied : syndrome rotulien ou pathologies du ménisque, périostite, tendinopathie d'Achille, aponévrosite plantaire avec ou sans épine calcanéenne, tendinite du tendon rotulien, tendinite du muscle tenseur du fascia-lata, pathologies métatarsiennes, fracture de fatigue, tendinite du jambier postérieur et tendinite des péroniers latéraux.

Blaise Dubois précise les localisations des blessures par rapport au niveau d'entraînement des coureurs. En effet, les pathologies concernant la jambe (entre le genou et la cheville) sont plus souvent rencontrées chez les coureurs récréatifs. Les athlètes, eux, souffriraient plus de blessures au genou. Par contre, les lésions au pied sont très fréquentes, tant chez les coureurs novices que confirmés (La Clinique Du Coureur, 2017). Les douleurs ressenties à la cuisse et au dos ne sont par contre pas étudiées en fonction du niveau du coureur.

2.3. Douleur

La douleur est une expérience subjective propre à chaque individu. L'International Association for the Study of Pain définit la douleur comme « une expérience désagréable, à la fois sensorielle et émotionnelle, liée à une lésion tissulaire existante ou potentielle ou simplement décrite en termes d'une telle lésion » (Acapo, Seyrès & Savignat, 2017, p. 4). Il existe plusieurs types de douleur en fonction de leur profil évolutif : aiguë, subaiguë, récurrente, transitoire et chronique. Comme la douleur est une perception, des échelles ont été mises au point pour tenter de l'évaluer. Pour quantifier la douleur aiguë, il y a des échelles unidimensionnelles validées comme l'échelle visuelle analogique (EVA / VAS), l'échelle numérique (EN) et l'échelle visuelle simple (EVS). Les douleurs ressenties lors d'un sport ou d'une activité sont considérées comme des douleurs musculo-squelettiques aiguës. Quant aux douleurs chroniques, il existe des échelles multidimensionnelles qui prennent en compte le caractère sensoriel, fonctionnel, émotionnel, cognitif et comportemental de la douleur (Acapo, Seyrès & Savignat, 2017) ; le questionnaire de McGill en est un bon exemple.

Afin d'appréhender au mieux le mécanisme d'évolution des blessures et des douleurs lors du changement de chaussures, il est indispensable de bien comprendre les caractéristiques des chaussures minimalistes et leur influence sur la biomécanique de la course, ainsi que les recommandations établies pour la transition de chaussures standard à minimalistes.

2.4. Les chaussures minimalistes

Aujourd'hui, la tendance est au retour à la simplicité des chaussures de course à pied. Cette vague a été initiée par le best-seller « Born to Run » de Christopher McDougall. Il y raconte sa rencontre avec le peuple Tarahumaras dont les performances hors norme en course à pied sont étonnantes. En effet, la particularité de ce peuple mexicain est de pouvoir parcourir de très longues distances sans se fatiguer, ni se blesser tout en étant chaussé de simples sandales à semelles fines pourvues de lacets en cuir, appelées « Huaraches ». C'est sur ce phénomène que l'essor des chaussures minimalistes connaît un succès grandissant.

2.4.1. Principe de la chaussure minimaliste

Un consensus a été établi pour définir la chaussure minimaliste 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 » (Esculier et al., 2015, pp. 4-5). Le port de chaussures minimalistes a donc comme premier effet d'augmenter les sensations au niveau du pied.

Le principe des chaussures minimalistes est de garantir la protection du pied des agressions externes, tout en incitant le coureur à adopter une course plus proche de celle pieds nus. Ainsi, le coureur serait incité à naturellement adapter sa biomécanique de course en attaquant par l'avant-pied et en augmentant notamment sa cadence ; ceci dans un objectif de performance et de diminution des risques de blessures.

En ce qui concerne l'attaque du pied, la cadence et le temps de contact au sol, on observe en chaussures minimalistes les mêmes adaptations que pieds nus. En effet, l'attaque du pied est déplacée vers l'avant en chaussures minimalistes par rapport aux chaussures standard (Warne et al., 2014 ; Squadrone & Gallozzi, 2009). Comparés aux

coureurs en chaussures standard, les coureurs minimalistes ont tendance à adopter une fréquence de foulée plus importante (Warne et al., 2014 ; Warne & Warrington, 2014). Selon Blaise Dubois, les personnes habituées aux chaussures minimalistes adoptent une cadence supérieure à 170 pas par minute comme les populations de coureurs pieds nus (2015). Le temps de contact au sol est lui aussi plus court en chaussures minimalistes chez les coureurs habitués à courir pieds nus (Squadrone & Gallozzi, 2009). Ces trois facteurs, attaque par l'avant-pied, cadence augmentée et temps de contact au sol raccourci, donnent à la foulée un aspect léger et rebondissant.

Par contre, les données concernant la force d'impact en chaussures minimalistes restent controversées. Sans entraînement, le loading rate est plus important avec les chaussures minimalistes (Warne et al., 2016 ; Willy & Davis, 2014). Peu d'études se penchent sur le loading rate en chaussures minimalistes après une période d'adaptation et trop de facteurs tels que les conseils et les entraînements diffèrent. Par contre, Goss et al. (2015) montre que les coureurs, habitués à courir depuis plus de six mois avec des chaussures minimalistes et attaquant avec l'avant-pied, ont un loading rate moins important que ceux attaquant avec l'arrière-pied, ainsi que les coureurs chaussés traditionnellement.

2.4.2. Indice minimaliste

Il existe cependant une multitude de modèles de chaussures dites minimalistes. Un indice, soumis à des experts et obtenant un consensus, a été mis au point afin de classifier les chaussures des plus minimalistes aux plus maximalistes (Esculier et al., 2015). Cinq critères ont ainsi été établis : l'absence de technologie de stabilité, la flexibilité (transversale et longitudinale), la légèreté, la faible épaisseur mesurée au talon, et la pente talon-orteils (« drop » en anglais) faible. Chaque critère vaut cinq points. Pour obtenir un résultat, il faut additionner les points obtenus dans chaque catégorie et multiplier le résultat par quatre afin d'obtenir le score sous forme d'un pourcentage (de 0% à 100%). D'après cet indice, plus une chaussure a un pourcentage élevé, plus elle sera considérée comme minimaliste. A l'inverse, une chaussure obtenant un taux bas sera considérée comme standard (La Clinique Du Coureur, 2017). Par contre, il n'existe aucun seuil qui délimite la catégorie chaussure « minimaliste » de la chaussure « standard ».

Gindre (2013) conseille de porter des baskets avec une pente inférieure à 1 cm, voire inexistante, et dont le poids n'excède pas les 200g. Il relève également qu'une chaussure légère permet aussi de gagner en économie de course.

2.4.3. La transition de la chaussure standard à la chaussure minimaliste

Comme nous l'avons vu plus haut, la biomécanique de course change lors du passage de chaussures standard à des chaussures minimalistes. Ce changement implique également une modification des groupes musculaires sollicités. Lors de l'utilisation de chaussures standard, la charge de travail musculaire et tendineuse se concentre sur les muscles du bas du dos, les fessiers, le psoas, le tibial antérieur et les genoux. Les chaussures minimalistes, elles, augmentent la charge sur les pieds, les stabilisateurs de cheville, le tendon d'Achille et les gastrocnémiens (Bergeron, S.d.). Ce changement engendre un stress mécanique sur des structures qui d'ordinaire ne travaillent pas ou peu; c'est pourquoi une période de transition est requise. Dans l'ouvrage de Cyrille Gindre (2013), une recommandation de Blaise Dubois préconise une transition progressive et douce. Les premières sorties de course avec des chaussures minimalistes sont effectuées seulement pendant une minute en alternance avec des périodes de marche. L'évolution est d'une minute supplémentaire par entraînement, et l'augmentation du volume total d'entraînement ne doit pas dépasser 10% par semaine. En outre, Blaise Dubois suggère de s'entraîner peu mais souvent, car cela permet aux structures nouvellement sollicitées de mieux s'adapter. Bergeron (S.d.) affirme que le corps s'adapte à tous nouveaux changements tant que le stress appliqué n'est pas plus grand que sa capacité d'adaptation. En effet, les blessures sont souvent dues à une surcharge exercée sur une partie du corps. Il propose pour éviter tout risque de lésion, une période de transition d'un mois par tranche de 10 à 20% d'indice minimaliste gagné pour les coureurs désireux de passer d'une chaussure standard à une chaussure minimaliste.

3. PROBLÉMATIQUE

Comme vu dans l'introduction, chaque année, un coureur récréatif sur deux va se blesser durant sa pratique sportive (Van Dyck et al., 2015 ; Heiderscheit et al., 2011). Les coureurs habitués à courir pieds nus ou en chaussures minimalistes semblent présenter un taux de blessures plus faible (Goss et al., 2015). Cependant, la transition vers la chaussure minimaliste peut être le vecteur d'un traumatisme dû aux modifications de forces appliquées sur les membres inférieurs du coureur et à une augmentation du stress mécanique sur certaines structures non habituées à être sollicitées. Notre travail a ainsi pour but d'évaluer le risque que représente la période de transition et s'insère dans une réflexion pour la prévention des blessures.

En tant que thérapeute, connaître le risque encouru, la localisation préférentielle des blessures et des douleurs lors de la transition permettra de mieux conseiller un patient souhaitant commencer à porter des chaussures minimalistes. De manière tout aussi primordiale, face aux coureurs blessés, connaître l'influence des chaussures minimalistes sur le risque de blessures permettra au thérapeute d'ajouter à sa prise en charge des conseils en ce qui concerne le type de chaussures à adopter lors de la reprise de la course.

Question de recherche : Lors d'une transition de chaussures traditionnelles vers des chaussures minimalistes chez des coureurs récréatifs, quels sont le taux de blessures et l'intensité de la douleur perçue?

P : Personnes pratiquant la course à pied au moins une fois par semaine

I : Effectuer une transition vers le port de chaussures minimalistes

C : Courir avec des chaussures standard

O : Incidence des blessures et douleur (VAS)

T : De 12 semaines à 30 semaines

Notre objectif principal est de déterminer le risque de blessures et de douleurs encouru lors d'une transition de plusieurs semaines de chaussures standard vers les chaussures minimalistes ayant un indice de plus de 70%. Secondairement, nous aimerions pouvoir établir un lien par syllogisme entre les douleurs perçues et le risque de blessures.

4. MÉTHODOLOGIE

Toutes les étapes, de la recherche d'articles à leur sélection, ont été faites à deux. En effet, nous avons effectué notre choix chacune de notre côté en nous voyant à chaque étape, afin de nous mettre d'accord tant sur les équations de recherches que sur les critères de sélection des articles. De plus, nous avons créé un dossier partagé sur Google Drive afin de suivre en temps réel le travail de chacune et de pouvoir en discuter.

4.1. Stratégie de recherche

Notre stratégie de recherche s'est voulue très large et exhaustive, tant dans les bases de données choisies que pour les mots-clefs.

En premier lieu, nous avons décidé d'effectuer notre recherche d'articles sur de nombreuses bases de données, afin de réunir un maximum de résultats sur notre sujet. Notre recherche de la littérature scientifique s'est faite sur les bases de données Medline via PubMed, Cinahl, PEDro, Embase, Cochrane Library, LiSSa, BDSP et Kinedoc.

En deuxième lieu, nous avons élaboré nos équations de recherche en fonction des bases de données (Annexe I, p. XV). Les filtres et les thésaurus utilisés ont été adaptés pour chaque base de données utilisée : MeSH Terms pour Medline via PubMed, Headings pour CINHAL et le thésaurus d'Embase. Nos recherches se sont concentrées sur trois thèmes, à savoir la course à pied, les chaussures minimalistes et les blessures.

Afin d'élargir nos recherches et de ne pas écarter d'articles pertinents, nous avons relié tous les termes correspondants à un même thème avec le connecteur booléen « OR ». Le thème du type de chaussures comportait des mots tels que « shoe », « minimalist » et « footwear ». Celui des blessures en course à pied incluait par exemple les termes « injury », « running related injuries » et « pain », selon les mots disponibles dans les thésaurus respectifs des moteurs de recherche. La liaison des différents axes s'est faite avec le connecteur booléen « AND ».

Lors de nos recherches sur PEDro, nous avons utilisé la troncature «*» pour inclure le pluriel des mots libres.

Nous avons également mis en place une alerte sur le moteur de recherche Medline via PubMed, afin d'être averties des nouvelles parutions d'articles répondant à la recherche « shoes AND (minimalist OR barefoot) AND running ». Nous avons intentionnellement été très globales sur les chaussures et la course à pied, car il était aussi important pour nous d'être tenues au courant de tout article étudiant même d'autres facteurs pouvant ensuite être en lien avec les blessures et douleurs.

La période de recherche d'articles s'est étendue de septembre 2016 à février 2017. Tout nouvel article qui viendrait à paraître dès mars 2017 ne serait pas pris dans l'analyse, mais discuté dans le chapitre discussion ou lors de la soutenance.

4.2. Sélection des articles

Au tout début de notre recherche, avant même d'effectuer le tri de nos articles, nous nous sommes mises d'accord sur les critères d'inclusion et d'exclusion. Notre objectif était d'obtenir des études prospectives sur la transition de chaussures standard à minimalistes. Nous avons donc exclu toutes les études rétrospectives et questionnaires envoyés à des coureurs, ainsi que les études de cas. Même si, par le choix de nos mots-clés et des bases de données, nous avons axé nos recherches vers la littérature quantitative, nous avons bien évidemment écarté toute étude qualitative qui apparaîtrait dans nos résultats. Il nous était aussi important de ne garder que les études qui traitaient d'une population de coureurs sains. Nous avons non seulement éliminé les études sur des populations déjà blessées, mais aussi les études sur les coureurs novices, car notre problématique est axée sur les coureurs habitués aux chaussures standard. Par contre, le sexe de la population étudiée n'était pas un critère d'exclusion car nous voulions, dans l'idéal, que nos conclusions soient utilisables pour nos patients quel que soit leur genre. Nous avons également décidé que ni la taille de la cohorte, ni la présence d'un groupe contrôle, ni le score PEDro ne seraient des critères d'exclusion. En ce qui concerne la littérature de synthèse (revues systématiques et guidelines), nous avons choisi de les exclure lors de la lecture des résumés, mais de les enregistrer afin de les utiliser lors de la discussion. Pour finir, nous avons inclus toutes les études en français, anglais, allemand et italien ; langues que nous comprenons et parlons.

Lorsque nous avons concrètement effectué nos recherches, celles-ci se sont concentrées sur huit bases de données internet. Concernant celles de LiSSa, BDSP et Kinedoc, nos investigations se sont révélées infructueuses. Ainsi, au tout début de notre recherche sur les cinq bases de données restantes (PubMed, Embase, Cinahl, Cochrane Library et PEDro), nous avons obtenu 87 articles. En enlevant les doublons, 64 résultats étaient potentiellement exploitables.

Lors de la lecture des titres, notre premier critère de sélection a été la langue. Ensuite, le titre devait mentionner la douleur ou les blessures liées à la course à pied, l'utilisation du type de chaussures et enfin une population saine. Au terme de cette sélection, dix-sept articles étaient encore en lice.

A la lecture des dix-sept abstracts, les critères choisis ont permis de cibler la population (adultes), l'intervention (course à pied avec des chaussures minimalistes) et l'outcome (douleur et/ou incidence des blessures). Dès cette étape, nous avons aussi exclu certains design d'études : les études et les séries de cas, les enquêtes ainsi que la littérature de synthèse. Notons, dans cette dernière catégorie, une revue systématique de 2014 sur les risques et les bénéfices de la course pieds nus ou en chaussures minimalistes, et une guidelines de 2015 traitant de la transition vers les chaussures minimalistes, sur lesquelles nous nous pencherons dans le chapitre discussion. A ce moment de nos recherches, c'est-à-dire après la lecture des résumés, six articles pouvaient correspondre.

Enfin, après lecture complète de ces derniers, trois études ont retenu notre attention. Elles remplissaient tous les critères sus-mentionnés, avaient des résultats exploitables et suivaient les coureurs durant toute la durée de l'expérience.

Voici le flowchart (Figure 1) qui résume toutes les étapes du choix de nos articles, à partir des cinq bases de données qui nous offraient des résultats pertinents :

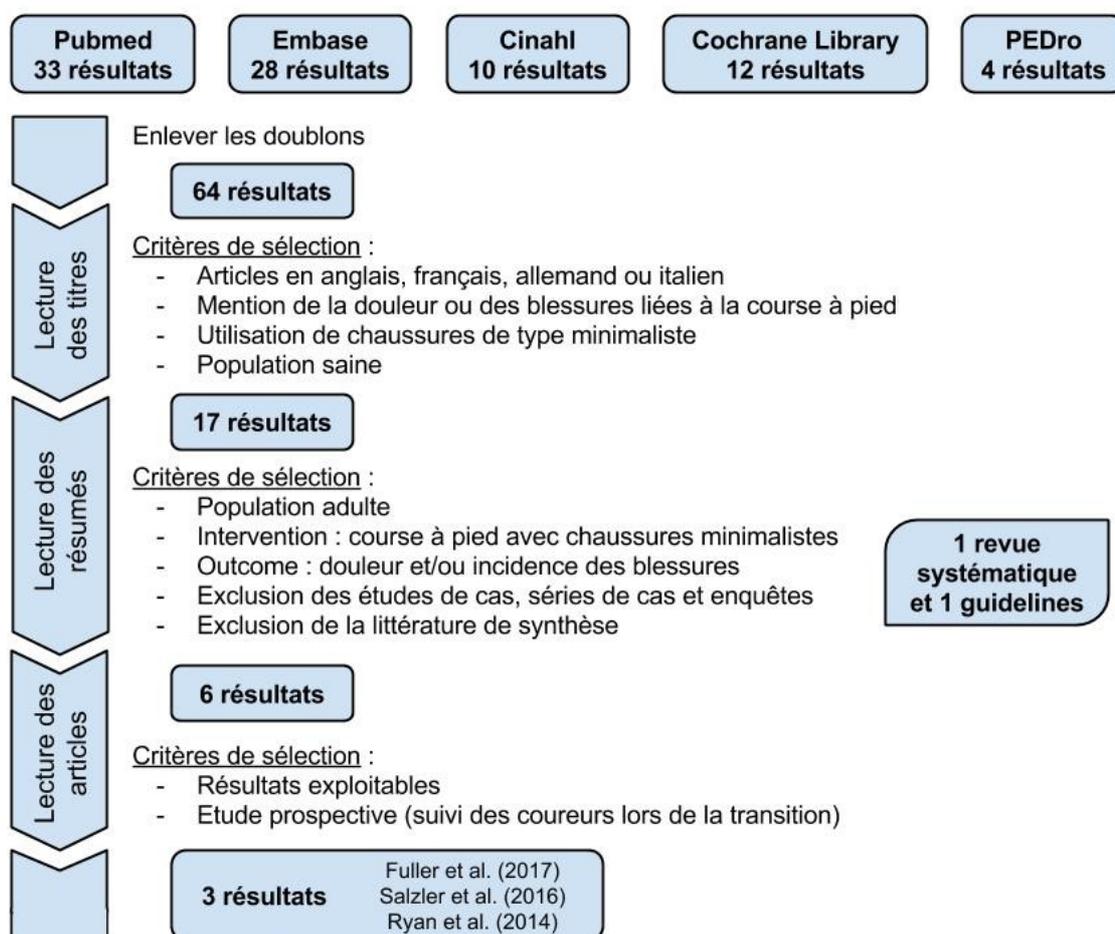


Figure 1 : Flowchart représentant la méthodologie de recherche

4.3. Extraction des données

Afin d'avoir une vision globale des articles sélectionnés, nous avons créé un tableau d'extraction qui nous a permis d'obtenir un aperçu clair et précis quant à la comparabilité des articles (Annexe II, p. XVII). Les informations relevées sont : le nom des auteurs, le titre, l'année de parution, le pays, le journal de parution, le type d'étude, la population, l'intervention, le groupe contrôle, l'outcome, les résultats et le score PEDro. Nous avons ensuite fait des tableaux d'extraction détaillés concernant spécifiquement les populations (voir chapitre 5.3.1), les interventions (Annexe IV, p. XXI et Annexe V, p. XXII) et les résultats (Annexe VI, p. XXIII), dans le but de faire ressortir les similarités et les différences de chaque article, afin de faciliter la comparaison et le traitement des résultats.

4.4. Evaluation de la qualité des articles

En ce qui concerne la qualité des articles, nous avons choisi de les évaluer avec deux échelles : le score PEDro et la checklist CONSORT. L'échelle PEDro nous a permis de comparer, de manière synthétique, la valeur scientifique de nos différents articles (même si le score obtenu n'était pas un critère de sélection). Nous avons également évalué les articles de manière qualitative grâce à la checklist CONSORT.

Nous avons décidé d'apprécier de manière séparée les trois articles retenus avec chacune des échelles sélectionnées. Ensuite, nous avons mis en commun nos résultats et discuté des points où nos avis différaient. Enfin, nous nous sommes renseignées s'il existait déjà un score PEDro pour nos articles.

5. RÉSULTATS

5.1. Résultats de la recherche d'articles

Notre revue de la littérature se concentre sur trois articles, décrits dans le Tableau 1 ci-dessous, parus entre 2014 et 2017 dans trois pays différents (Australie, Canada et Etats-Unis). Les équipes respectives de M. Fuller, M. Ryan et M. Salzler avaient toutes pour intérêt la douleur et les blessures lors de la transition de chaussures standard vers des chaussures minimalistes. Par contre, alors que les deux premières études sont des études randomisées contrôlées (RCTs), l'étude de Salzler et al. (2016) est une étude prospective sans groupe contrôle. Le tableau d'extraction en Annexe II (p. XVII), détaille les articles en donnant les informations suivantes: la population visée lors du recrutement, l'intervention dans chaque groupe, les outcomes, un résumé des résultats et l'indice PEDro.

Auteurs Année	Titre	Lieu <i>Journal</i>	Design	Objectif
Fuller et al. 2017	Body mass and weekly training distance influence the pain and injuries experienced by runners using minimalist shoes	Australie <i>The American Journal of Sports Medicine</i>	Etude randomisée contrôlée	Comparer la douleur liée à la course à pied et les blessures entre chaussures minimalistes et conventionnelles chez les coureurs entraînés
Ryan et al. 2014	Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear	Canada <i>British Journal of Sports Medicine</i>	Etude randomisée contrôlée	Examiner l'effet d'une augmentation progressive du port de chaussures minimalistes sur l'incidence des blessures et la perception des douleurs chez les coureurs récréatifs
Salzler et al. 2016	Injuries observed in a prospective transition from traditional to minimalist footwear: correlation of high impact transient forces and lower injury severity	USA <i>The Physician and Sports-medicine</i>	Etude prospective	Identifier le taux et la sévérité des blessures chez les coureurs effectuant une transition de chaussures traditionnelles à chaussures minimalistes

Tableau 1 : Présentation des trois articles sélectionnés

5.2. Résultats de l'évaluation de la qualité

Comme expliqué au point 4.4, nous avons choisi d'évaluer nos articles avec deux échelles : le score PEDro (qui évalue la validité interne ainsi qu'un nombre suffisant de données statistiques pour permettre l'interprétation d'une RCT et d'une revue systématique) et la checklist CONSORT (qui met en exergue la qualité des articles en évaluant leur conception, leur analyse et leur interprétation).

5.2.1. Evaluation quantitative de la qualité des articles selon l'échelle PEDro

Lors de nos évaluations avec la grille PEDro, l'article de Fuller et al. (2017), ainsi que celui de Ryan et al. (2014), ont tous deux obtenu le score de 7 / 10. Ces deux articles ont perdu des points dans les catégories « en aveugle » car ni les sujets, ni les thérapeutes, ni les évaluateurs ne l'étaient. L'étude de Ryan et al. (2014) avait déjà une évaluation PEDro qui le cotait à 6 / 10. Cependant, nous avons décidé de lui accorder un point supplémentaire pour la catégorie « baseline comparability » en nous fondant sur l'affirmation: « There were no significant differences in any of our independent variables at baseline (see online supplementary table S2) » (Ryan et al., 2014, p. 3).

Quant à l'étude de Salzler et al. (2016), elle obtient un score de 0 / 10, car le score PEDro est créé pour les études randomisées contrôlées, tandis que celle-ci est une étude prospective sans groupe contrôle. Ainsi, la checklist de CONSORT prend tout son intérêt afin de comparer de manière qualitative les points forts et les points faibles de nos trois articles.

5.2.2. Evaluation qualitative de la qualité des articles selon la checklist CONSORT

De manière générale, les articles de Fuller et al. (2017) et de Ryan et al. (2014) valident plus de critères que l'article de Salzler et al. (2016) (Annexe III, p. XIX).

Salzler et al. (2016) : Ce dernier est à nouveau désavantagé par son design. Certains points (3a, 8a à 10, 11a, 11b et 13a) ne peuvent pas être validés car ils traitent essentiellement du plan d'essai, de la randomisation et de « l'aveuglement ». De plus, cet article manque d'explications sur l'intervention (5) ainsi que sur le changement de critères énoncés dans le résumé de l'étude (6b). En effet, tous les sujets reçoivent une brochure explicative quant à la procédure à suivre dans l'utilisation de leurs nouvelles chaussures. Malheureusement le lecteur n'a pas d'information sur le contenu de ce

fascicule. Il y est aussi spécifié que tous les coureurs devaient tenir un journal hebdomadaire relatant leur kilométrage moyen avec les chaussures minimalistes, le temps passé à porter ces baskets, la pratique d'exercices de renforcement des muscles du pied et s'ils utilisaient des stratégies de récupération ou non. Or, toutes ces informations ne nous sont pas transmises ; nous n'avons que l'évaluation de leur douleur lors des visites aux semaines 2, 4 et 12. Il manque également le numéro d'enregistrement de l'étude (23) et des informations sur les éventuels abandons⁴ ou non (13b). Enfin, le design de l'étude n'apparaît ni dans le titre ni dans le résumé de l'article (1a et 1b). Ce point n'est également pas présent dans l'étude de Ryan et al. (2014).

Ryan et al. (2014) : Malgré une bonne évaluation qualitative, cet article a quelques points manquants. En effet, la taille de l'échantillon avec le nombre minimum de participants à recruter pour avoir des résultats statistiques probants (7a) ainsi que la méthode d'analyse statistique pour les sous-groupes (12b) font défaut. Finalement, la recherche de Ryan et al. (2014) a perçu un financement de la compagnie Nike et trois des quatre auteurs de l'études ont reçu des fonds de leur institution ou ont été payé pour réaliser cette étude (25).

Fuller et al. (2017) : La question du financement est également partagée par l'article de Fuller et al. (2017). En effet, deux auteurs ont déclaré des conflits d'intérêts potentiels. De plus, un magasin ainsi que la marque Asics Oceania ont fourni plusieurs dizaines de paires de chaussures pour l'élaboration de l'étude (25). Fuller et al. (2017) partage un point commun avec la recherche de Salzler et al. (2014) : toutes deux ne nous informent pas sur les structures et les lieux de recueil de données (4b). Enfin, les données de base sur les sujets des deux groupes (âge, Indice de Masse Corporelle (IMC) et kilométrage moyen hebdomadaire) ne sont pas fournies à la lecture de l'article. Ce manque a été comblé après plusieurs échanges de mails avec M. Fuller (15).

Nos trois études ne remplissent pas certains points pourtant importants, car nécessaires pour sa reproduction. Le mécanisme d'assignation secrète (9) et les lieux et dates de recrutement des sujets (14a) ne sont pas précisés. L'explication des analyses intermédiaires et des règles d'arrêt (7b), ainsi que le protocole complet de celle-ci (24) ne sont pas non plus indiqués.

4 drop out

En conclusion, même si certaines données sont manquantes, les études sélectionnées ont une bonne évaluation qualitative. L'article de Salzler et al. (2014) perd malheureusement des points à cause de son design. L'analyse complète des résultats se fera dans le paragraphe discussion.

5.3. Description des articles retenus

5.3.1. Description des populations avant la transition

Les études de Fuller et al. (2017) et de Ryan et al. (2014) possèdent des groupes comparables. De plus, les populations des trois recherches étaient semblables. Grâce au Tableau 2 ci-dessous, nous avons étudié les six groupes de coureurs présentés dans les trois articles. Chaque groupe a été comparé d'après sept catégories que nous pouvons séparer en deux sous-groupes: l'un faisant référence aux caractéristiques propres des coureurs (âge, poids et/ou IMC, ratio hommes/femmes) et l'autre aux facteurs liés à la course à pied (la distance d'entraînement hebdomadaire avant le début de l'étude et le type de pose de pied). La récolte de données s'est faite dans la limite des informations disponibles de chaque article.

La moyenne d'âge des coureurs est de 26,6 à 34 ans. Leur poids est dans la norme, avec un IMC en moyenne à 23 chez les coureurs de Ryan et al. (2014) et Salzler et al. (2016). L'IMC n'était pas donné par Fuller et al. (2017). Nous savons cependant que les coureurs, uniquement masculins, y avaient un poids moyen de 75 kg, soit plus élevé que dans les deux autres études qui présentaient un ratio hommes/femmes plus proche de un pour un. Notons ensuite que la distance hebdomadaire d'entraînement était moins homogène au vu de l'écart-type, et plus faible pour les coureurs de Ryan et al. (2014), soit de 11 à 14 km par semaine, comparé aux coureurs des deux autres articles où elle s'approchait plus de 20 à 25 km hebdomadaires. Pour finir, le type de pose de pied était répertorié dans les études de Fuller et al. (2017) et Salzler et al. (2016) ; il s'agit majoritairement de coureurs attaquant le sol avec le talon.

Articles	Nombre de coureurs	Âge en années (SD)	Masse en kg (SD)	IMC en kg/m ² (SD)	Sexe	Distance d'entraînement hebdomadaire (avant étude) en km (SD)	Type de pose de pied
Fuller et al. (2017) *	CS : 30	27,9 (±7,5)	74,5 (±9,9)	X	30 H	24,2 (±12,4)	RFS
	MS : 31	26,6 (±7,4)	75,1 (±8,9)	X	31 H	20,7 (±7,1)	RFS
Ryan et al. (2014) *	CS : 32	34 (±8)	67 (±11)	23 (±3)	23 F 9 H	11 (±19)	X
	PMS : 32	31 (±7)	68 (±9)	23 (±2)	18 F 14 H	14 (±14)	X
	MS : 35	33 (±8)	70 (±14)	23 (±3)	19 F 16 H	11 (±14)	X
Salzler et al. (2016)	MS : 14	28,86 (±6,26)	67,23 (±10,54)	22,74 (±1,71)	8 H 6 F	20 minimum	11 RFS 2 MFS 1 FFS

* Pas de différences significatives entre les groupes

CS : Conventional Shoes PMS : Partial Minimalist Shoes MS : Minimalist Shoes
RFS: Rearfoot strike MFS: Midfoot Strike FFS: Forefoot Strike
SD : Standard Deviation X : données non fournies

Tableau 2 : Description des populations

5.3.2. Description des interventions

Dans nos articles, les interventions sont caractérisées par la durée de la transition, les entraînements suivis, le pourcentage hebdomadaire de kilomètres parcourus avec les nouvelles chaussures et le modèle de chaussures utilisé. Nous allons ici vous présenter ces interventions, dont vous trouverez le détail sous forme de tableaux en Annexe IV (p. XXI) et Annexe V (p. XXII).

Les trois articles suivent des coureurs, habitués aux chaussures standard, pendant plusieurs semaines de transition vers des chaussures minimalistes. La transition est de 26 semaines dans l'étude de Fuller et al. (2017), de 12 semaines chez Ryan et al. (2014). En ce qui concerne Salzler et al. (2016), la transition est effectuée sur 30 semaines, mais le suivi des patients est concentré sur les 12 premières semaines en ce qui concerne les douleurs.

Lors de la transition, les entraînements étaient cadrés pour les deux RCTs, alors que Salzler et al. (2016) a laissé les coureurs libres de s'entraîner à leur guise et de porter les baskets le temps qu'ils souhaitent. Seule une brochure contenant les conseils du fournisseur de chaussures pour la transition était fournie. Les coureurs de Ryan et al.

(2014) ont effectué des entraînements en groupe en combinant des séances continues et par intervalles. Fuller et al. (2017) cadrait les sportifs de manière très importante pendant les six premières semaines, via deux entraînements continus et deux interval training par semaine. Ils étaient ensuite libres de s'entraîner comme à leur habitude. Pour les deux RCTs, les coureurs avaient un pourcentage de temps de course hebdomadaire pour le port des chaussures, qui augmentait de manière progressive.

Les modèles de baskets choisies ne sont pas les mêmes dans chacune des études, nous avons donc utilisé l'indice minimaliste afin de les comparer (Annexe V, p. XXII). Dans les articles sélectionnés, les indices minimalistes varient entre 12% pour le groupe contrôle et 96% pour les groupes interventions. Fuller et al. (2017) est le seul à indiquer l'indice minimaliste des chaussures utilisées : Asics Piranha SP4 72% et Asics Gel Cumulus 12%. Pour les deux autres études, nous avons effectué des recherches afin de connaître cet indice pour chaque modèle sélectionné (La Clinique Du Coureur, 2017). Ryan et al. (2014) a utilisé des baskets avec un indice minimaliste de 16% (Nike Pegasus 28), 66% (Nike Free 3.0.V2) et 96% (Vibram 5-Finger Bikila). Salzler et al. (2016), quant à lui, a sélectionné la Vibram Seeya avec un indice minimaliste de 96%.

Ces données nous permettent d'affirmer que les chaussures standard utilisées chez Fuller et al. (2017) et Ryan et al. (2014) sont similaires avec un indice minimaliste respectif à 12% pour l'Asics Gel Cumulus et 16% pour la Nike Pegasus 28. Il en est de même pour les chaussures minimalistes utilisées dans les articles de Ryan et al. (2014) et Salzler et al. (2016), ayant toutes les deux un score à 96% (modèles Vibram 5-Finger Bikila et Vibram Seeya). Par contre, la basket minimaliste sélectionnée par Fuller et al. (2017), Asics Piranha, possède un indice minimaliste à uniquement 72%. Ce score s'explique par une épaisseur de 22mm au niveau du talon et un drop de 5mm, alors que les autres chaussures minimalistes ont reçu un score de 5 / 5 sur ces points, grâce à une épaisseur inférieure à 8 mm au niveau du talon et un drop inférieur à 1 mm. Pour finir, la chaussure partiellement minimaliste, Nike Free 3.0.V2, utilisée par Ryan et al. (2014), est entre les deux types de baskets avec un indice à 66% (Annexe V, p. XXII).

5.3.3. Description des outcomes utilisés

5.3.3.1. BLESSURES

Afin de préciser la notion de blessures, les auteurs de nos trois articles prennent en compte la diminution de la charge d'entraînement qu'engendre une blessure, même si la définition donnée diffère. Pour Fuller et al. (2017), une blessure est définie comme « tout problème musculo-squelettique assez grave pour engendrer une visite chez un professionnel de la santé, une prise de médicament ou une diminution de l'entraînement hebdomadaire » (Fuller, 2017, traduction libre, p. 3). Dans l'article de Ryan et al. (2014), une lésion correspond à « trois entraînements consécutifs manqués dûs à une douleur » (traduction libre, p. 2). Quant à Salzler et al. (2016), le terme blessure n'y est pas explicité mais pour chacune d'entre elle, un score de sévérité est établi. En effet, via le Running Injury Severity Score (RISS) décrit par Daoud et al. (2012), les auteurs prennent aussi en compte les conséquences de la blessure sur l'activité physique et principalement les entraînements de course à pied.

5.3.3.2. DOULEUR

Les trois études ont choisi le même outcome pour évaluer la douleur : l'échelle visuelle analogique (VAS). Fuller et al. (2017) ainsi que Ryan et al. (2014) ont utilisé une version sur 100 mm, alors que Salzler et al. (2016) a pris une échelle sur 10 points. Par contre, les trois auteurs ont défini différemment la notion de douleur. En effet, pour Fuller et al. (2017), la douleur que le coureur devait coter était « la pire douleur expérimentée lors de la course » (traduction libre, p. 3). Ryan et al. (2014) a défini la notion de douleur comme : « une douleur associée à la course à pied » (traduction libre, p. 2). Quant à Salzler et al. (2016), la cotation concernait « une douleur aux membres inférieurs » (traduction libre, p. 2) sachant que la valeur la plus grande a été prise dans l'analyse.

5.4. Résultats des outcomes

5.4.1. Blessures

Le nombre de blessés lors de la transition est important dans les articles, et globalement plus important en chaussures minimalistes qu'en chaussures conventionnelles; tel qu'on peut le voir sur le graphique représentant le pourcentage de blessés selon le type de chaussures (Figure 2). Cependant, la différence n'est pas significative pour l'article de Fuller et al. (2017) avec une p valeur de 0,24 (calculée sur le site statstodo). Elle est uniquement significative pour les chaussures partiellement minimalistes comparées aux deux autres baskets, dans l'étude de Ryan et al. (2014) avec $p < 0,05$ tel que mentionné dans l'article en question. Pour finir, le pourcentage de blessures sur les 30 semaines de transition chez Salzler et al. (2016) s'élève à 86 %, soit 12 blessés sur 14 coureurs, score le plus élevé des trois études.

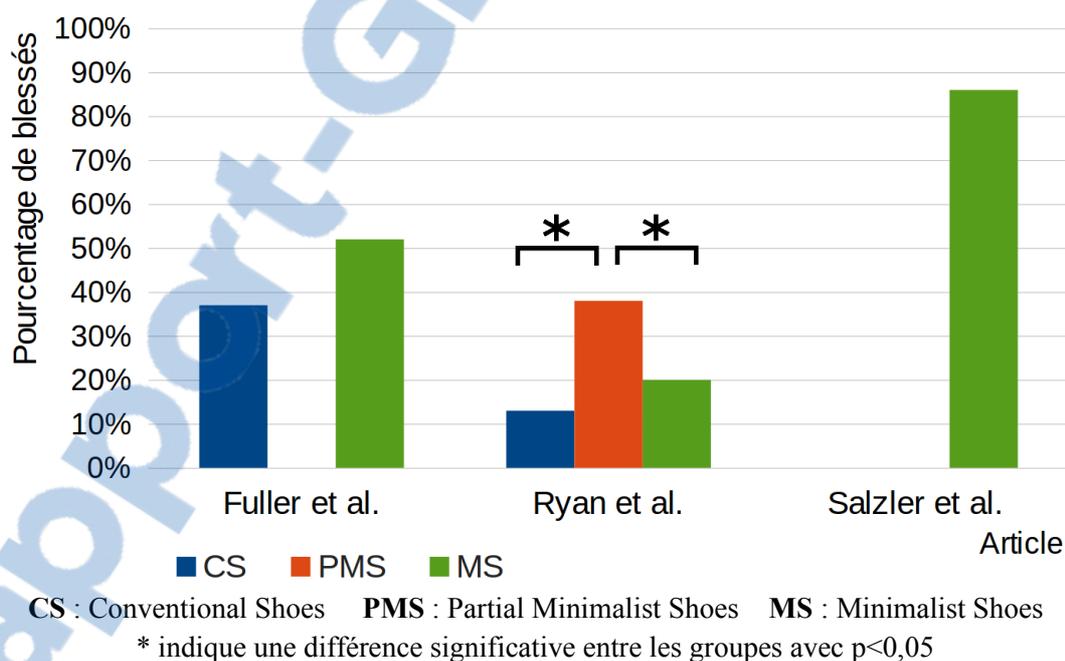


Figure 2 : Pourcentage de blessés selon le type de chaussure

Les articles de Fuller et al. (2017) et Salzler et al. (2016) nous informent également de la localisation des blessures subies par les coureurs. Les plus répandues sont le pied (7 des 12 blessés de l'étude de Salzler et al (2016)), avec plus spécifiquement des atteintes des têtes des métatarsiens, de l'arche plantaire et une rigidité au talon. Par contre, il y a uniquement une blessure au pied dans l'article de Fuller et al. (2017). La deuxième localisation la plus fréquente dans l'étude prospective de Salzler et al. (2016), est le

muscle gastrocnémien, relevé chez 6 des 12 blessés. Dans l'article de Fuller et al. (2017), une blessure est apparue au mollet chez quatre coureurs de chaque groupe et deux blessures ont été localisées sur la cheville dans le groupe minimaliste, sans précision de la structure en souffrance. Les genoux sont également souvent atteints, avec une blessure relevée chez quatre coureurs dans l'étude de Salzler et al. (2016) et chez cinq coureurs dans chaque groupe de Fuller et al. (2017). Pour finir, notons que la différence du nombre de blessures par localisation n'est pas significative entre le groupe chaussures minimalistes et le groupe chaussures standard dans la recherche de Fuller et al. (2017).

5.4.2. Douleur

En se penchant sur les douleurs ressenties par les coureurs sur tout leur corps sans distinction des régions, il n'y a pas de différences entre les groupes (Figure 3). Nous pouvons uniquement remarquer que les coureurs de l'étude de Fuller et al. (2017) rapportent une douleur moins importante sur l'échelle visuelle analogique (VAS) que les autres coureurs (Figure 3).

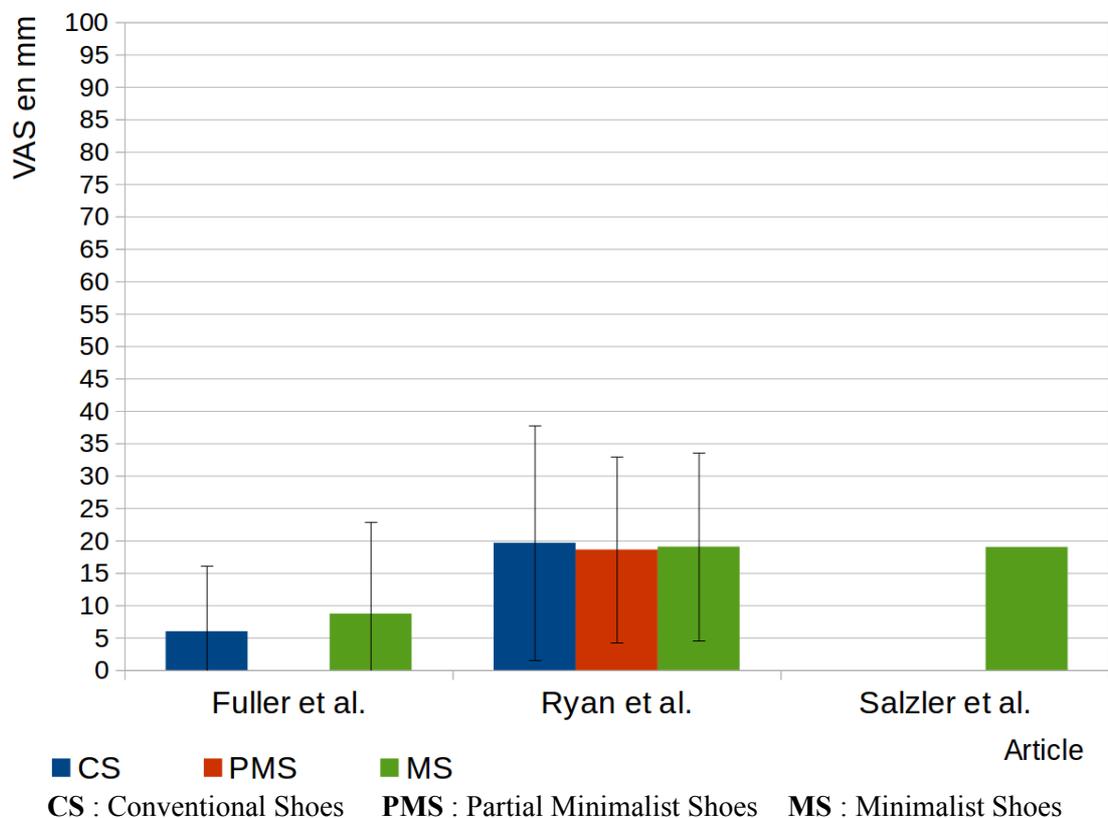


Figure 3 : Douleur moyenne globale perçue par les coureurs lors de la transition

Par contre, en se penchant sur les douleurs relevées par régions anatomiques dans les études de Fuller et al. (2017) et Ryan et al. (2014), nous pouvons observer des différences significatives sur certaines régions. Nous avons effectué des moyennes afin d'en avoir un aperçu global (Figure 4). Il en ressort une douleur augmentée au tibia et au mollet en chaussures minimalistes. Plus spécifiquement, Fuller et al. (2017) rapporte des douleurs significativement plus importantes en baskets minimalistes au niveau de la cheville⁵, du mollet⁶, du tibia⁷ et du genou⁸ (Annexe VI, Figure 6, p. XXIV). Les coureurs de Ryan et al. (2014) ont aussi mal de manière significativement plus importante pour la région « Tibia / Mollet »⁹ (Annexe VI, Figure 5, p. XXIII).

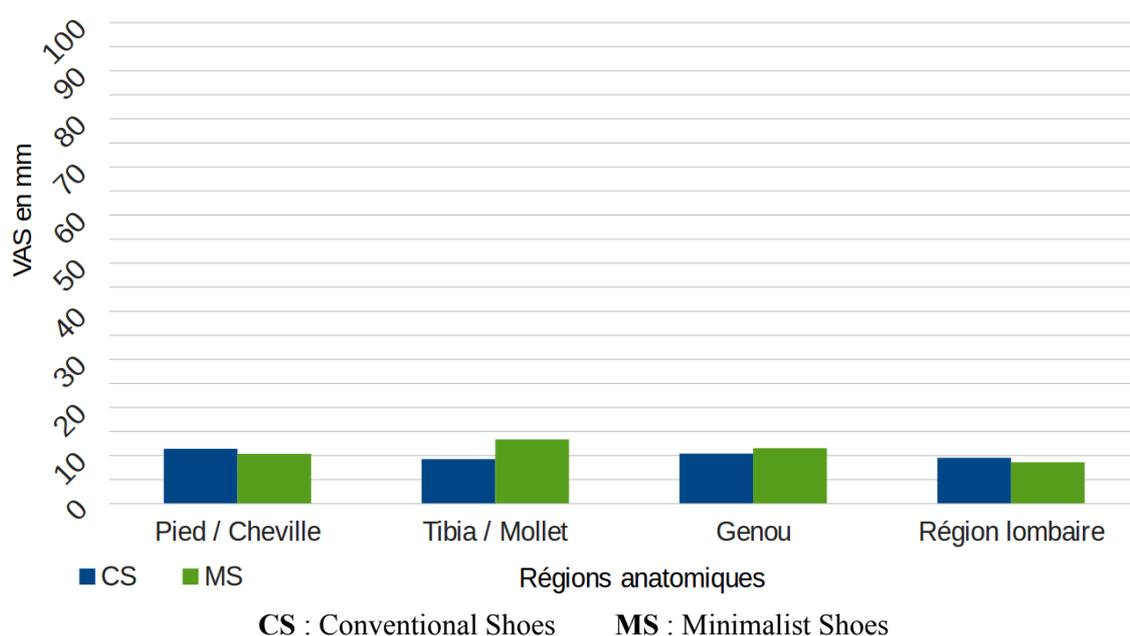


Figure 4 : Douleur moyenne perçue par régions anatomiques pour les articles de Fuller et al. (2017) et Ryan et al. (2014)

5 p=0,01 [CS : 5 ± 10 ; MS 10 ± 18]

6 p=0,01 [CS : 7 ± 12 ; MS 11 ± 17]

7 p=0,01 [CS : 4 ± 7 ; MS 8 ± 13]

8 p=0,03 [CS : 7 ± 11 ; MS 11 ± 15]

9 p<0,01 [CS : 18,4 ± 13,9 ; PMS : 13,9 ± 9,6 ; MS 28,8 ± 22,3 à la semaine 12]

6. DISCUSSION

6.1. Interprétation de l'évaluation de la qualité des articles

Les scores PEDro obtenus par nos études randomisées contrôlées (Fuller et al. (2017) et Ryan et al. (2014)) sont de 7 / 10, tel que décrit dans le chapitre 5.2. Cependant, en tenant compte du type d'intervention, le score maximal atteignable est de 8 / 10. En effet, les sujets, ainsi que les évaluateurs ne pourront jamais être « aveugles » pour ce type de recherche. Rappelons donc que le seul autre point perdu par ces deux études est l'aveuglement des évaluateurs. Par contre, l'article de Salzler et al. (2016) n'ayant pas de groupe contrôle, il est coté de manière très faible sur l'échelle PEDro (0 / 10), et sa qualité ressort aussi comme inférieure selon la checklist CONSORT (voir chapitre 5.2.2 et Annexe III, p. XIX).

Nous accordons ainsi aux deux études randomisées contrôlées une crédibilité similaire quant à leur qualité. Par contre, nous gardons à l'esprit que la qualité de l'article de Salzler et al. est inférieure. Nous nous pencherons plus spécifiquement sur les limites et les biais de chaque article dans le chapitre suivant.

6.2. Biais et limites

Lors de notre travail, et afin de prendre conscience des biais pouvant influencer les résultats, nous avons relevé les limites au sein de chaque étude et celles liées à la comparaison des études entre elles. Nous avons également mis en exergue nos propres limites quant à la réalisation de ce travail.

6.2.1. **Biais et limites intra-études**

Échantillons : L'échantillon de coureurs de l'article de Salzler et al. (2016) ne comporte que 14 coureurs, ce qui compromet la généralisation des résultats à l'ensemble de la population. La recherche de Fuller et al. (2017) étudie 61 coureurs répartis en deux groupes, ce qui est déjà considérable. Cependant, les régressions de Cox à trois facteurs ont seulement 27 blessures sur lesquelles se baser, soit neuf événements par facteur. Tel qu'exprimé dans l'article, il aurait été préférable d'en avoir au minimum dix par facteur pour avoir des résultats représentatifs. En ce qui concerne l'étude de Ryan et al. (2014),

le nombre de participants est de 99 coureurs répartis en trois groupes. Malheureusement, les groupes n'atteignent pas le nombre limite de 40 participants minimum chacun soulevé par l'étude.

Abandons : Les RCTs ont un nombre important de participants quittant l'étude (4 abandons avant le début de l'étude et 8 pertes de suivi¹⁰ chez Ryan et al. (2014); 9 pertes de suivi chez Fuller et al. (2017)). Mais toutes ces pertes sont expliquées et incluses dans une analyse d'intention de traiter¹¹. L'article de Salzler et al. (2016) ne fait mention d'aucune perte de participant.

Encadrement des coureurs : Salzler et al. (2016) ne décrit pas suffisamment les modalités de la transition (informations présentes dans la brochure distribuée par exemple). De plus, même si leur intervention est représentative de la réalité d'un coureur récréatif achetant des chaussures, le fait que la transition ne soit aucunement encadrée laisse de nombreux facteurs au bon vouloir du sportif, variants donc entre chacun d'entre eux. Les coureurs devaient tenir un journal hebdomadaire sur six mois compilant le temps de port des chaussures minimalistes, leur kilométrage hebdomadaire, l'exécution ou non d'exercices de renforcement de la voûte plantaire ainsi que leurs éventuelles stratégies de récupération post-entraînement; malheureusement, ces données n'apparaissent pas dans les résultats. Nous savons uniquement que les conseils de la brochure n'ont pas été suivis.

Quant aux études randomisées contrôlées, elles cadrent les coureurs, tant dans la progression du temps de port des chaussures que pour le contenu des entraînements. Notons que chez Fuller et al. (2017), l'entraînement est séparé en deux parties: l'une très cadrée de six semaines et la seconde, plus libre, de 20 semaines. Ceci ajoute un facteur divergent entre ces deux périodes, mais qui n'est pas suffisamment détaillé dans les résultats pour pouvoir en tirer des conclusions. En effet, nous n'avons pas de données concernant les dates d'apparition des blessures lors de la transition. Nous ne pouvons ainsi pas en déduire si elles étaient plus importantes pendant une période ou l'autre. Concernant les douleurs, seule l'évolution de celles-ci au fil des semaines pour le genou et pour le mollet sont fournies. Ces résultats - présentés dans l'article sous forme d'un

10 lost to follow-up

11 intention to treat

graphique représentant les douleurs en chaussures minimalistes par rapport à celles perçues par le groupe contrôle - nous suggèrent une différence moins importante entre les deux groupes lors des six premières semaines que lors des vingt suivantes, mais la différence reste cliniquement non significative¹².

Chaussures : Pour finir, les baskets des études de Salzler et al. (2016) et de Ryan et al. (2014) correspondent parfaitement au consensus établi par Esculier et al. (2015) concernant la définition de la chaussure minimaliste. Par contre, celles choisies par Fuller et al. (2017) comportent une hauteur de talon de 22 mm et un drop¹³ de 5 mm, importants même si l'indice minimaliste reste assez élevé à 72 %.

Résultats : Les trois études analysées comparent les douleurs ressenties au travers de l'évaluation du VAS sur une échelle de 10 points ou de 100 mm. Pour l'étude de Salzler et al. (2016), les résultats ne sont que globaux et uniquement demandés lors de visites. Le lecteur aurait apprécié avoir un meilleur suivi des douleurs pendant la transition, avec un VAS hebdomadaire ainsi qu'une valeur spécifique par articulation. Enfin, cette étude est la seule à analyser la sévérité des blessures par l'intermédiaire du RISS. Ce score calcule la gravité des blessures en fonction du nombre de jours d'entraînements manqués. Fuller et al. (2017) quant à lui, indique seulement une moyenne du VAS sur toute la période (excepté pour le mollet et le genou), alors que nous aurions aimé pouvoir suivre l'évolution de celles-ci au cours des semaines de transition. Cependant, les localisations des blessures-sont communiquées via un tableau détaillé. Enfin, l'étude de Ryan et al. (2014) ne fait mention que des données du VAS récoltées au temps 0 et à la 12^{ème} semaine, alors que les participants ont évalué cinq fois leur douleur (temps 0, 2^{ème}, 4^{ème}, 8^{ème} et 12^{ème} semaine).

Financement : L'étude de Ryan et al. (2014) est partiellement financée par la marque Nike Inc., celle de Fuller et al. (2017) a reçu les chaussures de la part de Asics Oceania. Ceci est annoncé par Fuller et al. (2017) comme unique potentiel conflit d'intérêt. Quant à Ryan et al. (2014) et Salzler et al. (2016), ils précisent ne pas en avoir.

12 Dans cette étude de Fuller et al. (2017), la différence est considérée comme cliniquement significative si elle est supérieure à 10 mm sur l'échelle visuelle analogique.

13 dénivelé, correspond à la différence de hauteur entre le talon et l'avant de la chaussure

6.2.2. Biais et limites inter-études

Population : Comme vu au point 5.3.1., les populations de nos études sont comparables en de nombreux points mais il est important de souligner deux différences. Premièrement, dans l'étude de Fuller et al. (2017), seuls les hommes ont été sélectionnés, alors que l'échantillon de population des deux autres études était mixte. Deuxièmement, en regard des déviations standard de l'étude de Ryan et al. (2014), la population étudiée était moins homogène que celle des deux autres études.

Chaussures : L'indice minimaliste inter-étude des chaussures standard est très semblable (de 12 à 16%); les chaussures sont donc comparables. Par contre, tel que souligné au point 5.3.2, l'indice de seulement 72% des chaussures minimalistes de l'étude de Fuller et al. (2017) détonne par rapport à l'indice de 96% des articles de Salzler et al. et de Ryan et al. (2014). Cette différence de cotation pourrait donc biaiser les résultats de la catégorie « chaussures minimalistes ». En effet, hormis un poids plus léger (138 g au lieu de 204 g) et une flexibilité plus importante, la chaussure minimaliste de Fuller et al. (2017) est plus proche de la chaussure dite partiellement minimaliste (indice minimaliste 66%) choisie par Ryan et al. (2014).

Durée de l'étude : Le temps alloué à l'étude n'est également pas le même. Ryan et al. (2014) analyse les données sur une période de 12 semaines, alors que Fuller et al. (2017) examine les résultats sur 26 semaines. Enfin, Salzler et al. (2016) est l'étude qui a la plus longue période de transition avec 30 semaines. Or, le phénomène d'adaptation aux nouvelles chaussures se doit d'être long et la progression dans la quantité de kilomètres parcourus avec celles-ci lente. Ainsi, la période courte chez Ryan et al. (2014) ne permet d'arriver qu'à un taux de port hebdomadaire de 58% (soit 115 min) à la fin de l'étude.

Entraînement des coureurs : Une autre différence entre les études, ayant pu influencer les résultats obtenus, est la mise en place d'un protocole très strict lors des entraînements chez Fuller et al. (2017) ainsi que pour Ryan et al. (2014). De plus, ces deux études ont organisé avec précision une évolution progressive du temps de port des chaussures minimalistes, alors que Salzler et al. (2016) a laissé le soin aux participants de faire comme ils l'entendaient.

Les distances hebdomadaires des entraînements sont plus grandes chez Fuller et al. (2017) et Salzler et al. (2016). Cette variante est d'ailleurs mise en exergue dans l'étude de Salzler et al. (2016) lorsqu'il compare ses résultats avec ceux de Ryan et al. (2014) (« Potential causes for our higher observed injury rate include a longer follow-up period and a higher average weekly mileage. » p. 5).

Blessures : Même si la notion d'entraînement manqué est présente au sein des définitions du terme blessure dans les études de Fuller et al. (2017, p. 2) et de Ryan et al. (2014), cette dernière est moins précise sur la quantité d'absence. De plus, le fait que cet article comptabilise également les « visites chez un professionnel de la santé » ou « l'utilisation de médicaments » incite à penser que les coureurs ont été, peut-être, plus facilement considérés comme blessés, malgré la précision de « problème musculo-squelettique sévère » (traduction libre, p. 3). Quant à l'étude de Salzler et al. (2016), l'absence de définition est un biais important pouvant influencer de manière significative les résultats obtenus.

Douleur : Enfin, bien que les trois études aient utilisé le même outcome (VAS), les coureurs de chaque étude n'ont pas évalué la même douleur. En effet, chez Fuller et al. (2017), la douleur que les coureurs devaient coter était : « ... la pire douleur expérimentée lors de la course ... » (traduction libre, p. 3) et pour Ryan et al. (2014) : « ... une douleur associée à la course à pied ... » (traduction libre, p. 2). Enfin pour Salzler et al. (2016) c'était : « ... une douleur aux membres inférieurs ... » (traduction libre, p. 2), en sachant que la valeur la plus grande a été prise dans l'analyse. Malgré ces différences et la notion de « pire douleur » chez Fuller et al. (2017), les coureurs de cet article reportent les douleurs les moins élevées (voir chapitre 5.4.2.). Cette différence, même faible (environ 10 mm / 100 sur l'échelle VAS), sera expliquée au point 6.3.2.

6.2.3. Limites de notre revue

L'élaboration d'une revue de la littérature, dans le cadre de notre travail de Bachelor, est une première pour nous. Il nous a fallu apprendre et adapter notre méthode de recherche pour chacune des bases de données utilisées, systématiser nos évaluations d'articles et analyser nos résultats ainsi que les valeurs statistiques. Cette inexpérience a pu mener à des imprécisions et/ou oublis involontaires de notre part.

En outre, bien que la biomécanique de la course à pied ait été abordée durant notre cursus, certaines notions plus poussées et méconnues (malgré des recherches personnelles de documentation) ont pu être une limite à l'explication des résultats observés dans les études.

D'autre part, nos articles sélectionnés ainsi que la littérature sur le sujet ne font pas consensus à ce jour. Il est donc assez difficile de faire ressortir une tendance claire et précise des conséquences de l'utilisation des chaussures minimalistes en course à pied.

Enfin, nous aimerions souligner que notre travail aborde seulement la notion de transition et non pas l'utilisation courante de chaussures minimalistes dans une pratique sportive; ce qui représente une petite partie de la prise en charge de patients.

6.3. Interprétation des résultats

6.3.1. Blessures

Comme vu au chapitre 5.4.1, la différence entre les groupes chaussures conventionnelles et chaussures minimalistes est non significative, même si elle tend vers un nombre plus important de blessés lors de la transition vers les chaussures minimalistes.

Le taux de blessures de 86% chez les coureurs de Salzler et al. (2016) souligne par contre l'importance du respect d'un port progressif et d'un encadrement du coureur pour la prévention des blessures. Cependant, il nous manque des informations sur les caractéristiques de la transition dans cet article, afin de connaître les dissimilitudes entre les entraînements de ces coureurs et ceux des autres études.

6.3.2. Douleur

Comme vu au chapitre 5.4.2, les douleurs questionnées globalement sur tout le corps ne diffèrent pas dans les groupes. Par contre, nous observons que le coureur effectuant une transition vers les chaussures minimalistes peut subir des douleurs plus importantes, principalement au mollet et au tibia. Sachant que le loading rate est en lien direct avec les fractures de stress tibiales, l'augmentation des sollicitations au niveau du tibia peut s'expliquer par une attaque talon maintenue et engendrant un loading rate plus important. Au contraire, les coureurs souffrant de douleurs au niveau du mollet présentent probablement une modification de la foulée vers une attaque de l'avant-pied,

et donc une sollicitation majorée du triceps sural. Même si nous n'avons pas les données nécessaires pour confirmer cette hypothèse, Bergstra et al. (2015) ainsi que Hall et al. (2013) ont déjà montré que la transition vers une attaque sur l'avant-pied n'est pas automatique avec la chaussure minimaliste. Notons par contre que la différence de douleur n'est cliniquement pas significative, car elle est inférieure à 10 mm sur l'échelle VAS, tel que le précise Fuller et al. (2017). Quant au pied, malgré des pressions plantaires augmentées au niveau de l'avant-pied en chaussures minimalistes selon Bergstra et al. (2015), cette région ne présente pas des douleurs plus importantes, ni dans l'article de Fuller et al. (2017), ni chez Ryan et al. (2014).

Tel que souligné au point 5.4.2, les coureurs de l'article de Fuller et al. (2017) rapportent des douleurs plus faibles que les deux autres articles. Or, nous savons qu'il s'agit de la seule population exclusivement masculine (voir 5.3.1). De plus, l'étude de Salzler et al. (2016) souligne que les hommes rapportent des douleurs significativement plus basses que les femmes sur l'échelle VAS ($p < 0,04$) (traduction libre, p. 3). Ainsi, cette différence d'intensité dans l'étude de Fuller et al. (2017) par rapport aux autres études peut être expliquée par cette diversité de genre.

6.4. Pistes futures

Comme conclu par la revue systématique sur « Les risques et les bénéfices de la course pieds nus ou en chaussures minimalistes » de Perkins, Hanney & Rothschild (traduction libre, 2014), il serait encore nécessaire d'approfondir les études concernant les facteurs biomécaniques et l'économie de course avec ce type de chaussures. Ceci permettrait une meilleure compréhension des facteurs de risques de blessures. Cependant, sachant déjà que l'allègement des baskets permet de gagner en économie de course, savoir comment effectuer une transition sans blessures et sans douleur est indispensable afin de conseiller les coureurs.

Nos études tendent vers une incidence de blessures augmentant lors de la transition vers les chaussures minimalistes. Une recherche approfondissant et détaillant les résultats - avec une cohorte plus importante, en gardant un suivi et un encadrement rapproché des coureurs - est nécessaire pour confirmer ces résultats. Il serait aussi intéressant de suivre au long cours les sportifs pour voir si une fois habitués, leur incidence de blessures est plus faible ou non par rapport au groupe contrôle.

Notre travail permet d'observer que si les coureurs ne sont pas encadrés, une simple brochure ne semble pas les protéger d'une incidence de blessures très importante lors de la transition. Pour appuyer cela, il serait pertinent de confirmer, via une nouvelle étude, une différence entre l'incidence des blessures chez les coureurs suivis et encadrés par rapport à l'incidence chez un groupe contrôle livré à lui-même.

Pour finir, la surcharge de certaines structures lors du changement de chaussures étant à l'origine des blessures, il est légitime de se demander si des exercices de renforcement avant et / ou pendant la transition permettraient de diminuer l'incidence des blessures et les douleurs ressenties par les coureurs. Ceci faciliterait la mise au point des guidelines concernant la transition vers les chaussures minimalistes. Lors de nos recherches, nous n'avons trouvé qu'un court résumé de « Evidence based guidelines for safe transitioning to barefoot or minimalist running » de McCarthy & Fleming (2015). Cependant, nous n'avons pas réussi à avoir accès au document, même en contactant les auteurs, dont nous n'avons obtenu aucune réponse.

6.5. Recommandations pour la pratique

Tout d'abord, précisons qu'il faut bien différencier la course pieds nus de la course en chaussures minimalistes. Il a été montré que certains facteurs biomécaniques diffèrent entre les deux types de baskets (Bonacci et al., 2013 ; Perkins, Hanney & Rothschild, 2014). Notre travail n'est donc pas applicable aux coureurs voulant s'essayer à la course pieds nus.

Comme vu dans le chapitre 2.1.2, un changement biomécanique s'opère lors du passage d'une chaussure standard à une chaussure minimaliste: dans la majorité des cas, l'attaque du pied se fera non plus par le talon mais par l'avant-pied. Du fait de cette modification, il n'est pas conseillé de préconiser un changement pour des chaussures minimalistes aux personnes ayant des pathologies au niveau de l'avant-pied. En effet, cette zone sera la plus sollicitée et est donc davantage atteinte par des blessures lors de la transition.

Du fait de ce remaniement de l'attaque au sol, les muscles plantaires et extenseurs de cheville sont très sollicités lors de l'attaque avant-pied, en fournissant un travail excentrique lors de l'amortissement. Selon notre travail, ces structures sont souvent

touchées lors de la transition. Il faudra donc être vigilant quant aux personnes présentant des faiblesses de ces deux groupes musculaires qui, sur-stimulés, auront un risque de blessure élevé.

Enfin, comme nous avons pu le constater avec l'étude de Salzler et al. (2016), donner une brochure explicative aux coureurs désirant passer d'une chaussure standard à une chaussure minimaliste ne suffit de loin pas à limiter le risque de blessure. Cette étude a eu un taux de blessures beaucoup plus élevé comparé aux deux autres qui elles, avaient établi une procédure rigoureuse pour leurs coureurs. Il faudrait donc que les sportifs souhaitant courir avec des chaussures minimalistes suivent un protocole précis et soient encadrés par des professionnels, pour limiter au mieux le risque de blessure.

7. CONCLUSION

Les buts de ce travail étaient d'évaluer la douleur et le taux de blessures lors d'une transition de chaussures standard vers des chaussures minimalistes.

D'après nos études, les coureurs en chaussures minimalistes ne ressentent pas plus de douleurs sur l'ensemble du corps par rapport aux coureurs en baskets standard. Cependant, le mollet et le tibia sont deux structures très sollicitées; la sensibilité de ces deux régions anatomiques peut semble-t-il, être accrue lors de l'utilisation de ce type de chaussure.

Le deuxième objectif de ce travail, à savoir le taux de blessures, n'est pas significativement plus élevé chez les sportifs en chaussures minimalistes versus chaussures conventionnelles; même si les chiffres semblent se prononcer en faveur d'une hausse des blessures. La notion de progression prend toute son importance lors de la transition, afin d'éviter le taux relevé pouvant être observé chez des coureurs livrés à eux-mêmes, quand bien même des études complémentaires seraient nécessaires pour confirmer ces résultats.

Pour éviter cette période de transition et les désagréments en lien, tel que le respect nécessaire d'une progression lente, il serait intéressant d'investiguer de manière plus spécifique l'utilisation des chaussures minimalistes chez les enfants. Nous pourrions supposer que leur développement moteur pourrait se faire simultanément au renforcement de la musculature de leur pied. Ainsi, peut-être bénéficieraient-ils des avantages en lien, observés chez les peuples se déplaçant pieds nus au quotidien.

8. LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acapo, S., Seyrès, P. & Savignat, E. (2017). Définition et évaluation de la douleur. *Kinésithérapie, la revue*. Accès <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2017.02.132>
- Bergeron, R. (S.d.). Prévention des blessures en course à pied. [Présentation PowerPoint]. Accès http://www.hopitalmontfort.com/sites/default/files/PDF/prevention_blessures_course_pied_r.bergeron.pdf
- Bergstra, S.A., Kluitenberg, B., Dekker, R., Bredeweg, S.W., Postema, K., Van den Heuvel, E. R., ... Sobhani, S. (2015). Running with a minimalist shoe increases plantar pressure in the forefoot region of healthy female runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(4), 463-468. doi: 10.1016/j.jsams.2014.06.007
- Bompard, N. (2012). *La santé en courant, Course à pied, jogging, footing... Performances, bienfaits, blessures*. Chiron.
- Bonacci, J., Saunders, P.U., Hicks, A., Rantalainen, T., Vicenzino, B.G. & Spratford, W. (2013). Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 387-392. Accès <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091837>
- Bredeweg, S.W., Kluitenberg, B., Bessem, B. & Buist, I. (2013). Differences in kinetic variables between injured and non injured novice runners: a prospective cohort study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(3), 205-210. Accès <https://doi:10.1016/j.jsams.2012.08.002>
- Brigaud, F. (2015). *Guide de la foulée avec prise d'appui avant-pied*. Editions DésIris.
- Brigaud, F. (2013). *La course à pied: posture, biomécanique, performance*. Paris: DesIris.
- Bureau de prévention des accidents. (2017). *Status 2016: statistiques des accidents non professionnels et du niveau de sécurité en suisse*. Accès <http://www.bfu.ch/de/bestellen/alles?k=STATUS+2016>
- Cheung, R. & Rainbow, J. (2014). Landing pattern and vertical loading rates during first attempt of barefoot running in habitual shod runners. *Human Movement Science*, 34, 120-127. Accès <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2014.01.006>



- Cheung, R.T. & Ngai, S.P. (2016). Effects of footwear on running economy in distance runners: a meta-analytical review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(3), 260-6. doi: 10.1016/j.jsams.2015.03.002
- CONSORT transparent reporting of trials. (2010). *Welcome to the consort website*. Accès <http://www.consort-statement.org>
- Daoud, A.I., Geissler, G.J., Wang, F., Saretsky, J., Daoud, Y.A. & Lieberman, D.E. (2012). Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(7), 1325-1334. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182465115
- Dubois, B. (2015). *Présentation - Teaser*. Communication présenté au Grand débat sur la technique de course, 14 mai 2015, Montréal.
- Dubois, B. (2010). *Prévention des blessures en course à pied* [Brochure]. (S.l.) : (s.n.).
- Edwards, W.B., Taylor, D., Rudolph, T.J., Gillette, J.C. & Derrick, T.R. (2009). Effects of stride length and running mileage on a probabilistic stress fracture model. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(12), 2177-2184. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a984c4
- Esculier, J-F., Dubois, B., Dionne, C.E., Leblond, J. & Roy, J-S. (2015). A consensus definition and rating scale for minimalist shoes. *Journal of Foot and Ankle Research*, 8(42). doi: 10.1186/s13047-015-0094-5
- Fuller, J.T., Thewlis, D., Buckley, J.D., Brown, N.A.T., Hamill, J. & Tsiros, M.D. (2017). Body mass and weekly training distance influence the pain and injuries experienced by runners using minimalist shoes: a randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(5), 1162-1170. doi: 10.1177/0363546516682497
- Gindre, C. (2013). *Courir en harmonie: 2e édition*. Chàveria: Volodalen.
- Goss, D.L., Lewek, M., Yu, B., Ware, W.B., Teyhen, D.S. & Gross, M.T. (2015). Lower extremity biomechanics and self-reported foot-strike patterns among runners in traditional and minimalist shoes. *Journal of Athletic Training*, 50(6), 603-611. doi: 10.4085/1062-6050.49.6.06
- Grimshaw, P. & Burden, A. (2010). *Biomécanique du sport et de l'exercice*. Bruxelles : De Boeck s.a.

- Hall, J.P.L., Barton, C., Jones, P.R. & Morrissey, D. (2013). The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Sports Medicine*, 43(12), 1335-1353. doi: 10.1007/s40279-013-0084-3
- Hamill, J., Gruber, A.H. & Miller, R.H. (2013). Footwear effects on running kinematics. In R.S. Goonetilleke (Ed.), *The science of footwear* (pp. 457-474). Boca Raton : CRC Press
- Hasegawa, H., Yamauchi, T. & Kraemer, W.J. (2007). Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 888–893. doi : 10.1519/R-22096.1
- Heiderscheit, B.C., Chumanov, E.S., Michalski, M.P., Wille, C.M. & Ryan, M.B. (2011). Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(2), 296-302. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ebedf4
- La Clinique du Coureur. (2017). *La clinique du Coureur*. Accès <https://lacliniqueducoureur.com/>
- Larson, P., Higgins, E., Kaminski, J., Decker, T., Preble, J., Lyons, D., McIntyre, K. & Normile, A. (2011). Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *Journal of Sports Sciences*, 29(15), 1665-1673. doi: 10.1080/02640414.2011.610347
- Lenhart, R.L., Thelen, D.G., Wille, C.M., Chumanov, E.S. & Heiderscheit, B.C. (2014). Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(3), 557-564. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182a78c3a
- Lieberman, D.E., Castillo, E.R., Otarola-Castillo, E., Sang, M.K., Sigei, T.K., Ojiambo, R., ... Pitsiladis, Y. (2015). Variation in foot strike patterns among habitually barefoot and shod runners in Kenya. *PLOS ONE*, 10(7), e0131354. doi: 10.1371/journal.pone.0131354
- McCarthy, C. & Fleming, N. (2015). Evidence based guidelines for safe transitioning to barefoot or minimalist running. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, 89-90. Accès <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.349>
- McDougall, C. (2009). *Born to Run (Né pour courir)*. Chamonix: Guérin.

- Office fédéral de la statistique. (2017). *Population: Panorama*. Accès <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/population.assetdetail.2241465.html>
- Office fédéral du sport. (2017). *Sport suisse 2014: Activités et consommation sportives de la population suisse*. Accès <http://www.baspo.admin.ch/fr/dokumentation/publikationen/sport-schweiz-2014.html>
- Organisation mondiale de la santé. (2017). *Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé*. Accès http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44436/1/9789242599978_fre.pdf
- PEDro Physiotherapy evidence database. (2017). *Echelle PEDro*. Accès <https://www.pedro.org.au/french/downloads/pedro-scale/>
- Perkins, K.P., Hanney, W.J. & Rothschild, C.E. (2014). The risks and benefits of running barefoot or in minimalist shoes: a systematic review. *Sports Health*, 6(6), 475-480. doi: 10.1177/1941738114546846
- Perl, D., Daoud, A. & Lieberman, D. (2012). Effects of footwear and strike type on running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(7), 1335-1343. doi: 10.1249/MSS.0b013e318247989e
- Richardson, J.L. (2013). *Effect of Step Rate on Foot Strike Pattern and Running Economy in Novice Runners*. (Master Of Science, UTAH STATE UNIVERSITY). Accès <http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1293&context=gradreports>
- Ryan, M., Elashi, M., Newsham-West, R., & Taunton, J. (2014). Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear. *British Journal of Sports Medicine*, 48(16), 1257-1262. doi: 10.1136/bjsports-2012-092061
- Salzler, M.J., Kirwan, H.J., Scarborough, D.M., Walker, J.T., Guarino, A.J., & Berkson, E.M. (2016). Injuries observed in a prospective transition from traditional to minimalist footwear: correlation of high impact transient forces and lower injury severity. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(4), 373-379. doi: 10.1080/00913847.2016.1238282

- Squadrone, R., & Gallozzi, C. (2009). Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 6-13. Accès : http://marchingbandwellness.com/wp-content/data_disc/research/biomechanical_camparison_of_barefoot_vs_shod.pdf
- Thys, H. (2001). Place de l'énergie mécanique dans le déterminisme du coût énergétique de la locomotion. *Staps*, 54, 131-143. doi:10.3917/sta.054.0131
- Van der Worp, H., Vrieling, J.W. & Bredeweg, S.W. (2016). Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (8), 450-7. doi: 10.1136/bjsports-2015-094924
- Van Dyck, E., Moens, B., Buhmann, J., Demey, M., Coorevits, E., Dalla Bella, S., & Leman, M. (2015). Spontaneous entrainment of running cadence to music tempo. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 15. doi: 10.1186/s40798-015-0025-9
- Van Gent, R.N., Siem, D., Van Middelkoop, M., Van Os, A.G., Bierma-Zeinstra, S.M.A. & Koes, B.W. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 469-80. doi: 10.1136/bjism.2006.033548
- Warne, J.P., Smyth, B.P., Fagan, J.O., Hone, M.E., Richter, C., Nevill, A. M., ... Warrington, G.D. (2016). Kinetic changes during a six-week minimal footwear and gait-retraining intervention in runners. *Journal of Sports Sciences*, 35(15), 1538-1546. doi: 10.1080/02640414.2016.1224916
- Warne, J.P., Kilduff, S.M., Gregan, B.C., Nevill, A.M., Moran, K.A., & Warrington, G.D. (2014). A 4-week instructed minimalist running transition and gait-retraining changes plantar pressure and force: four-week minimalist running transition. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), 964-973. Accès <https://doi.org/10.1111/sms.12121>
- Warne, J.P., & Warrington, G.D. (2014). Four-week habituation to simulated barefoot running improves running economy when compared with shod running: habituation to simulated barefoot running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(3), 563-568. doi: 10.1111/sms.12032

- Willy, R.W., & Davis, I.S. (2014). Kinematic and kinetic comparison of running in standard and minimalist shoes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(2), 318-323. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182a595d2
- Yong, J.R., Silder, A. & Delp, S.L. (2014). Differences in muscle activity between natural forefoot and rearfoot strikers during running. *Journal of Biomechanics*, 47(15), 3593-7. doi: 10.1016/j.jbiomech.2014.10.015
- Zadpoor, A.A., & Nikooyan, A.A. (2011). The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review. *Clinical Biomechanics*, 26(1), 23-28. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2010.08.005

9. BIBLIOGRAPHIE

- Adjadj, L. & Chesnaux, D. (2014). *Influence des chaussures minimalistes sur la biomécanique de la course: recommandations d'usage*. (Travail de Bachelor non publié). Haute école de santé Vaud, Lausanne.
- Boisnel, M. & Vaglio-Agnès, P. (2015). *Effets de la fréquence de la foulée et du type de pose de pied lors de la course à pied sur la fracture de fatigue tibiale*. (Travail de Bachelor. Haute école de santé Genève). Accès https://doc.rero.ch/record/257174/files/TB_Physio_2015_Boisnel_Vaglio-Agn_s.pdf
- Brossard, F. & Dubois, D. (2012). *Barefoot & minimalisme: courir naturel*. Paris: Amphora.
- Dard, P. (2014). *Etude comparative entre la course pieds-nus/minimaliste et la course avec des chaussures de course conventionnelles. Incidence sur les blessures en course-à-pied*. (Travail de Master non publié). Université de Genève et Université de Lausanne.
- Da Silva Azevedo, A.P., Mezencio, B., Valvassori, R., Mochizuki, L., Amadio, A.C. & Serrao, J.C. (2016). Does “transition shoe” promote an intermediate biomechanical condition compared to running in conventional shoe and in reduced protection condition?. *Gait & Posture*, 46, 142-146. doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.03.008

- Ferber, R. & Macdonald, D. (2014). *Running Mechanics and Gait Analysis*. United States of America : HumanKinetics.
- Finn, A. (2012). *Courir avec les Kényans : les secrets des hommes les plus rapides du monde*. Paris : JC Lattès.
- Fuller, J.T., Amado, A., Emmerik, R.E. van, Hamill, J., Buckley, J.D., Tsiros, M.D. & Thewlis, D. (2016). The effect of footwear and footfall pattern on running stride interval long-range correlations and distributional variability. *Gait & Posture*, *44*, 137-142. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.12.006
- Lieberman, D.E. (2012). What we can learn about running from barefoot running: an evolutionary medical perspective. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *40*(2), 63-72. doi: 10.1097/JES.0b013e31824ab210.
- Murphy, K., Curry, E.J. & Matzkin, E.G. (2013). Barefoot running: Does it prevent injury?. *Sports Medicine*, *43*(11), 1131-8. doi: 10.1007/s40279-013-0093-2
- Rixe, J.A., Gallo, R.A. & Silvis, M.L. (2012). The barefoot debate: Can minimalist shoes reduce running-related-injury?. *Current Sports Medicine Report*, *11*(3), 160-5. doi: 10.1249/JSR.0b013e31825640a6.
- Viel, E (Dir.). (2000). *La marche humaine, la course et le saut : Biomécanique, explorations, normes et dysfonctionnements*. Paris : Masson.

10. ANNEXES

Annexe I : Equations de recherche

	MedlinePubmed	
Combinaison	((((shoes[MeSHTerms]) OR footwear)) AND minimalist)) AND (((((((riskfactors[MeSHTerms]) OR athletic injuries[MeSHTerms]) OR musculoskeletal pain[MeSHTerms]) OR pain[MeSHTerms]) OR pain perception[MeSHTerms]) OR pain measurement[MeSHTerms]) OR injuries)	
Descripteurs MeSH	chaussures	shoes [MeSH]
	facteurs de risque	riskfactors [MeSH]
	traumatismes sportifs	athletic injuries [MeSH]
	douleur	pain [MeSH]
	perception de la douleur	pain perception [MeSH]
	douleur musculosquelettique	musculoskeletal pain [MeSH]
	mesure de la douleur	pain measurement [MeSH]
Filtres	Aucun	
Nombre de résultats au 15.02.2017	33 résultats	

	Embase	
Combinaison	'running'/exp OR running AND ('shoe'/exp OR shoe) AND minimalist AND ('pain'/exp OR pain OR 'sport'/exp OR sport) AND ('injury'/exp OR injury)	
Descripteurs Emtree	Running	course
	Sport injury	Blessure liée au sport
	Pain	Douleur
Filtres	Aucun	
Nombre de résultats au 16.02.2017	28 résultats	

	Cinahl	
Combinaison	((MH "Pain Measurement") OR (MH "Pain") OR (MH "Running Injuries")) AND (MH "Running") AND (MH "Shoes")	
Descripteurs CinahlHeading	Pain	Douleur
	Pain Measurement	Mesure de la douleur
	Running Injuries	Blessures liées à la course à pied
	Shoes	Chaussures
	Running	Course à pieds
Filtres	Academic Journal	
Nombre de résultats au 15.02.2017	10 résultats dont celui de Ryan	

Cochrane Library		
Combinaison	#1 AND #2 AND (#3 OR #4)	
MeSHdescriptor	#1 : [Running] explode all trees	Course à pied
	#2 : [Shoes] explode all trees	Chaussures
	#3 : [Pain] explode all trees	Douleur
	#4 : [Athletic Injuries] explode all trees	Blessures liées au sport
Filtres	Aucun	
Nombre de résultats au 15.02.2017	12 résultats → 2 Review (Yeung EW & Yeung SS 2001 et Perkins KP, Hanney WJ & Rothschild CE 2014 sur les chaussures minimalistes et l'économie de course) → 10 Trials	

PEDro	
Combinaison	minimalist*
Filtres	Aucun
Nombre de résultats au 15.02.2017	4 résultats : 2 review + 2 RCT dont Ryan 2014 (6/10)

BDSP	
Combinaison	A. Minimaliste Course B. Chaussure minimaliste
Filtres	Aucun
Nombre de résultats au 15.02.2017	A. 1 résultats B. 0 résultats

Kinedoc	
Combinaison	chaussure minimaliste
Filtres	Aucun
Nombre de résultats au 15.02.2017	5 résultats dont le TBsc de Lausanne 2014

LiSSa	
Combinaison	A. chaussure minimaliste B. course blessures
Filtres	Aucun
Nombre de résultats au 15.02.2017	A. 5 résultats B. 10 résultats

Annexe II : Tableau d'extraction

Auteur		Fuller et al.	Ryan et al.	Salzler et al.
Titre		Body Mass and Weekly Training Distance Influence the Pain and Injuries Experienced by Runners Using Minimalist Shoes	Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear	Injuries observed in a prospective transition from traditional to minimalist footwear: correlation of high impact transient forces and lower injury severity
Année		2017	2014	2016
Lieu		Australia	Vancouver, Canada	USA
Journal		The American Journal of Sports Medicine	British Journal of Sports Medicine	The Physician and Sportsmedicine
Design		Etude randomisée contrôlée	Etude prospective randomisée contrôlée	Etude prospective
P O P U L A T I O N	Nombre	61 coureurs	103 (99 dans l'analyse finale)	14 coureurs
	Sexe	Hommes	Femmes & Hommes	Femmes & Hommes
	Age	18 - 40 ans	19 - 50 ans	22 - 41 ans
	Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'expérience minimaliste - attaque talon au recrutement - s'entraîne minimum 15km/semaine - cours 5km en moins de 23 minutes 	<ul style="list-style-type: none"> - minimum 5 ans d'expérience en course - a couru minimum une fois par semaine pendant les 6 derniers mois - capable de courir 60 minutes sans pause - pouvoir tolérer un programme d'entraînement avec 20 à 40 km par semaine 	<ul style="list-style-type: none"> - habituellement chaussés - cours minimum 20 km par semaine en chaussures standard
	Critères d'exclusion	<ul style="list-style-type: none"> - utilise une orthèse - blessure musculosquelettique récente (< 3 mois) - antécédent de chirurgie invasive (dos, bassin, membre inférieur) (< 1 an) 	<ul style="list-style-type: none"> - pas de blessure liée à la course à pied nécessitant un arrêt de l'entraînement d'au moins 2 semaines dans les derniers 6 mois 	Blessure
I N T E R V E N T I O N	Durée de la transition	26 semaines	12 semaines	30 semaines
	Chaussure minimaliste (indice minimaliste)	Asics Piranha SP4 (72%)	Full minimalist footwear (FMF), Vibram 5-Finger Bikila (96%) Partial minimalist footwear (PMF), Nike Free 3.0 V2 (66%)	Vibram Seeya (96%)
	Encadrement / Conseils	6 semaines d'entraînement standardisé	entraînements en groupe	Brochure explicative des recommandation pour la transition vers les chaussures minimalistes
	Groupe Contrôle	Asics Gel Cumulus (12%)	Nike Pegasus 28 (16%)	Aucun

O U T C O M E	Douleur	VAS chaque semaine : douleur la plus importante en courant au niveau du pied, de la cheville, du mollet, du tibia, du genou de la cuisse et du dos	VAS hebdomadaire: douleur associée à la course + VAS : spécifique par localisation anatomique	A semaine 0, 4 et 12 : VAS
	Blessures	Blessure liée à la course à pied	Nombre de blessures	Dans un rapport hebdomadaire : blessure (localisation et sévérité) + modified Running Injury Severity Score (RISS)
	Autres		Foot and ankle disability scores	A semaine 0, 4 et 12 : - type d'attaque - force d'impact via une analyse mouvement 3D
Resultats	Chaussures minimalistes augmente la douleur et le taux de blessures - plus de 35 km par semaine -> douleur - plus de 71,4 kg -> douleur douleur engendre risque de blessures	Incidence de blessure significativement plus grande dans le groupe PMF que dans le groupe contrôle Douleur dans "shin/claf" significativement plus important dans le groupe full minimalist (p<0.01)	- 14 blessés (86%) The magnitude of the baseline impact transient peak in traditional shoes and in minimalist shoes negatively correlated with RISS scores (r = -0.45, p = 0.055 and r = -0.53, p = 0.026, respectively).	
PEDro	7 / 10	7 / 10	0 / 10	

Annexe III : Evaluation de la qualité des articles

CONSORT			Fuller et al. (2017)	Ryan et al. (2014)	Salzler et al. (2016)
Title and abstract		1a	✓	X	X
		1b	✓	X	X
Introduction	Background and objectives	2a	✓	✓	✓
		2b	✓	✓	✓
Methods	Trial design	3a	✓	✓	X
		3b	✓	✓	✓
	Participants	4a	✓	✓	✓
		4b	X	✓	X
	Intervention	5	✓	✓	X
	Outcomes	6a	✓	✓	✓
		6b	✓	✓	X
	Sample size	7a	✓	X	X
		7b	X	X	X
	Sequence generation	8a	✓	✓	X
		8b	✓	✓	X
	Allocation	9	X	X	X
	Implementation	10	✓	✓	X
	Blinding	11a	✓	✓	X
		11b	✓	✓	X
Statistical method	12a	✓	✓	✓	
	12b	✓	X	✓	
Results	Participant flow	13a	✓	✓	X
		13b	✓	✓	X
	Recruitment	14a	X	X	X
		14b	✓	✓	✓
	Baseline data	15	X	✓	✓
	Numbers analysed	16	✓	✓	✓
	Outcomes and estimation	17a	✓	✓	✓
		17b	✓	✓	✓
Ancillary analyses	18	✓	✓	✓	
Harms	19	✓	✓	✓	
Discussion	Limitations	20	✓	✓	✓
	Generalisability	21	✓	✓	✓
	Interpretation	22	✓	✓	✓
Other information	Registration	23	✓	✓	X
	Protocol	24	X	X	X
	Funding	25	X	X	✓

PEDro		Fuller et al. (2017)	Ryan et al. (2014)	Salzler et al. (2016)	Score maximale atteignable pour nos études
	Eligibility criteria *	X	✓	X	✓
1	Random allocation	✓	✓	X	✓
2	Concealed allocation	✓	✓	X	✓
3	Baseline comparability	✓	✓	X	✓
4	Blind subjects	X	X	X	X
5	Blind therapists	X	X	X	X
6	Blind assessors	X	X	X	✓
7	Adequate follow-up	✓	✓	X	✓
8	Intention-to-treat analysis	✓	✓	X	✓
9	Between-group comparisons	✓	✓	X	✓
10	Point estimates and variability	✓	✓	X	✓
Total		7 / 10	7 / 10	0 / 10	8 / 10

* Eligibility criteria item does not contribute to total score.

Annexe IV : Description des entraînements

Articles	Entraînement			Nombre de coureurs et suivi
	Durée de transition (semaines)	Port des chaussures	Progression et Entraînements	
Fuller et al. (2017) Australie	26	<p>Augmentation progressive du temps de course avec les chaussures assignées : de 5% [10min] de leur entraînement hebdomadaire puis augmentation de 5% chaque semaine. Soit 100% de la semaine 20 à la semaine 26.</p> <p>Ni encouragement ni instruction pour changer la foulée</p>	<p>De la semaine 1 à 6 : entraînement standardisé (2 intervalle training et 2 entraînements continu)</p> <p>Des semaines 7 à 26: reprise des entraînements habituels (non supervisés par l'équipe de recherche)</p>	<p>CS : 30 (5 pertes de suivi)</p> <p>MS : 31 (4 pertes de suivi)</p>
Ryan et al. (2014) Canada	12	<p>Augmentation progressive du temps de course avec chaussures minimalistes (19% [10 min] du volume total de leur entraînement hebdomadaire pour arriver à 58% [115 min])</p> <p>Les participants ont reçu leurs chaussures une semaine avant le début de la transition</p>	<p>Programme par groupe de course comprenant 3 à 4 entraînements par semaines dont un intervalle training en semaine et une course plus longue le week end</p> <p>Environ 15 km par semaine au début, avec un maximum à 30-40 km</p> <p>5eme semaine avec moins d'entraînements : 60% comparé à la semaine précédente</p>	<p>CS : 34 (2 abandons + 1 perte de suivi)</p> <p>PMS :34 (2 abandons + 4 pertes de suivi)</p> <p>MS : 35 (3 pertes de suivi)</p>
Salzler et al. (2016) États-Unis	30	<p>Brochure explicative (de la marque de chaussure) sur la procédure normale de transition + recommandations selon les guidelines</p>	Libre	MS : 14

CS : Conventional Shoes PMS : Partial Minimalist Shoes MS : Minimalist Shoes

Annexe V : Description des modèles de chaussures utilisées

	Fuller et al. (2017)	Ryan et al. (2014)	Salzler et al. (2016)
Chaussure minimaliste	Asics Piranha SP4 (72%)	Vibram 5-Finger Bikila (96%) *	Vibram Seeya (96%) *
Poids	4/5 : 138±10g (128 - 148)	4/5 : 125 g - 175 g	4/5 : 125 g - 175 g
Epaisseur du talon	2/5 : 22 mm (20 - 26)	5/5 : < 8mm	5/5 : < 8mm
Dénivelé	3/5 : 5 mm (4 - 7)	5/5 : < 1mm	5/5 : < 1mm
Technologies de stabilité et de contrôle du mouvement	4/5 ou 5/5 **	5/5 : Aucune technologie de contrôle de la pronation	5/5 : Aucune technologie de contrôle de la pronation
Flexibilité longitudinale	2/2,5 ou 2,5/2,5 **	2,5/2,5 : la chaussure peut être roulée sur elle-même sur plus de 360 degrés	2,5/2,5 : la chaussure peut être roulée sur elle-même sur plus de 360 degrés
Flexibilité torsionnelle	2/2,5 ou 2,5/2,5 **	2,5/2,5 : la partie antérieure de la chaussure est tournée sur 360 degrés	2,5/2,5 : la partie antérieure de la chaussure est tournée sur 360 degrés
Chaussure contrôle	Asics Gel Cumulus (12%)	Nike Pegasus 28 (16%) *	Nike Free 3.0.V2 (66%)* (PMS)
Poids	0/5 : 333±25 g (≥325g)	1/5 : 311g (275g-325g)	3/5 : 204 g (175 g - 225 g)
Epaisseur du talon	0/5 : 32mm (≥32mm)	0/5 : ≥32mm	2/5 : 20mm - 26mm
Dénivelé (drop)	2/5 : 9 mm (7mm - 10mm)	1/5 : 10mm - 13mm	3/5 : 4mm - 7mm
Technologies de stabilité et de contrôle du mouvement	donnée non disponible	1/5 : Semelle moyenne à densités multiples, Renforts médiaux, Coupole calcanéenne rigide, Semelle interne médiale surélevée	5/5 : Aucune technologie de contrôle de la pronation
Flexibilité longitudinale	donnée non disponible	0,5/2,5 : Angle maximal de 45 degrés peut être formé entre les parties antérieure et postérieure de la chaussure	2/2,5 : le bout antérieur de la chaussure atteint le bout postérieur de la chaussure
Flexibilité torsionnelle	donnée non disponible	0,5/2,5 : Très forte résistance à la torsion (une déformation torsionnelle est possible, mais la partie antérieure de la chaussure atteint moins de 45 degrés)	1,5/5 : Résistance modérée à la torsion (la partie antérieure de la chaussure est tournée d'au moins 90 degrés, mais à moins de 180 degrés)

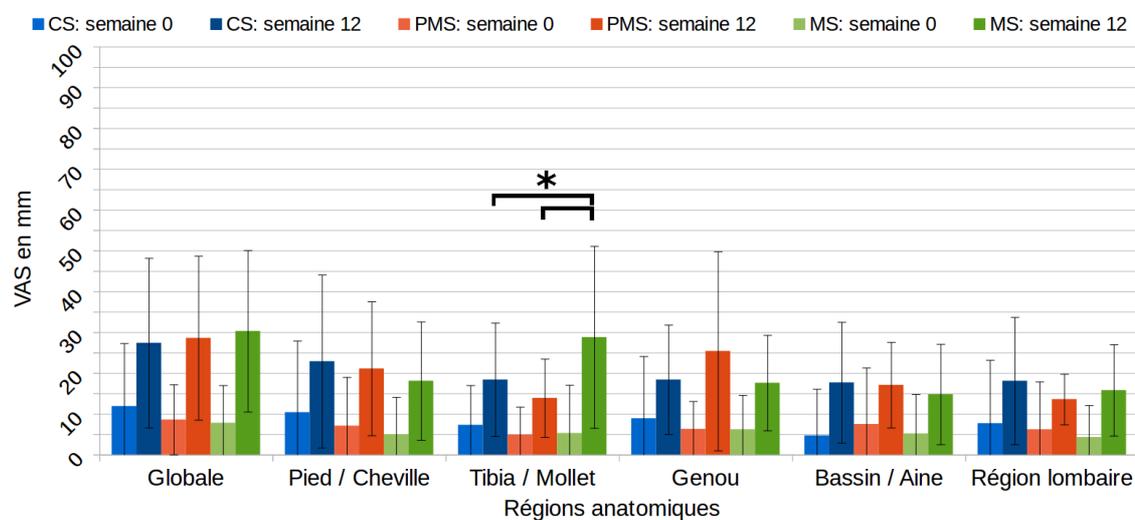
* Données tirées de La Clinique Du Coureur (2017)

** Pour arriver à un indice minimaliste de 72%, un seul de ces items est à 4/5 et les deux autres sont à 2,5/2,5. Malheureusement, aucune base de données nous a donné cette information.

Annexe VI : Résultats

Articles	Outcome	Nb de semaines	CS	PMS	MS
Fuller et al. (2017) Australie	VAS (/100mm)	moyenne hebdomadaire	6 *		8,71 *
	Nb de blessés (%)	0	0 / 30		0 / 31
		12	donnée non disponible		donnée non disponible
		26	11 / 30 (37%)		16 / 31 (52%)
Ryan et al. (2014) Canada	VAS (/100mm)	0	11.9 (15.4)	8.6 (8.6)	7.8 (9.2)
		12	27.4 (20.8)	28.6 (20.1)	30.3 (19.8)
	Nb de blessés	0	0 / 32	0 / 32	0 / 35
		12	4 / 32 (13%)	12 / 32 (38%)	7 / 35 (20%)
Salzler et al. (2016) États-Unis	VAS (/10pt)	0			0
		12			3,8
	Nb de blessés	0			0 / 14
		30			12 / 14 (86%)

* Données obtenue en effectuant la moyenne des VAS attribués au pied, à la cheville, au mollet, au tibia, au genou, à la cuisse et au bas du dos.



CS : Conventional Shoes PMS : Partial Minimalist Shoes MS : Minimalist Shoes

* indique une différence significative entre les groupes avec $p < 0,05$

Figure 5 : Ryan et al. (2014) - Douleur par régions anatomiques

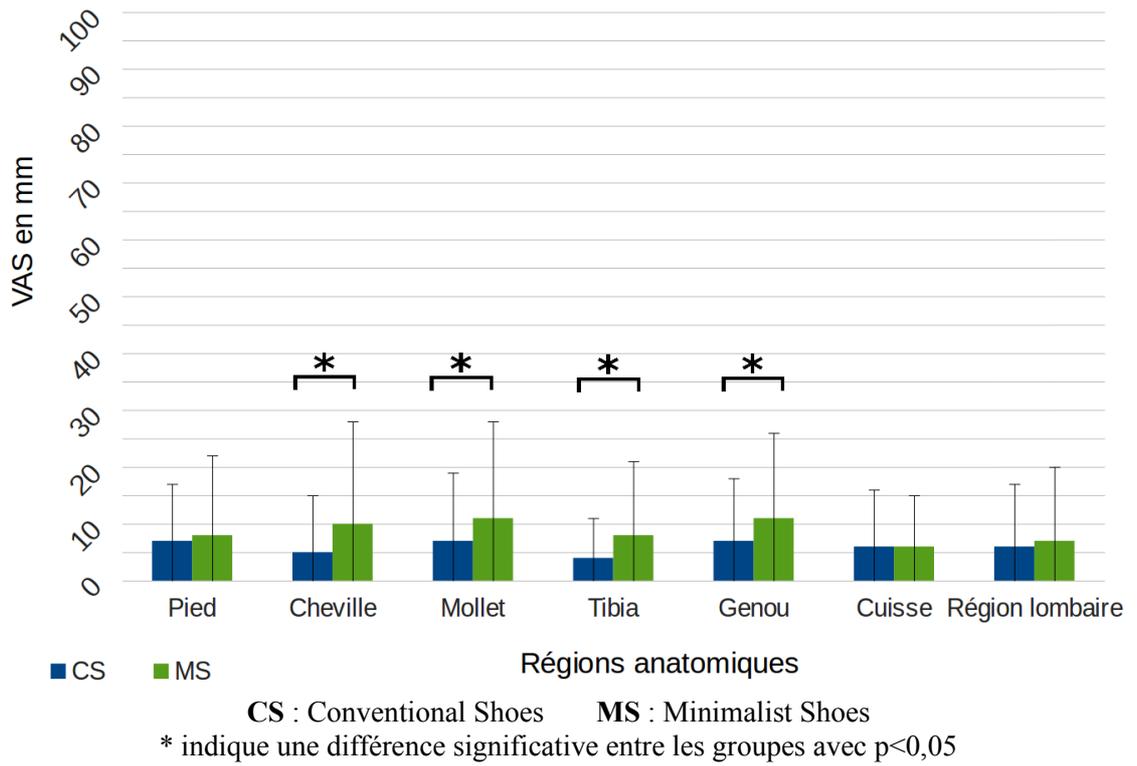


Figure 6 : Fuller et al. (2017) - Douleur par régions anatomiques

Annexe VII : Lexique

CS	Conventionnal Shoe
g	gramme
IM	Indice Minimaliste
IMC	Indice de Masse Corporelle
kg	kilogramme
mm	milimètre
MS	Minimalist Shoe
PMS	Partial Minimalist Shoe
VAS	Visual Analogic Scale