

# Université de Poitiers

## Faculté de Médecine et Pharmacie

2021

### **THESE**

**POUR LE DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN MEDECINE  
(décret du 16 janvier 2004)**

présentée et soutenue publiquement  
le 03/06/2021 à Poitiers  
par TASTET Florian

Comparaison de l'efficacité des ondes de choc radiales versus focales dans le traitement de l'aponévropathie plantaire chronique à travers une étude rétrospective

#### COMPOSITION DU JURY

**Président** : Professeur Pierre PRIES

**Membres** :

Professeur Pascal PARTHENAY

Professeur Valérie VICTOR-CHAPLET

Docteur Marie-Cécile BRETHENOUX

**Directeur de thèse** : Dr Stéphane HENRI

## LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

### Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- BOULETI Claire, cardiologie (**absente jusque début mars 2020**)
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GAYET Louis-Etienne, chirurgie orthopédique et traumatologique
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- HOUETO Jean-Luc, neurologie
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique t cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en détachement**)
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK Jiad, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie

- ROBERT René, réanimation
- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, hépato-gastro-entérologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

### Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY-LLATY Marion, santé publique
- BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail (**en détachement**)
- BILAN Frédéric, génétique
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- COUDROY Rémy, réanimation
- CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- JAVAUGUE Vincent, néphrologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- MARTIN Mickaël, médecine interne
- PALAZZO Paola, neurologie
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
- SAPANET Michel, médecine légale
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

### Professeur des universités

- PELLERIN Luc, biochimie et biologie moléculaire

### Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe

### **Professeurs associés de médecine générale**

- BIRAULT François
- FRECHE Bernard
- MIGNOT Stéphanie
- PARTHENAY Pascal
- VALETTE Thierry
- VICTOR-CHAPLET Valérie

### **Maîtres de Conférences associés de médecine générale**

- AUDIER Pascal
- ARCHAMBAULT Pierrick
- BRABANT Yann

### **Enseignants d'Anglais**

- DEBAIL Didier, professeur certifié

### **Professeurs émérites**

- ALLAL Joseph, thérapeutique (08/2020)
- BATAILLE Benoît, neurochirurgie (08/2020)
- CARRETIER Michel, chirurgie générale (08/2021)
- DORE Bertrand, urologie (08/2020)
- GIL Roger, neurologie (08/2020)
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (08/2021)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2020)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2020)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (16/02/2021)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2020)
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (08/2021)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2020)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2020)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2021)

### **Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires**

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

## Remerciements

*C'est avec émotion que je tiens à remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à cette thèse.*

*Merci à Monsieur le Professeur Pierre PRIES d'avoir accepté de présider à ce jury, ce travail représente l'aboutissement d'un long parcours et c'est un grand honneur que ce soit vous qui le jugiez aujourd'hui.*

*Mesdames et Messieurs les membres du jury, Mesdames et Messieurs les Professeurs, soyez assurés de mon profond respect et de ma sincère gratitude d'avoir accepté mon invitation.*

*Merci au Docteur Stéphane HENRI, ton expertise et ta soif d'apprendre sont un exemple à suivre pour moi. T'avoir comme directeur de thèse a été un honneur et je ne te remercierai jamais assez pour tout le temps et les moyens que tu as consacré à ce travail. La Guadeloupe où tu exerces est un lieu admirable qui ne cesse de me fasciner et où je suis heureux d'avoir pu y faire ta rencontre.*

*Merci au Docteur Marie-Cécile BRETHERNOUX, vous m'avez ouvert les portes de votre cabinet alors que j'étais encore interne et vous m'avez permis de progresser en me forgeant des compétences indispensables à la pratique médicale et d'adopter d'emblée les bons réflexes. J'admire votre rigueur professionnelle et l'implication que vous mettez dans votre travail. Plus généralement, je suis ravi de pouvoir garder contact avec vous et que les milliers de kilomètres de distance qui nous séparent ne soient pas un obstacle au fait que nous échangions des nouvelles et parlions musique.*

*Merci à Monsieur Jean-Pierre MAALOUF dont l'expertise en ce qui concerne les statistiques m'a permis de faire un pas de géant dans la connaissance de cet univers fait de chiffres, d'interrogations et de céphalées ( $\pm$ insomnies). Votre virtuosité dans le maniement de ces outils n'a d'égal que la facilité avec laquelle vous transmettez des connaissances et les rendez facilement accessibles.*

*À Chani, ma fiancée, la femme de ma vie, merci d'être là, tu me donnes la force de tout affronter et j'ai une chance infinie de pouvoir vivre autant de moments exceptionnels à tes côtés. Ta résilience face aux montagnes russes qui me tenaient lieu de stabilité émotionnelle ces derniers mois est tout à fait admirable et une réelle bénédiction. Je t'aime.*

*À mes parents, Christian et Véronique, je vous dédie cette thèse, je n'aurais jamais pu arriver à ce niveau si vous ne m'aviez pas soutenu dans mes choix. Votre amour m'a permis d'avancer et d'être fort. Merci à mes frères et sœurs, Lionel, Guillaume et Pauline, vous me manquez.*

# Résumé

**Objectif :** Tester l'équivalence de l'efficacité sur le douleur des ondes de choc (ODC) radiales versus focales dans le traitement de l'aponévropathie plantaire chronique (APC).

**Patients et méthodes :** Une étude longitudinale avec suivi de cohorte sur données rétrospectives à visée analytique a été réalisée en Guadeloupe dans un cabinet libéral, chez des patients atteints d'aponévropathie plantaire chronique, sur une période de 1 an, entre le 05/10/2019 et le 21/09/20. Deux cohortes ont été étudiées : l'une traitée par ODC radiales et l'autre par ODC focales. La douleur et la gêne fonctionnelle ont été évaluées par échelle numérique numérotée de 0 à 10 et par le score VISA-A avant et après le traitement. De plus, nous avons étudié le retentissement des ODC sur l'épaisseur de l'aponévrose plantaire. L'efficacité des deux traitements a été étudiée au sein de chaque groupe et entre les deux groupes.

**Résultats :** L'âge moyen de la population était de 53 ( $\pm 7$ ) ans. L'indice de masse corporelle moyen était de 30.3 ( $\pm 6.6$ ) kg/m<sup>2</sup>. Sur 20 patients inclus au total, 11 avaient reçu un traitement par ODC focales et 9 par ODC radiales. Les deux groupes initiaux étaient similaires en termes d'âge, d'indice de masse corporelle et de sévérité des symptômes avant le traitement. Nous avons mis en évidence une équivalence des deux types d'ODC de façon significative ( $p=0,009$  pour la borne inférieure et  $p=0,0032$  pour la borne supérieure) pour un intervalle de confiance à 90 % autour de la différence des moyennes. On retrouve par ailleurs comme décrit dans la littérature une efficacité significative intragroupe des ODC sur la diminution de la douleur et de l'épaisseur de l'aponévrose plantaire. Enfin des analyses en ANOVA suggèrent que les ODC focales ont présenté une meilleure efficacité de manière générale et plus particulièrement chez les hommes. Par ailleurs, l'obésité pourrait être un facteur prédictif négatif de l'amélioration de la douleur chez les patients traités par ODC.

**Conclusion :** Cette étude a permis de confirmer l'équivalence des deux types d'ODC. Des études prospectives randomisées sur de plus grands échantillons et avec un suivi plus long seraient souhaitables pour confirmer ou infirmer nos résultats.

**Mots clés :** Talalgie, Aponévropathie (ou fasciite) plantaire chronique, Ondes de choc radiales et focales, Tendinopathie, Score VISA-A, Guadeloupe

# Sommaire

Remerciements .....	4
Résumé .....	5
Sommaire .....	6
Liste des abréviations .....	7
I. Introduction .....	8
II. Matériel et méthodes .....	12
III. Analyses statistiques.....	16
IV. Résultats .....	17
V. Discussion .....	27
VI. Conclusion .....	31
VII. Annexes .....	32
VIII. Bibliographie .....	38
IX. Le serment d'Hippocrate. ....	43

## Abréviations

**ODC** : ondes de choc

**APC** : Aponévropathie plantaire chronique (parfois dénommée fasciite plantaire chronique)

**IMC** : Indice de masse corporelle ( $IMC = \text{Poids}/\text{taille}^2$ )

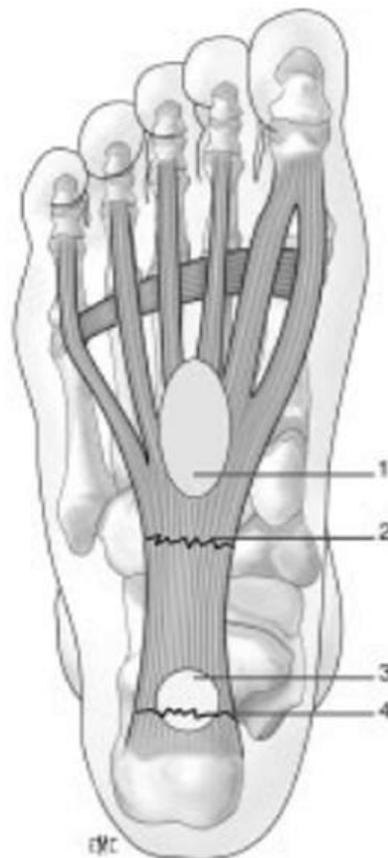
**EN** : Echelle Numérique

**AINS** : Anti-inflammatoires non stéroïdiens

## **I. Introduction :**

L'aponévropathie plantaire chronique (APC) est la cause la plus fréquente de douleurs du pied, une personne sur dix étant touchée au cours de sa vie par cette pathologie qui représente selon les auteurs 11 à 15% de la symptomatologie du pied nécessitant une prise en charge médicale [1-3].

Elle se manifeste cliniquement par des talalgies à sa partie inférieure (**figure 1**), maximales au moment de poser le pied pour la première fois de la journée et après une période d'inaction prolongée entraînant une gêne fonctionnelle non négligeable [4].



**Figure 1 :** Topographie et différents tableaux anatomocliniques des lésions mécaniques de l'aponévrose plantaire superficielle<sup>1</sup>.

1 : Myoaponévrosite corporeale (plantar fasciitis).

2 : Rupture de l'aponévrose plantaire corporeale.

3 : Aponévropathie plantaire chronique / Talalgie plantaire commune

4 : Rupture de l'aponévrose plantaire à son insertion

Bien que son étiologie reste sujet à débat, plusieurs facteurs de risques ont été rapportés.

C'est le cas de l'obésité et de la station debout prolongée souvent associée à un mauvais chaussage (semelles non amortissantes ou non adaptées à la morphologie du pied).

Un défaut au niveau de l'architecture de la voûte plantaire participe aussi à l'apparition de la maladie : c'est le cas des pieds creux (pes cavus) comme des pieds plats (pes planus).

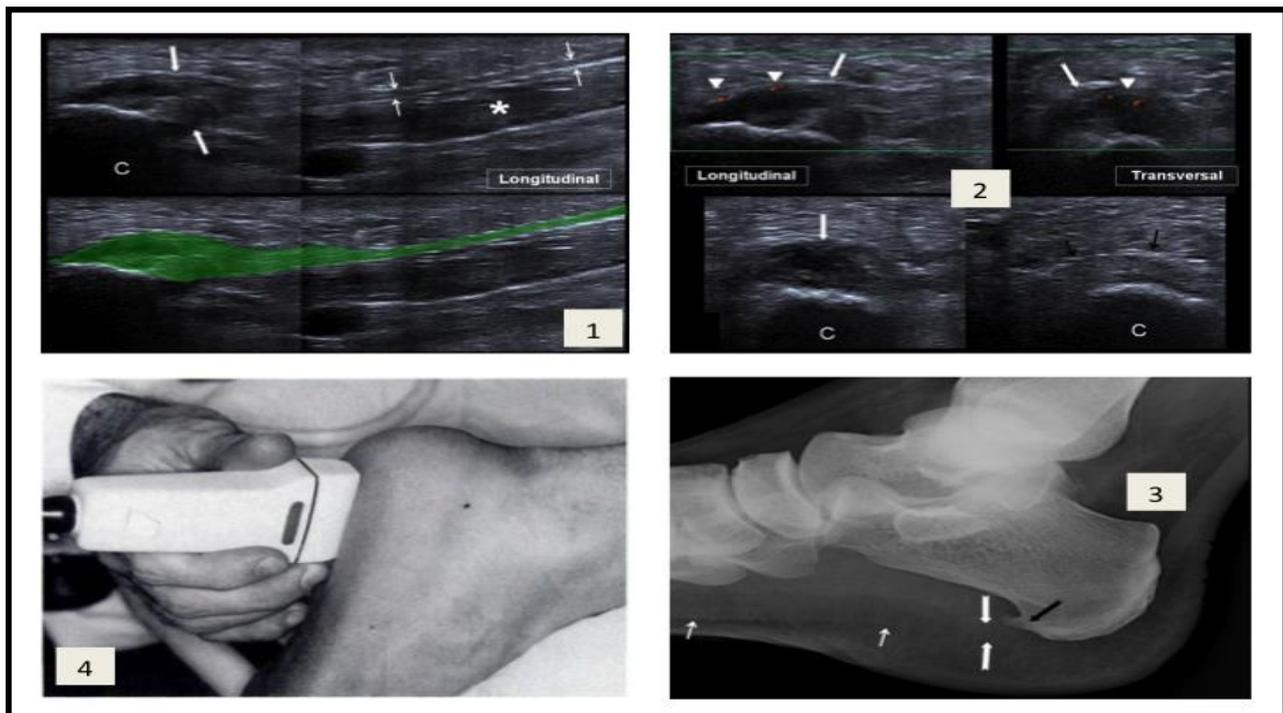
On retrouve par ailleurs fréquemment un manque d'extensibilité du pied (dorsiflexion) et de la cheville (Raideur des muscles gastrocnémiens, du soléaire et du tendon d'Achille) [5-8].

L'APC concerne aussi le sportif, en particulier ceux qui pratiquent la course à pied notamment lors d'une augmentation trop rapide de la distance, de l'intensité ou de la fréquence de ses entraînements.

En l'absence de traitement, les symptômes s'améliorent dans 80 à 90% des cas en l'espace de 6 mois à 1 an mais peuvent parfois persister plus longtemps voire récidiver [9-10].

D'un point de vue physiopathologique, il n'a pas été retrouvé de preuves de l'existence d'une inflammation locale [3]. Le terme d'aponévropathie plantaire chronique est par conséquent préférable à celui de fasciite dont le suffixe fait penser à un mécanisme inflammatoire.

Parmi les phénomènes décrits, on retrouve principalement des remaniements sur un versant dégénératif du collagène, une hyperplasie angiofibroblastique, des métaplasies chondroïdes et parfois la présence de calcification associées [11].



**Figure 2** : Diagnostic échographique de l'APC. 1) Épaissement d'origine mécanique de l'insertion calcanéenne (flèches blanches) du chef médial de l'aponévrose plantaire (petites flèches blanches) en superficie du muscle court fléchisseur des orteils (\*) avec discrète hyperhémie au doppler couleur (têtes de flèche blanche) (2). Sur le bilan radiographique (3), présence d'un éperon sous-calcanéen (flèche noire), mais c'est bien l'aponévrose qui est à l'origine des douleurs. Épaisseur normale du côté opposé (petites flèches noires). C : Calcaneum.

L'épine calcanéenne, correspondant à une excroissance osseuse calcanéenne n'existe que chez 50% de ces patients. Elle peut être objectivée par radiographie (**figure 2**), dont l'intérêt se discute car même lorsque sa présence est confirmée, sa taille n'est pas toujours corrélée à la symptomatologie [12]. En revanche, la radiographie peut permettre dans le cadre du diagnostic différentiel d'objectiver une fracture de stress du calcaneum ou une spondylarthropathie sous-jacente.

L'échographie est utile au diagnostic en mettant en évidence un épaissement de l'aponévrose plantaire (>4mm) qui peut apparaître hypoéchogène à sa partie proximale voire hétérogène avec parfois la présence de calcifications associées [13-15].

Les traitements conventionnels indiqués en 1ère intention dans l'APC sont : les antalgiques dont au premier plan les anti-inflammatoires non stéroïdiens, le repos, la perte de poids, des auto-exercices comprenant des étirements et massages (**Annexe 1**), l'application de glace, le port de chaussures et semelles adaptées avec éventuellement des talonnettes. [16-17]

En cas d'échec de ces mesures, trois alternatives sont alors généralement proposées : en première intention les infiltrations ou les ondes de choc et en dernier recours la chirurgie (fasciotomie plantaire endoscopique).

Les ondes de choc (ODC) ont l'avantage de n'avoir que peu d'effets secondaires qui sont, de plus, transitoires : érythème et œdème local, douleurs durant et dans les suites immédiates de la séance.

Plusieurs complications peuvent survenir suite à une infiltration : rupture de l'aponévrose plantaire, atrophie du tissu adipeux, lésion nerveuse secondaire à l'injection ou encore ostéomyélite calcanéenne et la balance bénéfice-risque chez le diabétique doit être sujet à discussion [18-19].

La chirurgie présente elle aussi des risques non négligeables (lésion nerveuse, fracture du calcanéum, aplatissement de la voûte plantaire) et nécessite un temps de récupération plus long avec nécessité d'une immobilisation suite à l'opération. [20-21]

Les ODC qu'elles soient focales comme radiales sont utilisées très largement depuis plusieurs dizaines d'années. Leur nature non invasive, leur accessibilité, leur faible coût et les résultats qu'elles offrent en font une option de choix pour de nombreux praticiens.

Les ODC radiales sont plus récentes que les focales qui constituent actuellement le « gold standard » dans cette indication.

Leur périmètre d'action est différent suivant le type d'appareil utilisé. Ainsi le flux maximum d'énergie avec l'ODC radiale se situe au bout de la sonde alors que l'ODC focale pénètre plus en profondeur dans les tissus (**Annexes 2 et 3**).

Peu d'études ont spécifiquement comparé les deux types d'ondes de choc.

Trois méta-analyses étudiant les 2 types d'onde de choc ont été publiées dernièrement sans parvenir à conclure sur l'équivalence ou la supériorité de l'une par rapport à l'autre.

*-Chang 2012 [22]: "Concerning the economical superiority of RSW therapy to FSW therapy, it is worth conducting another RCT to further prove its effectiveness against plantar fasciitis."*

*-Aquil 2013 [23]: "However there still is no consensus or meta-analyses clarifying which type of shock waves (radial or focused) are more effective"... " Future analyses could compare types of shock waves and report longer-term data"*

*-Sun et al. Medicine 2017 [24]: "Due to the limited literature available on Focal Shock Wave (FSW) versus Radial Shock Wave (RSW) therapy, whether FSW is more effective than RSW remains to be studied"... "Further assessment of comparative efficacy and functional recovery between FSW and RSW therapies is required"*

Il est à noter que les appareils d'ondes de choc radiales sont globalement 2 fois moins chers que les ondes de choc focales.

Notre hypothèse de départ basée sur la pratique et l'expérience du Dr HENRI est la suivante :

Les ondes de choc radiales sont équivalentes en termes d'efficacité sur la douleur par rapport aux ondes de choc focales.

Si celle-ci se confirme, alors l'intérêt de la comparaison des 2 types d'onde de choc prend tout son sens et permettra sans doute à un plus grand nombre de praticiens de s'équiper de ce genre d'appareil.

## **II. Matériel et méthodes :**

Il s'agit d'une étude longitudinale avec suivi de cohorte sur données rétrospectives à visée analytique.

### ***Critères de sélection***

*Âge compris entre 18 et 65 ans*

*Localisation typique de la douleur*

*À prédominance matinale*

*S'aggravant à la marche et /ou à la station debout prolongée (> 15min)*

*Durée > ou = à 3 mois*

### ***Critères d'exclusion***

*Refus d'utilisation des données médicales*

*Infection en cours au moment du traitement ou antécédent d'infection chronique locale*

*Anomalie vasculaire (ischémie chronique, varices)*

*Toute neuropathie avérée (Test au monofilament positif) ;*

*Troubles de la coagulation ;*

*Antécédent d'infiltration ;*

*Tumeur locale ;*

*Âge inférieur à 18 ans ou supérieur à 65 ans ;*

*Grossesse en cours ;*

*Tout antécédent traumatique ou microtraumatique de la cheville ou du pied concerné ;*

Les données étaient issues de la base de données médicales informatisées du Dr Stéphane HENRI tirées de sa pratique courante au sein de son cabinet situé 108 Rue Fort Fleur d'Épée 97190 LE GOSIER entre octobre 2019 et septembre 2020.

Chaque patient a été contacté par téléphone et a donné son consentement éclairé avant inclusion dans l'étude en vue d'une utilisation de ses données médicales.

Il était informé qu'il était libre de demander la suppression de ses données à tout moment sans devoir se justifier et sans pour autant nuire à la qualité de sa prise en charge future.

Les données étaient anonymisées au moyen d'un numéro aléatoire attribué à chaque patient et dont la correspondance avec l'identité du patient était connue seulement par l'examineur.

Toutes les données étaient stockées localement sur clé USB et sur disque dur externe munis d'un mot de passe.



Une **déclaration de conformité en tant que méthodologie de référence MR004** a été réalisée en ligne auprès de la CNIL sous le numéro d'enregistrement 2221704.



Le protocole de l'étude a été par ailleurs **publié sur la plateforme des données de santé (« Health Data Hub »)**.

## Protocole thérapeutique :

Le protocole était en accord avec l'état des connaissances au moment de l'étude en matière de recommandations et respectait les conseils des constructeurs.

Durant la période d'intérêt deux appareils d'ondes de choc étaient exclusivement utilisés :

- ODC Focales : STORZ médical DUOLITH® SD1 T-TOP « F-SW ultra » avec dispositif de couplage type II long (**Annexe 2**).

- ODC Radiales: SWISS DOLORCLAST® EVO BLUE (**Annexe 3**).

Chaque patient avait reçu 6 séances d'ondes de choc associées à un autoprogramme comprenant la pratique d'exercices d'étirements entre les séances (**Annexe 1**).

La prise d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) ou autres antalgiques per os était autorisée.

Les 3 premières séances d'onde de choc étaient séparées de 7j puis tous les 14j pour les trois dernières soit au total 2 mois entre la première et la dernière séance.

En pratique, dans chacun des 2 groupes, un total de 2000 coups par séance, à une intensité de 0,20mJ/mm<sup>2</sup> et à une fréquence de 12 Hz a été pratiqué sans anesthésie.

Le niveau de pression appliqué avec l'appareil d'onde de choc radial correspondait au 1<sup>er</sup> marqueur situé sur l'embout de ce dernier.

Le point le plus douloureux était recherché à la palpation et visé en priorité au cours de la séance dans les limites de la tolérance à la douleur du patient.

Afin de limiter la perte d'énergie, du gel de contact pour échographie était appliqué au niveau de la zone de contact avec l'appareil d'onde de choc.

Chaque patient était évalué initialement par interrogatoire médical associé à un examen physique et une échographie. Ce bilan était ensuite été renouvelé au cours d'une consultation de suivi 3 mois après la 1<sup>ère</sup> séance d'ondes de choc.

Les données recueillies regroupaient l'âge, le sexe du patient, sa profession, sa taille, son poids, le côté atteint, ses antécédents médicaux, les traitements en cours, la douleur au réveil qui était évaluée par échelle numérique (EN de 0 à 10) et l'épaisseur de l'aponévrose plantaire mesurée par échographie (Appareil MyLab Alpha Easote mis en service en septembre 2014 avec sonde haute fréquence).

Enfin le bilan réalisé comprenait le score visa-AF qui est un questionnaire plus spécifique de l'APC utilisée initialement dans la tendinite achilléenne et permettant une évaluation plus fine de la talalgie et de son retentissement fonctionnel.

Le critère de jugement principal était l'intensité de la douleur le matin au réveil, c'est-à-dire lorsque le patient posait le pied pour la 1<sup>ère</sup> fois de la journée, évaluée par échelle numérique de la douleur, cotée entre 0 (pas de douleurs) et 10 (douleur maximale) (**Annexe 5**).

### **III. Analyses statistiques :**

Le logiciel XLSTAT a été utilisé pour réaliser les calculs.

Dans un premier temps l'analyse a été descriptive : les variables qualitatives étant décrites en nombres et pourcentages et les variables quantitatives en moyennes et écarts-types ou médianes.

Dans un second temps, l'analyse a été comparative entre les 2 cohortes et au sein de chaque cohorte (avant/après traitement) :

Utilisation d'un test d'équivalence portant sur l'échelle numérique de la douleur au réveil au moyen d'un indice simplifié correspondant à une différence entre le chiffre initial et celui au moment de la réévaluation par le Dr HENRI soit 3 mois après le début du traitement par ODC.

Etude des critères secondaires au moyen de tests non paramétriques (type Wilcoxon) en raison d'effectifs limités ( $N < 30$ ) limitant l'application des tests paramétriques.

Analyses par ANOVA pour comparaison de plusieurs moyennes observées et recherche des différentes interactions entre les critères étudiés (Sexe, Type d'ondes de choc, IMC, EN).

La valeur p ou « p-value » était toujours le résultat de tests bilatéraux. Les valeurs considérées comme extrêmes étaient prises en compte en raison d'effectifs réduits.

Une aide méthodologique pour l'analyse des résultats a été sollicitée auprès de **M. MAALOUF Jean Pierre**, (*Docteur en biologie, Enseignant en statistiques et Formateur XLSTAT*).

Une différence était jugée significative pour une p-value  $< 0,05$ .

La recherche bibliographique a été effectuée grâce à :

- l'interface de recherche Pubmed de la base de données MEDLINE (MEDical literature analysis and retrieval system onLINE), de la National library of Medicine, États-Unis : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/> ;

- et l'interface de recherche Science Direct : <http://www.sciencedirect.com/>.

## IV. Résultats :

### IV.1. Statistiques descriptives :

Un total de 20 patients a été sélectionné sur la période du 05/10/2019 au 21/09/20 inclus soit 11 patients dans le groupe ODC focale et 9 patients dans le groupe radial.

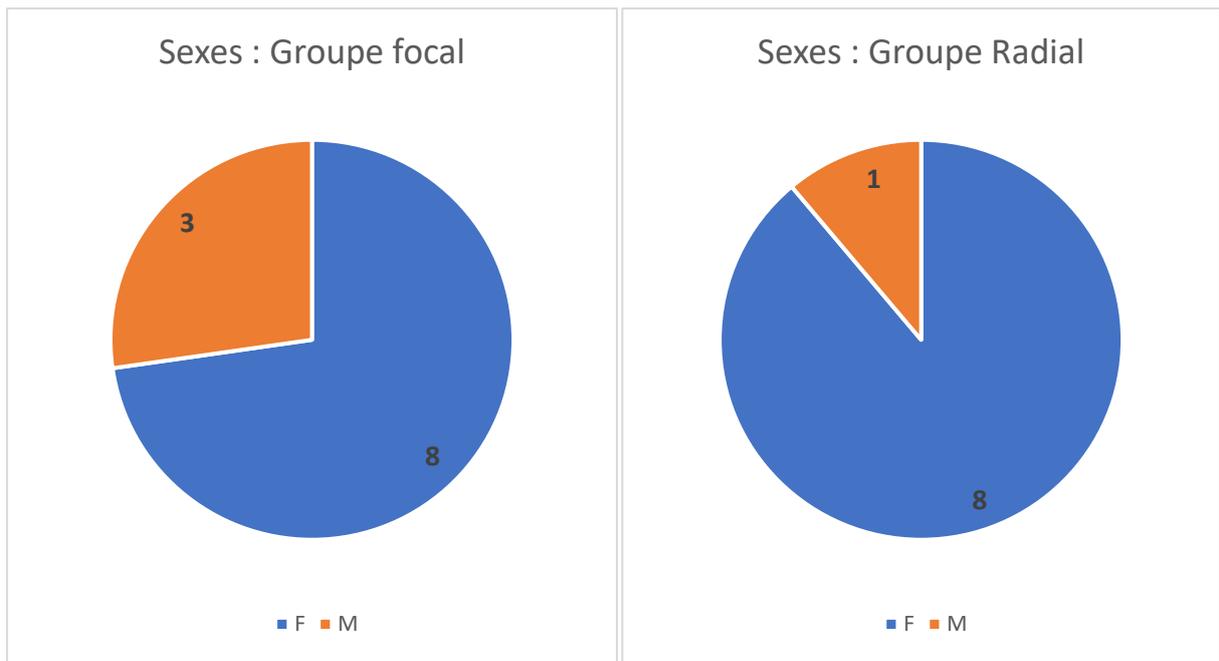
Variables	Statistiques descriptives * (n=20)	
	Groupe Focal (n=11)	Groupe Radial (n=9)
Sexe :		
Femmes	8 (73%)	8 (89%)
Hommes	3 (27%)	1 (11%)
Âge (Années)	52,8 ± 7,4 52,0 [47,5 ; 59]	52,8 ± 6,5 50,0 [49,0 ; 58,0]
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	31,4 ± 7,9 30,9 [29,1 ; 35,0]	29,1 ± 5,3 30,5 [24,2 ; 31,2]
EN initiale (0 à 10)	7,7 ± 2,0 8,0 [6,0 ; 9,5]	7,4 ± 1,5 7,0 [7,0 ; 8,0]
Epaisseur aponévrose (mm)	5,5 ± 0,71 5,4 [5,1 ; 5,8]	5,8 ± 1,0 5,1 [5,0 ; 6,8]

**Tableau 1 : Description des cohortes**

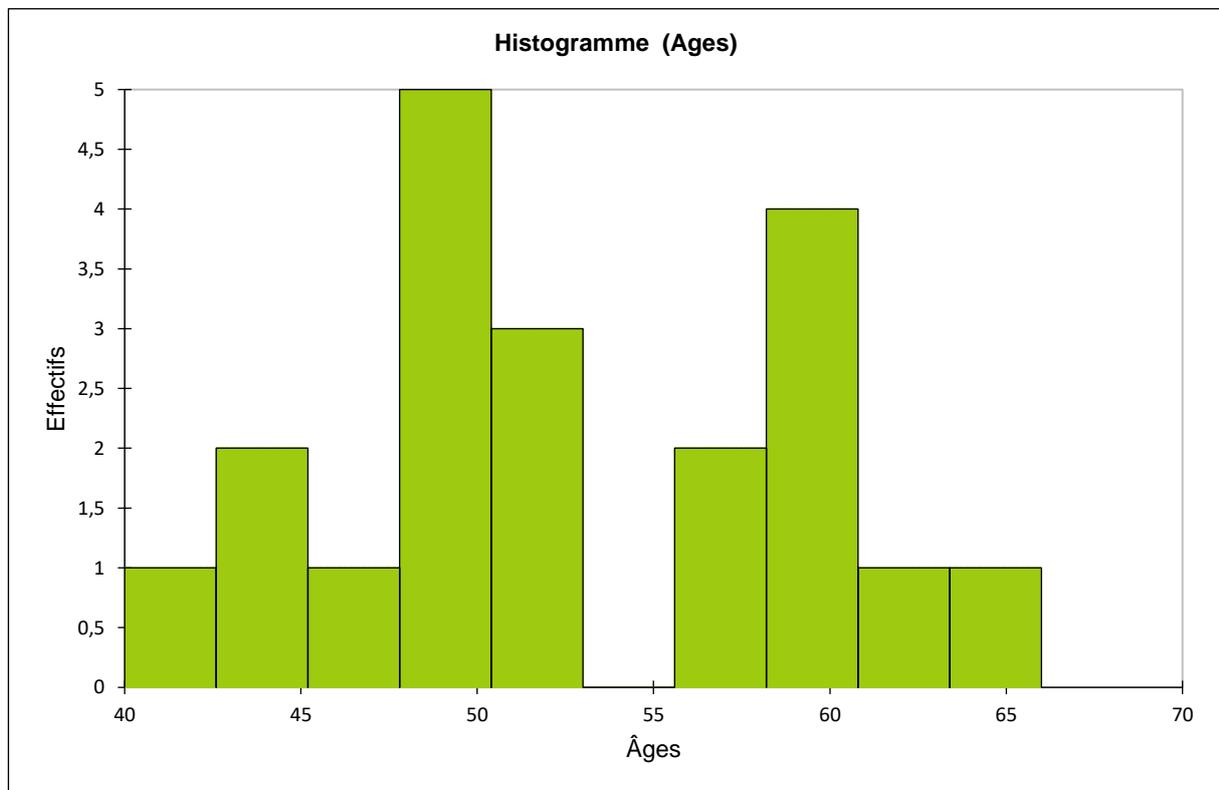
*\*Les statistiques descriptives sont sous la forme moyenne +/- écart type et médiane [premier quartile ; troisième quartile] pour les variables quantitatives et effectif (pourcentage) pour les variables qualitatives.*

Les femmes représentaient 80 % de l'effectif total (N = 16), les hommes 20% (N = 4 dont 3 dans le groupe focal) (Figure 4).

L'âge moyen des patients était similaire dans les deux groupes soit 52,8 ans avec des écarts-types légèrement différents (7,4 dans le groupe focal et 6,5 dans le groupe radial) (Figure 3).



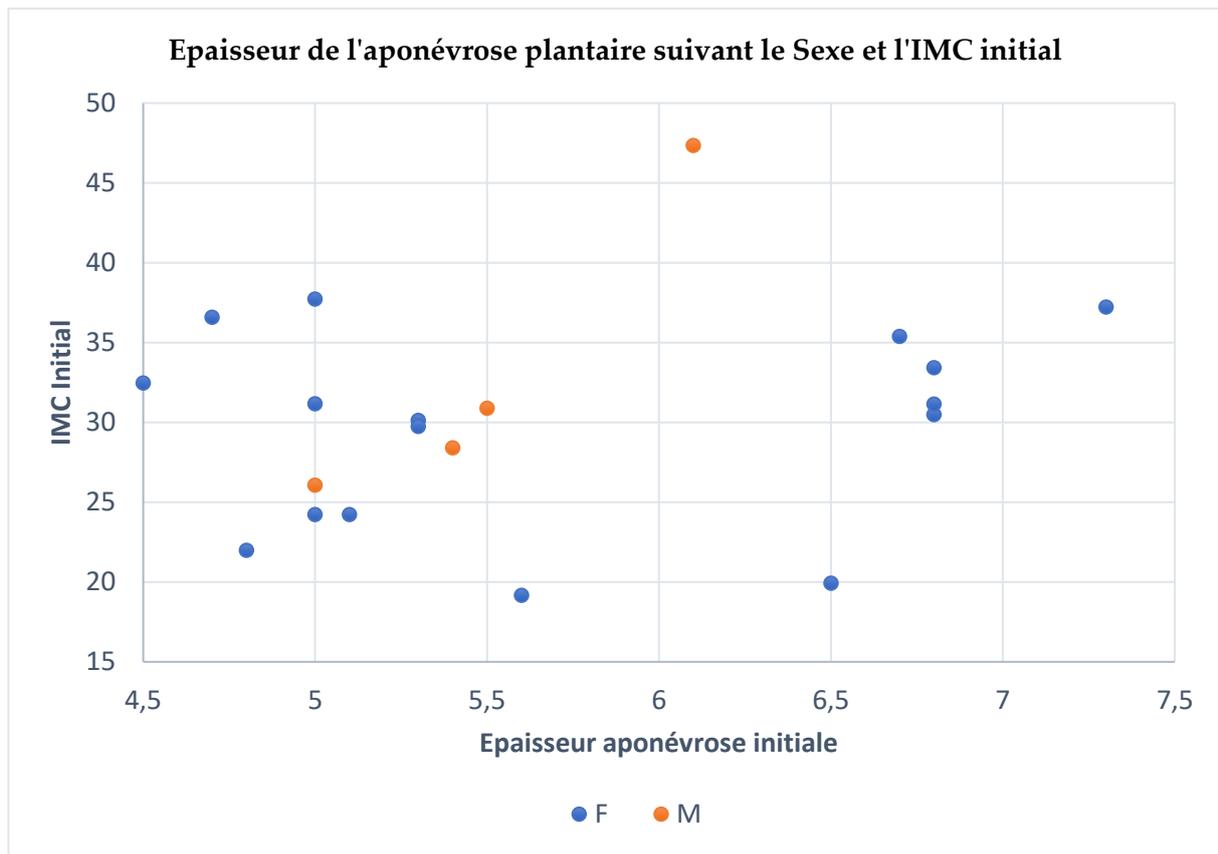
**Figure 3 : Répartition des sexes**



**Figure 4 : Répartition des âges**

Les deux groupes étaient similaires dans la sévérité de la symptomatologie douloureuse initiale.

L'épaisseur de l'aponévrose plantaire épaissie dans les deux groupes de façon comparable (Tableau 1).

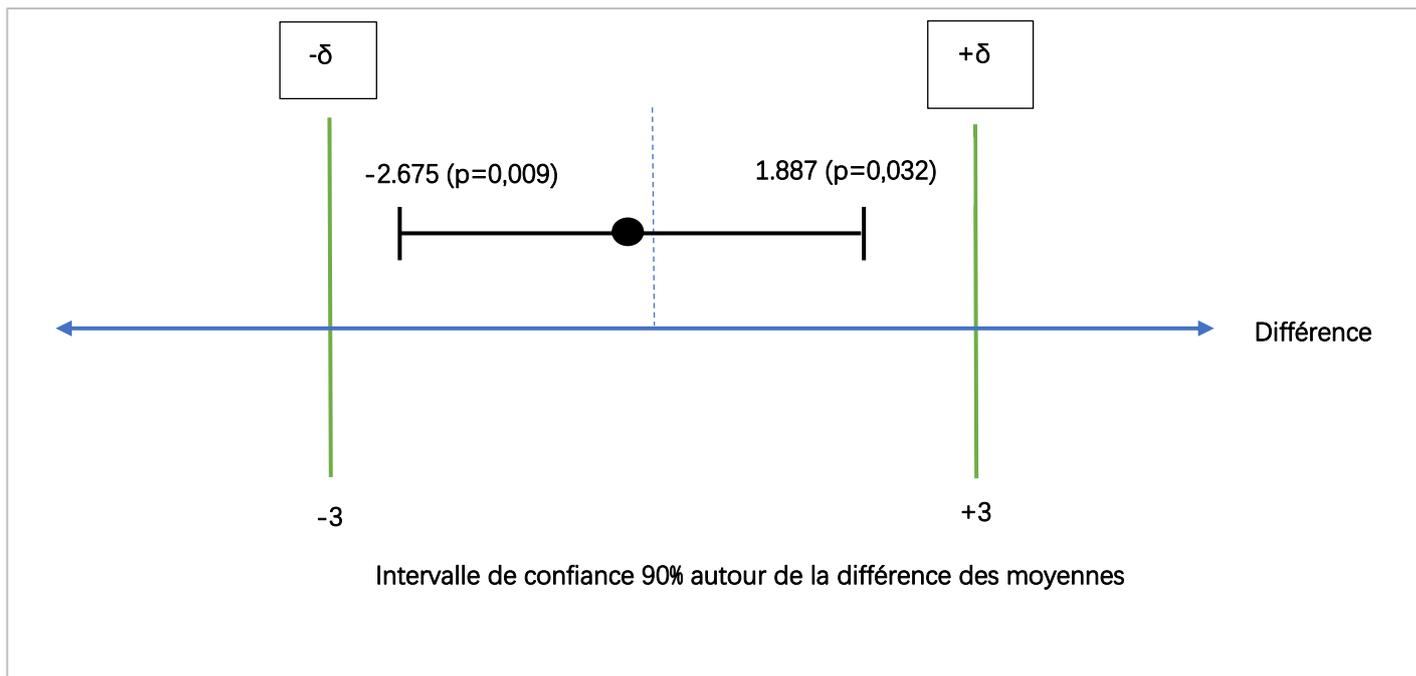


**Figure 5** : Nuage de point

On constate l'absence de groupements et une répartition diffuse des points qui représentent les patients en fonction de leur IMC, de leur sexe et l'épaisseur de l'aponévrose mesurée initialement (**Figure 5**).

On notera que l'IMC au moment de la réévaluation, soit 3 mois après le début du traitement, était quasi-identique dans les deux groupes par rapport à l'IMC initial et n'a donc pas été détaillé dans nos résultats.

## IV.2. Objectif principal : L'Equivalence



**Figure 6 : Test d'équivalence TOST**

Le traitement de référence pour l'APC est l'onde de choc focale qui, dans notre étude, a été comparé à l'onde de choc radiale à travers la réalisation d'un test d'équivalence (x2 test unilatéraux = TOST).

Pour un intervalle de confiance à 90 % autour de la différence des moyennes et des marges d'équivalence  $\Delta$  fixée à  $-3$  et  $+3$ , **les ODC radiales sont équivalentes de façon significative par rapport aux ODC focales.**

En effet, les bornes de l'intervalle de confiance sont contenues dans les marges d'équivalence ( $p = 0,009$  pour la borne inférieure et  $p = 0,0032$  pour la borne supérieure).

Afin de comparer les deux appareils d'ondes de choc entre eux sur le critère de jugement principal et comme décrit par BAGULEY, l'analyse statistique a été réalisée au moyen d'une variable correspondant à une différence c'est-à-dire le résultat d'une soustraction entre l'EN après et avant le traitement dans chacun des groupes. [25] Cette méthode est plus fiable qu'une taille d'effet standardisée quand elle est associée à l'utilisation d'un niveau de signification adapté. Ce dernier est dans notre cas de 5% ce qui correspond à un intervalle de confiance de 10%.

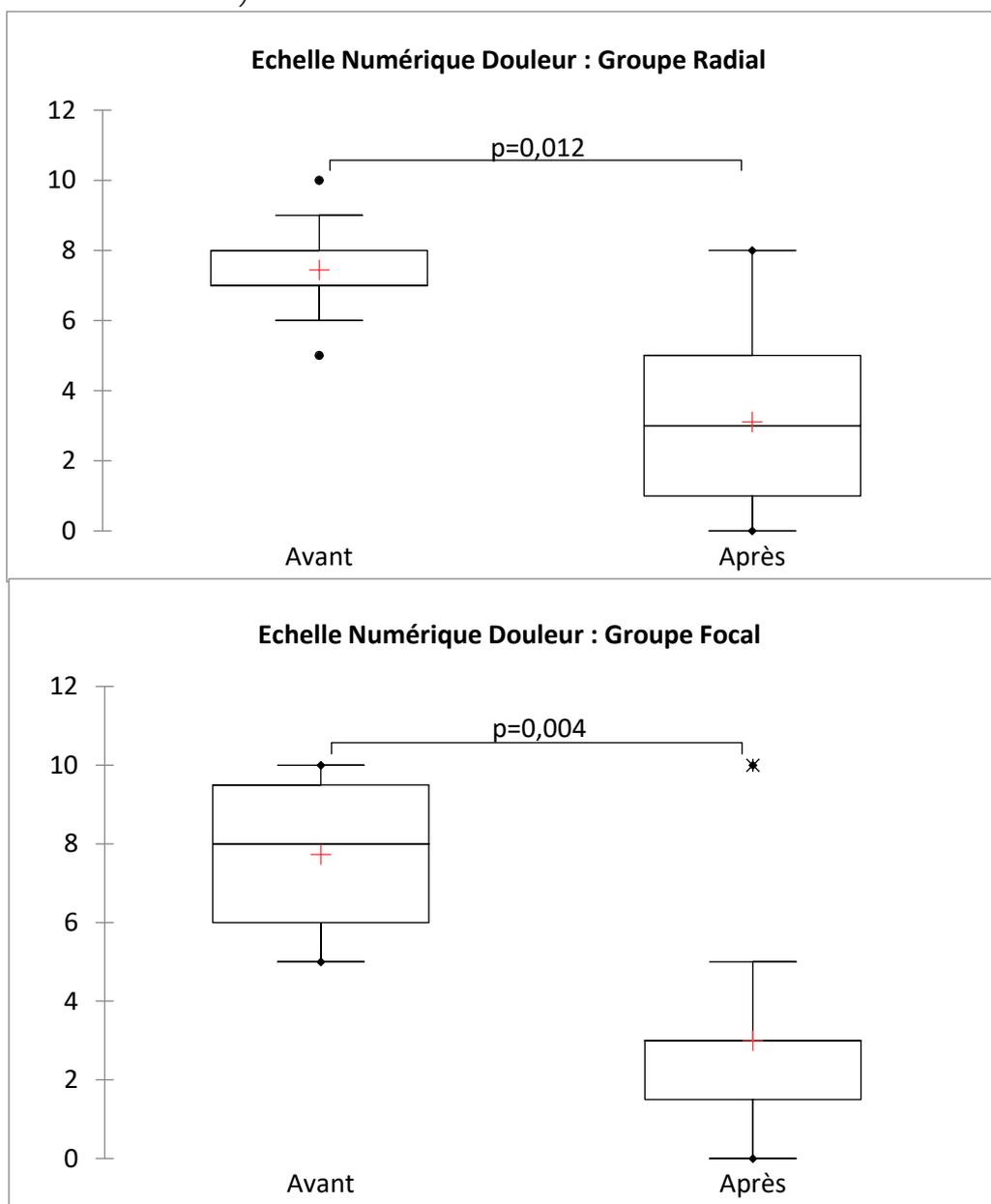
### IV.3. Objectifs secondaires :

#### - Comparaison intragroupe de l'EN matinale :

Un test de Wilcoxon a été pratiqué dans chacun des groupes sur l'EN matinale.

Une **différence statistiquement significative** est retrouvée dans le **groupe radial** ( $p=0,012$ ) avec une moyenne passant 7.4 à 3.1 soit une perte de 4.3 points (-60.6% d'amélioration).

De même, on retrouve dans le **groupe focal** un effet **statistiquement significatif** ( $p=0.004$ ) avec une moyenne passant de 7.72 à 3 soit une différence de 4.72 points (-61.1% d'amélioration).



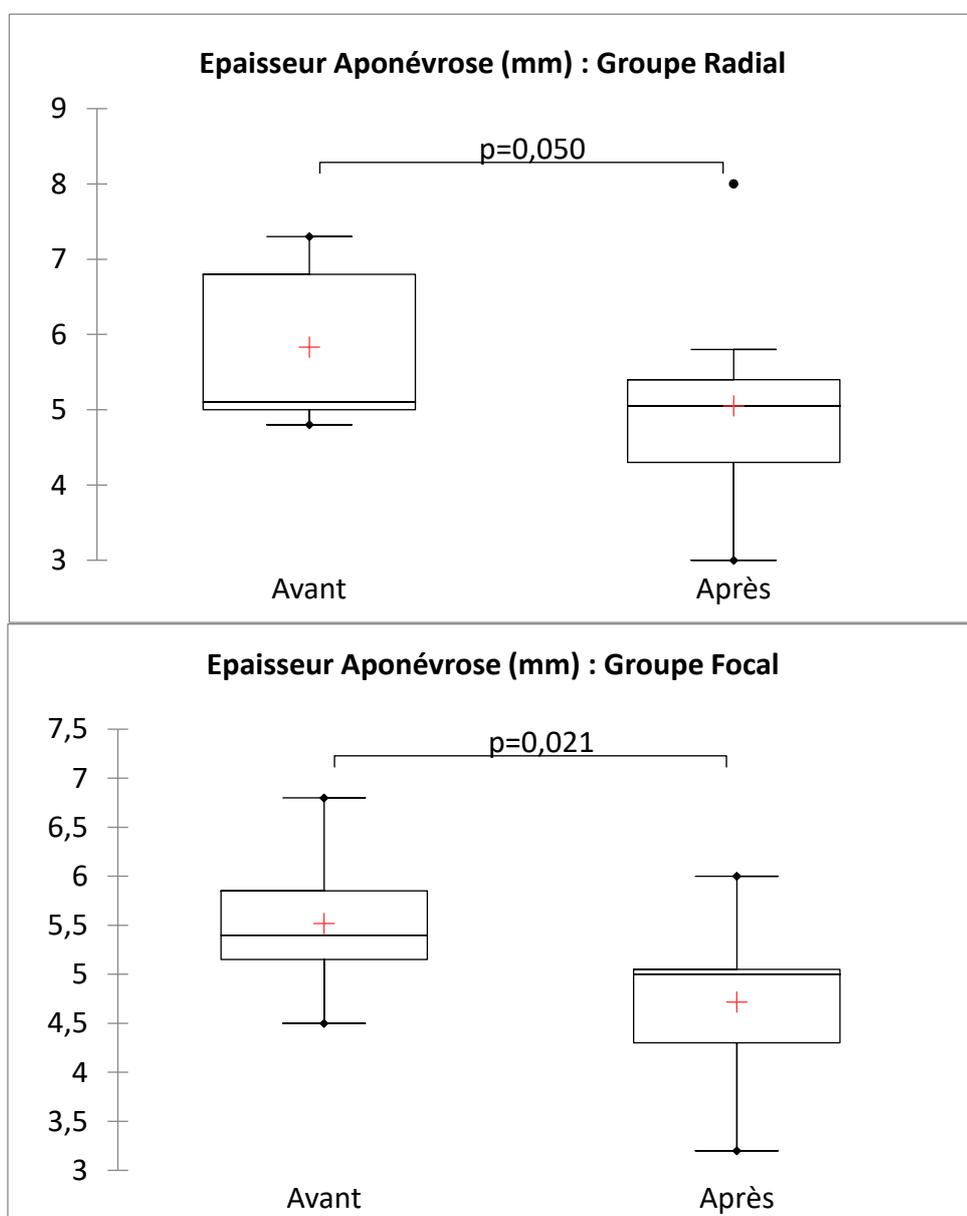
**Figures 7 et 8 : Comparaison EN matinale avant/après dans chaque groupe**

- **Comparaison intragroupe de l'épaisseur de l'aponévrose plantaire :**

Un test de Wilcoxon a été pratiqué au sein de chacun des deux groupes pour comparer l'épaisseur de l'aponévrose avant et après traitement par ondes de choc.

Dans le **groupe radial**, il s'agit d'une **différence à la limite de la significativité** ( $p=0.05$ ) avec une moyenne passant de 5.7 mm à 5.0 mm après traitement soit une perte de 0,7mm. A noter qu'en raison d'une donnée manquante dans ce jeu de données, une estimation a été réalisée par le biais du logiciel XL-Stats.

Dans le **groupe focal**, une **différence statistiquement significative** est retrouvée ( $p=0,021$ ) avec une moyenne passant de 5.5 à 4.7mm après traitement soit une perte de 0.8mm.



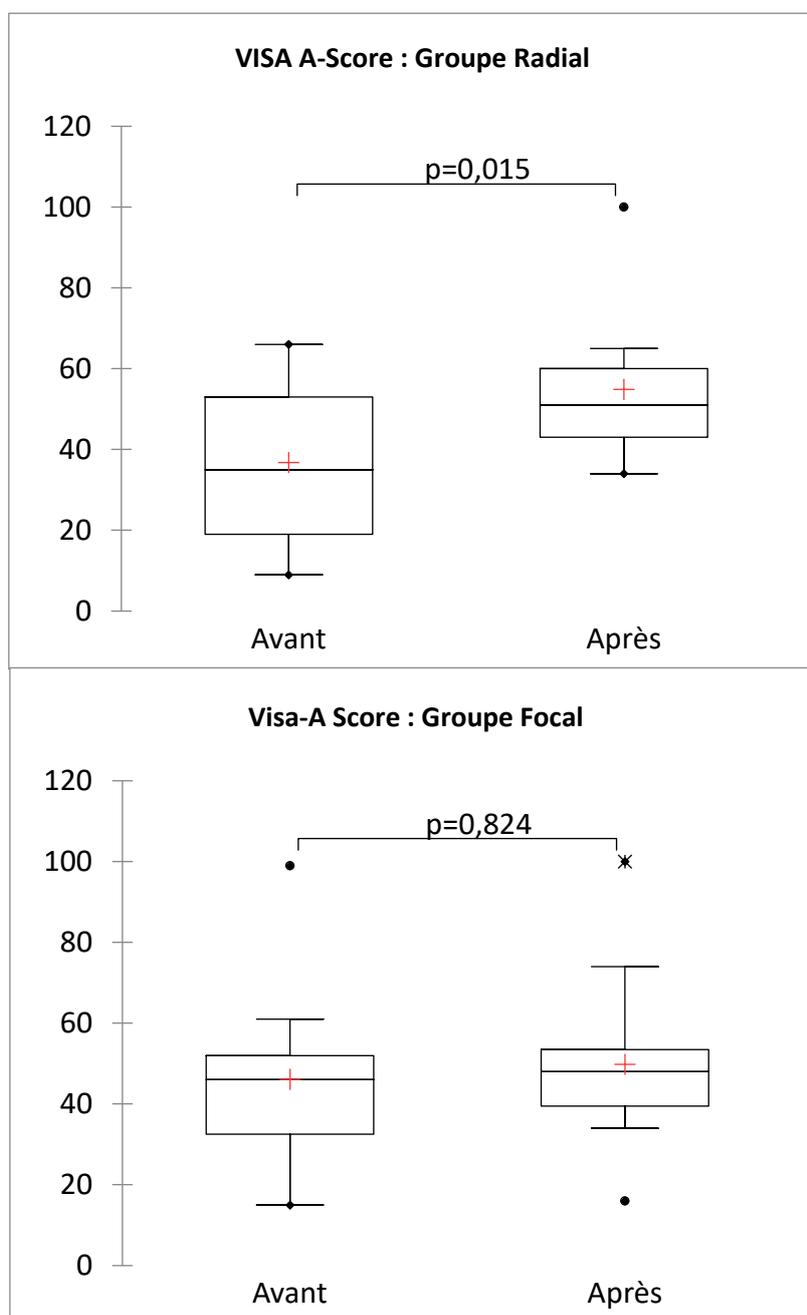
**Figures 9 et 10 : Comparaison aponévrose plantaire avant/après dans chaque groupe**

- **Comparaison intragroupe du VISA-A Score :**

Un test de Wilcoxon a été pratiqué au sein de chacun des deux groupes pour comparer le VISA-A Score avant et après traitement par ondes de choc.

Dans le **groupe radial**, une **différence statistiquement significative** est retrouvée ( $p=0,015$ ) avec une moyenne passant de 36.8 à 54.9 après traitement soit un gain de 18.1 points.

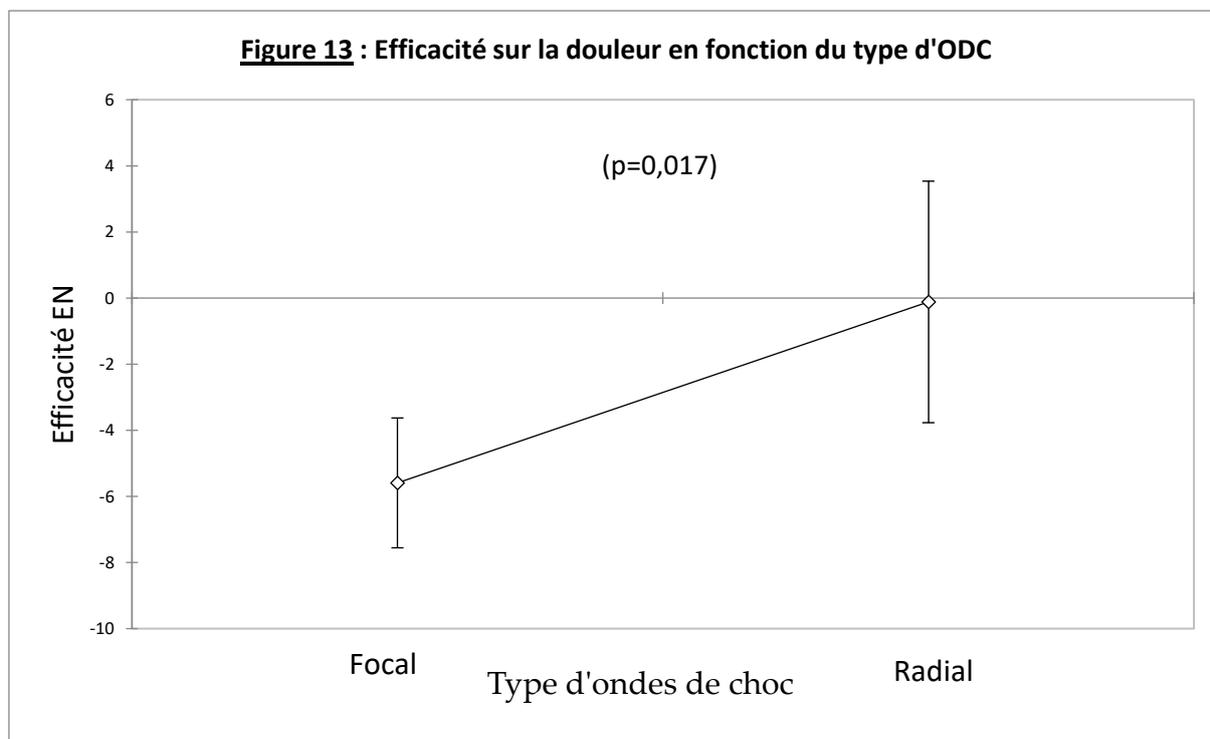
Dans le **groupe focal**, il s'agit d'une différence **non significative** ( $p=0,092$ ) avec une moyenne passant de 46.1 à 49.9 après traitement soit un gain de 3.8 points.



**Figures 11 et 12 : Comparaison VISA-A score avant/après dans chaque groupe**

- **Test ANOVA :**

Les conditions d'application de l'Anova étaient respectées, à savoir l'indépendance des mesures, l'égalité des variances, la distribution normale des résidus et un effectif d'au moins 20 individus.



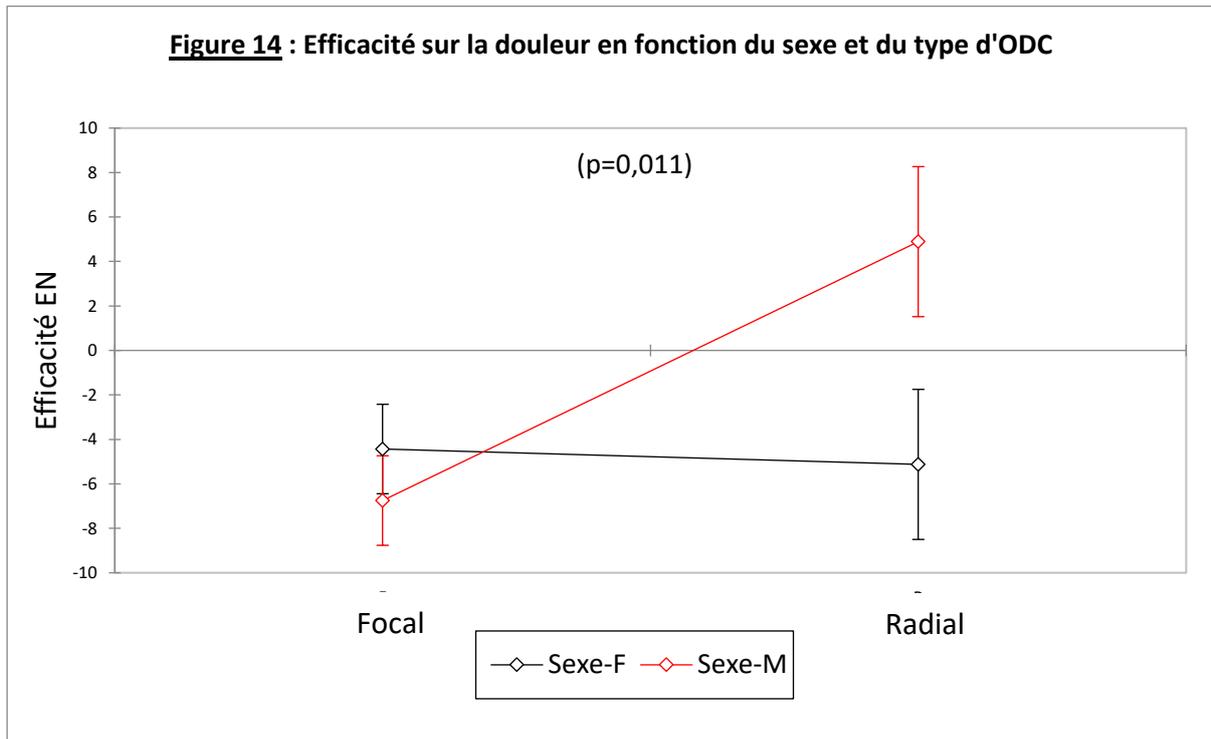
Une tendance significative ( $p=0,017$ ) est en faveur des ODC focales concernant l'efficacité de ces dernières sur la diminution de la douleur comparée aux ODC radiales (**Figure 13**).

Dans cette figure, la variable explicative était représentée par le type d'ODC et la variable à expliquer par l'efficacité sur la douleur qui est la variable correspondant comme dans le test d'équivalence à la différence entre EN après et avant.

Les analyses par ANOVA cherchant à retrouver des interactions entre l'épaisseur de l'aponévrose plantaire, le sexe, l'IMC et l'EN n'ont pas permis de mettre en évidence de résultats significatifs.

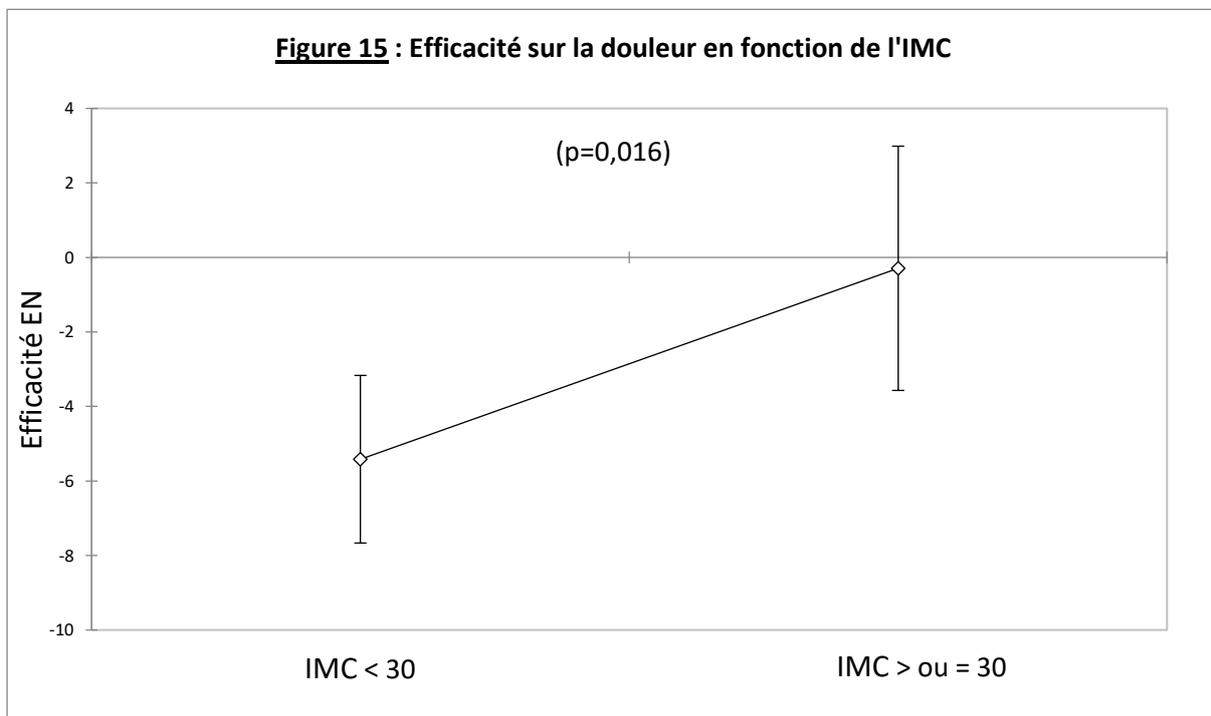
De même, une ANCOVA tenant compte de l'âge des patients, du type d'ODC et de l'EN n'était pas significative et n'a donc pas de valeur explicative.

**Figure 14 : Efficacité sur la douleur en fonction du sexe et du type d'ODC**



On note une perte d'efficacité des ondes de choc radiales sur le soulagement de la douleur dans le sous-groupe masculin comparativement aux ODC focales ( $p=0,011$ ) (**Figure 14**).

**Figure 15 : Efficacité sur la douleur en fonction de l'IMC**



Enfin, nos résultats sont en faveur d'une perte d'efficacité des ondes de choc (tous types confondus) chez les patients obèses c'est à dire ayant un IMC  $>$  ou  $=$  à 30  $\text{kg}/\text{m}^2$  (**Figure 15**).

## **V. Discussion :**

La question principale de notre étude était de savoir si les ODC radiales sont équivalentes aux ODC focales en matière d'efficacité sur la douleur, mesurée par échelle numérique de la douleur matinale.

Le test d'équivalence que nous avons réalisé est effectivement en faveur d'une équivalence des deux traitements de façon statistiquement significative (Figure 6).

Par rapport à l'utilisation d'un test de non-infériorité qui ne mesure que la borne inférieure d'efficacité, le test d'équivalence prends aussi en compte une borne de supériorité (+ $\Delta$ ), ce qui est favorable à l'obtention d'un résultat significatif.

Une règle communément admise est de considérer le  $\Delta$  comme acceptable s'il est inférieur à la moitié (voire au tiers) de l'efficacité minimale démontrée du traitement de référence [49].

Or pour être considéré comme efficace, une amélioration de 50-60% de la douleur par EN est habituellement décrite dans la littérature [22-24], l'utilisation d'un pourcentage étant plus pertinente et mieux rattachée à la clinique comme décrit par Farrar et Al [26].

C'est donc en se basant sur la moitié de cette efficacité théorique communément admise qu'a été déterminé un  $\Delta$  à 30% d'efficacité sur la douleur soit entre -3 et +3 rapporté à l'échelle numérique de la douleur (EN de 0 à 10).

A notre connaissance, une seule étude a montré la supériorité des ondes de choc focales versus radiales dans le traitement de la fasciite plantaire chronique dans la littérature [27].

L'efficacité des ondes de choc a bien été retrouvée sur le soulagement de la douleur dans le groupe focal comme radial.

En revanche, seules les ODC radiales ont amélioré le VISA-A score de façon significative ( $p=0,015$ ) traduisant non seulement une efficacité sur la douleur mais

surtout une amélioration fonctionnelle, ce qui constitue un argument supplémentaire en faveur d'une équivalence des deux traitements. La diminution de l'épaisseur de l'aponévrose plantaire dans le groupe focal est associée à une diminution de l'EN matinale de façon significative conformément à ce qui est retrouvé dans la littérature [28]. Hammer et al puis Liang et Al ont en premier montré cette association qui permet à la fois de conforter échographiquement le diagnostic mais aussi de mesurer l'efficacité du traitement par la diminution de l'épaisseur de l'aponévrose plantaire [29-30] On notera que ce mécanisme n'est pas spécifique aux ondes de choc mais est aussi retrouvé chez les patients traités par infiltrations [31].

Une grande partie du mécanisme d'action des ODC reste sujet à débat ; Maier M. a mis en évidence le rôle de la libération de **la substance P** qui est un médiateur de la douleur et un facteur de croissance. [32] Sa libération par les ondes de choc aurait d'une part, un effet analgésique et d'autre part, elle dilaterait les vaisseaux sanguins, stimulerait la circulation sanguine et contribuerait à la formation de nouveaux tissus musculosquelettiques. Un autre médiateur, **le NO** (monoxyde d'azote) aurait également un effet vasodilatateur et jouerait un rôle important dans l'angiogenèse. Selon deux études menées par Gerdesmeyer et Contaldo, lorsque les ondes de choc sont appliquées à l'endroit de la douleur, elles produiraient un effet analgésique, augmenteraient la circulation sanguine et faciliteraient le processus de réparation [33-34]. Le processus de réparation passe par une majoration de la synthèse de collagène dans les tissus dégénératifs et une néovascularisation [35]. Par ailleurs une inhibition de l'hyperstimulation, une modification du mécanisme du « gate-control » ainsi qu'une interférence au niveau des médiateurs de la douleur ont été évoqués.

Le protocole à adopter concernant l'utilisation des ODC dans l'indication de l'APC a longtemps été sujet à débat. Que ce soit en termes d'intensité, de nombre de coups, du nombre nécessaire de séances et de l'espacement entre chacune d'entre elles, chaque auteur a ses préférences. Toutefois, l'utilisation de l'intensité la plus forte

supportable par le patient apparait comme un consensus permettant de maximiser l'efficacité des ondes de choc. [36-37]

L'intensité de 0,20mJ/mm<sup>2</sup> utilisée dans notre étude a pour avantage d'avoir été similaire dans les deux cohortes et permet une comparaison sur un pied d'égalité entre les deux types d'appareil. Le chiffre de 0,26 mJ/mm<sup>2</sup> est communément admis comme limite habituelle pour éviter une anesthésie [38]. Plusieurs études ont rapporté qu'une anesthésie locale précédant l'application des ondes de choc pouvait limiter son efficacité [39-40]. Cela peut vraisemblablement s'expliquer par le fait que le feedback du patient sur sa douleur au cours de la séance permet de guider au mieux la thérapie. Gollwitzer H. souligne sur ce point que l'application des ondes de choc au niveau du point le plus sensible permet une meilleure efficacité qu'un échoguidage se focalisant sur le point d'épaisseur maximal de l'aponévrose plantaire [41].

La prédominance féminine retrouvée dans notre étude existe aussi dans la littérature [42-45]. L'analyse descriptive des populations montre qu'elles sont similaires concernant l'âge, l'IMC et la sévérité des symptômes avant traitement. De plus, les variations de poids au moment de l'évaluation initiale puis à 3 mois du début du traitement sont insignifiantes et n'expliquent en tout cas pas à elles seules les variations de douleur.

On notera la spécificité de la population antillaise qui est d'avantage concernée par l'obésité que le reste de la population française. L'étude KANNARI réalisée en 2013 rapporte à ce sujet que 6 adultes sur 10 sont en surpoids (IMC entre 25 et 30) et 1 adulte sur 4 est obèse (IMC > 30) aux Antilles [46]. Cette problématique de santé publique est aujourd'hui reconnue et l'objet de multiples campagnes de prévention tant la répercussion de l'obésité sur la santé de la population et le système de soin est importante et polymorphe. L'APC en est l'une de ses nombreuses manifestation car non seulement l'obésité favorise sa survenue [47] mais nous avons aussi pu mettre

en évidence des arguments laissant penser qu'elle constituerait un frein à l'efficacité du traitement par ODC dans cette indication (**Figure 15**).

Au sujet de l'analyse statistique par Anova, on ne retrouve de résultats significatifs que lorsque cette dernière porte sur la variable à expliquer : l'EN de la douleur. En d'autres termes, l'intégralité des résultats qui ne se basaient pas sur cette donnée ne permettait pas de conclure. Ces résultats confortent par conséquent la thèse que la douleur représente un élément fondamental dans l'évaluation de l'efficacité des ondes de choc. Cette affirmation est corroborée par la littérature qui se base quasi-systématiquement sur la douleur comme critère principal d'évaluation [22-24].

Dans l'évaluation des faiblesses de notre étude, un calcul du nombre de sujet qui aurait été nécessaire pour un risque  $\alpha < 0,05$  et une puissance à 90% conclut à une taille d'échantillon de 43 patients.

L'effectif limitée de notre échantillon a pour conséquence d'exposer les résultats de l'étude à une faible puissance ( $1-\beta$ ) ce qui expose au risque de ne pas conclure à l'équivalence alors qu'elle existerait. Il y avait donc peu de probabilités de retrouver une équivalence entre les deux traitements et le fait que l'on y soit parvenu malgré tout peut être en faveur d'une grande similarité des deux traitements. Toutefois on ne peut exclure formellement un biais d'échantillonnage.

Le fait que notre étude soit monocentrique s'explique par le fait que nous ayons jugés pertinent que les protocoles thérapeutiques soient toujours les mêmes et respectés de façon codifiée. Comme décrit dans les méthodes, le protocole utilisé en pratique courante par le Dr Stéphane HENRI est le garant d'une méthodologie permettant de maximiser la significativité de nos résultats le tout en accord avec la littérature.

Par ailleurs, le cabinet médical choisi dans notre étude permettait la disponibilité des deux échantillons de patients que nous souhaitions étudier et comparer.

Parmi les traitements conservateurs évoqués en introduction, l'autoprogramme d'exercices jouent un rôle primordial. Leur réalisation conditionne le soulagement de la douleur et potentialise l'effet des ondes de choc [48]. Bien qu'il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus sur leur modalités de réalisation, il aurait été intéressant de vérifier la réalisation de ces exercices par les patients de notre étude ou à fortiori de les quantifier.

Parmi les autres limites de l'étude, on évoquera son caractère rétrospectif et l'absence de groupe contrôle.

De plus, les résultats obtenus par notre étude méritent d'être interprétés avec prudence au moment de les extrapoler à d'autres pratiques car étant dépendants des appareils utilisés (fabriquant, type d'embout) et du protocole utilisé (intensité, fréquence, total de coups et leur application, nombre et intervalle entre les séances).

## **VI. Conclusion :**

Les ondes de choc qu'elles soient focales comme radiales constituent un outil thérapeutique efficace dans l'indication de l'APC et permettent en complément des traitements conservateurs de soulager de façon cliniquement significative la majorité des patients à 3 mois du début du traitement.

Notre étude conclut à l'équivalence des 2 types d'ODC avec toutefois les limites inhérentes aux effectifs réduits de nos cohortes et au caractère rétrospectif de notre travail.

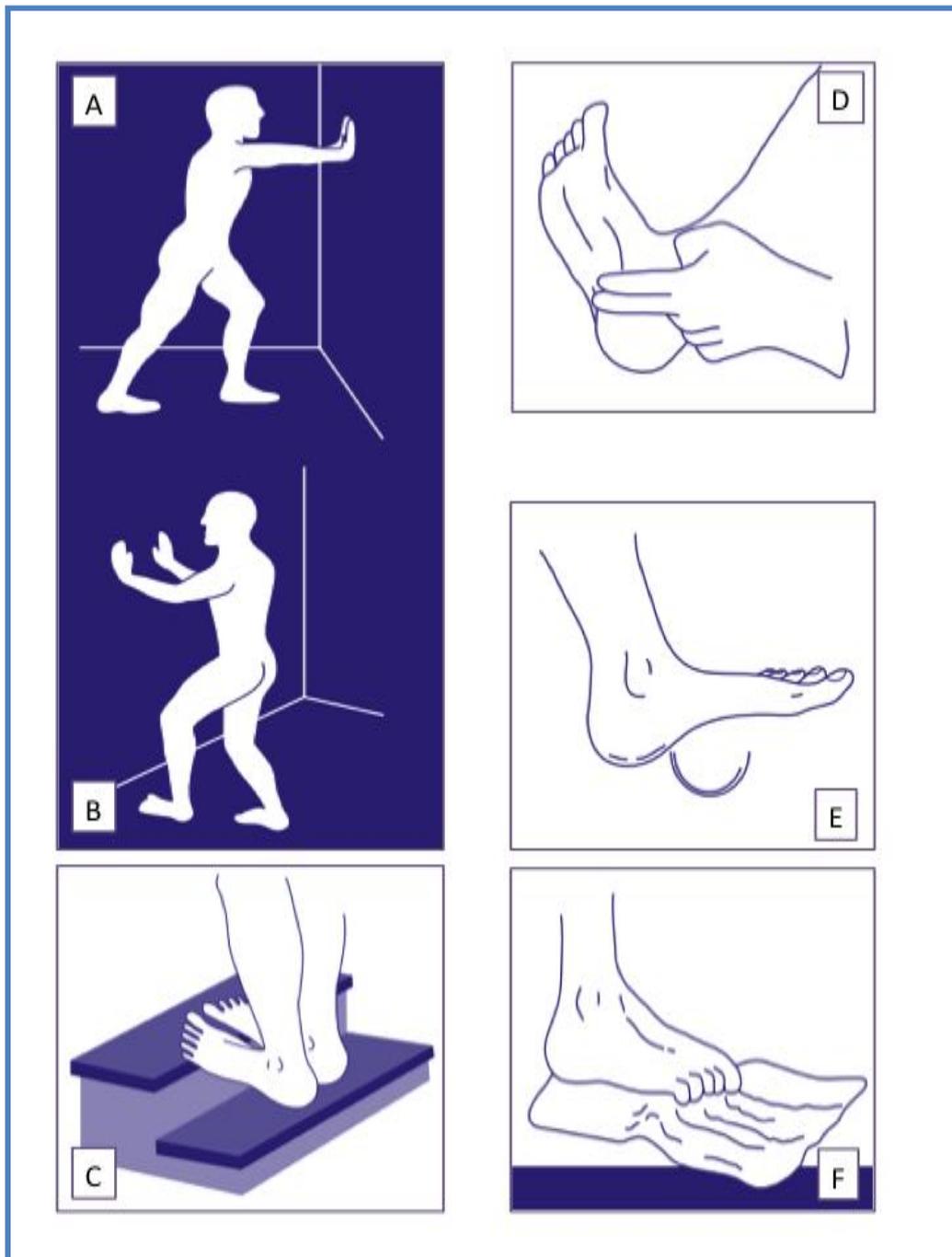
De nouvelles études à plus grande échelle type essais prospectifs randomisés multicentriques avec des effectifs plus importants et un suivi à long terme seraient nécessaires pour conforter ou infirmer notre résultat.

De même, la connaissance de l'efficacité des ODC gagnerait à être approfondie en précisant si celle-ci varie en fonction de données anthropométriques telles que l'IMC ou si le sexe pourrait constituer un facteur prédictif de la réussite du traitement comme semble le suggérer nos analyses secondaires.

A l'heure actuelle les ondes de choc ne sont pas prises en charge par l'assurance maladie et peuvent toutefois l'être en nombre limité par les mutuelles à titre de soins d'ostéopathie (en général 3 /an).

En renouvelant la preuve de l'efficacité clinique et paraclinique des ODC, notre travail est un argument supplémentaire de l'intérêt qu'elles présentent dans l'indication de l'APC que tout médecin généraliste et médecin du sport est fréquemment amené à rencontrer en pratique courante.

## VII. Annexes :



### **Annexe 1 : Exercices d'étirement de l'aponévrose plantaire<sup>1</sup> :**

**A, B** : Étirement contre un mur.

**C** : Étirement sur des marches d'escaliers.

**D** : Massage de l'AP notamment au réveil.

**E** : Rouler le pied sur une balle de tennis.

**F** : Les exercices des muscles intrinsèques :

ramasser des billets avec les orteils ou faire des plis sur une serviette.

**SWISS DOLORCLAST®**  
EXCELLENT DESIGN



Swiss DolorClast® Master

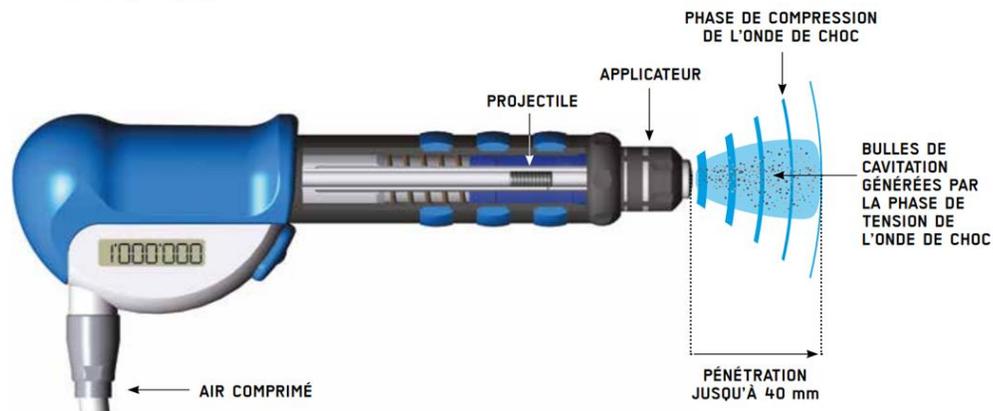
### **Annexe 2.1 : Appareil ODC Radiale**

Reproduit avec l'autorisation de M. Rodolphe Van Gaever  
E.M.S. Electro Medical Systems S.A  
( Sales Manager Medical, France Belgique Luxembourg  
Domtom )

# TEOC RADIALES →

## GÉNÉRATION D'ONDES DE CHOC BALISTIQUES →

> L'air comprimé accélère un projectile, qui percute un applicateur fixe à une vitesse élevée (jusqu'à 90 km/h) - l'énergie cinétique est convertie en onde de choc et transmise au tissu lésé par l'intermédiaire de la peau.

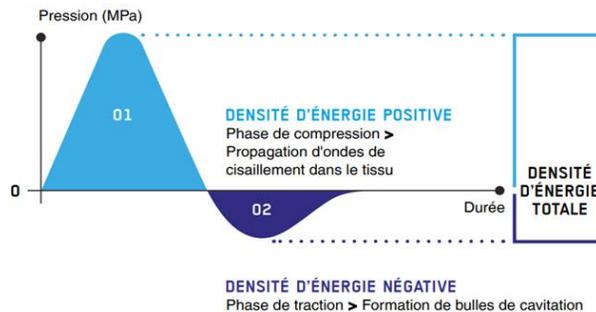


## CARACTÉRISTIQUES DE PRESSION DES ONDES DE CHOC RADIALES →

01 > L'onde de choc débute par une phase de compression qui propage des ondes de cisaillement dans le tissu.

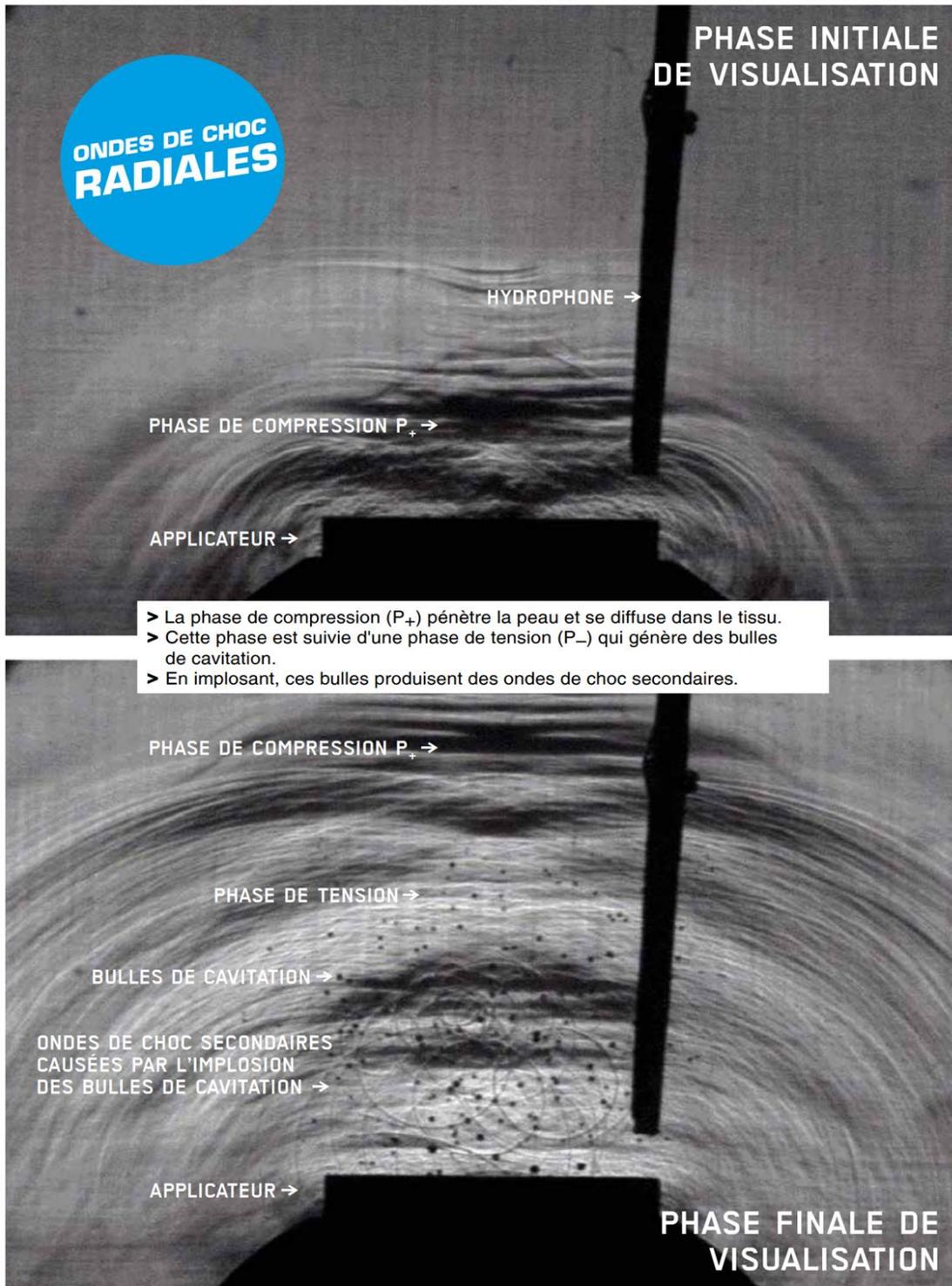
02 > Elle est suivie d'une phase de dépression ou de tension qui génère des bulles de cavitation.

→ La densité de flux d'énergie (DE ou DFE) est représentée par la zone carrée en dessous de la courbe de pression.



### Annexe 2.2 : Appareil ODC Radiale

Reproduit avec l'autorisation de M. Rodolphe Van Gaever  
E.M.S. Electro Medical Systems S.A  
( Sales Manager Medical, France Belgique Luxembourg  
Domtom )



### Annexe 2.3 : Appareil ODC Radiale

Reproduit avec l'autorisation de M. Rodolphe Van Gaever  
 E.M.S. Electro Medical Systems S.A  
 ( Sales Manager Medical, France Belgique Luxembourg  
 Domtom )

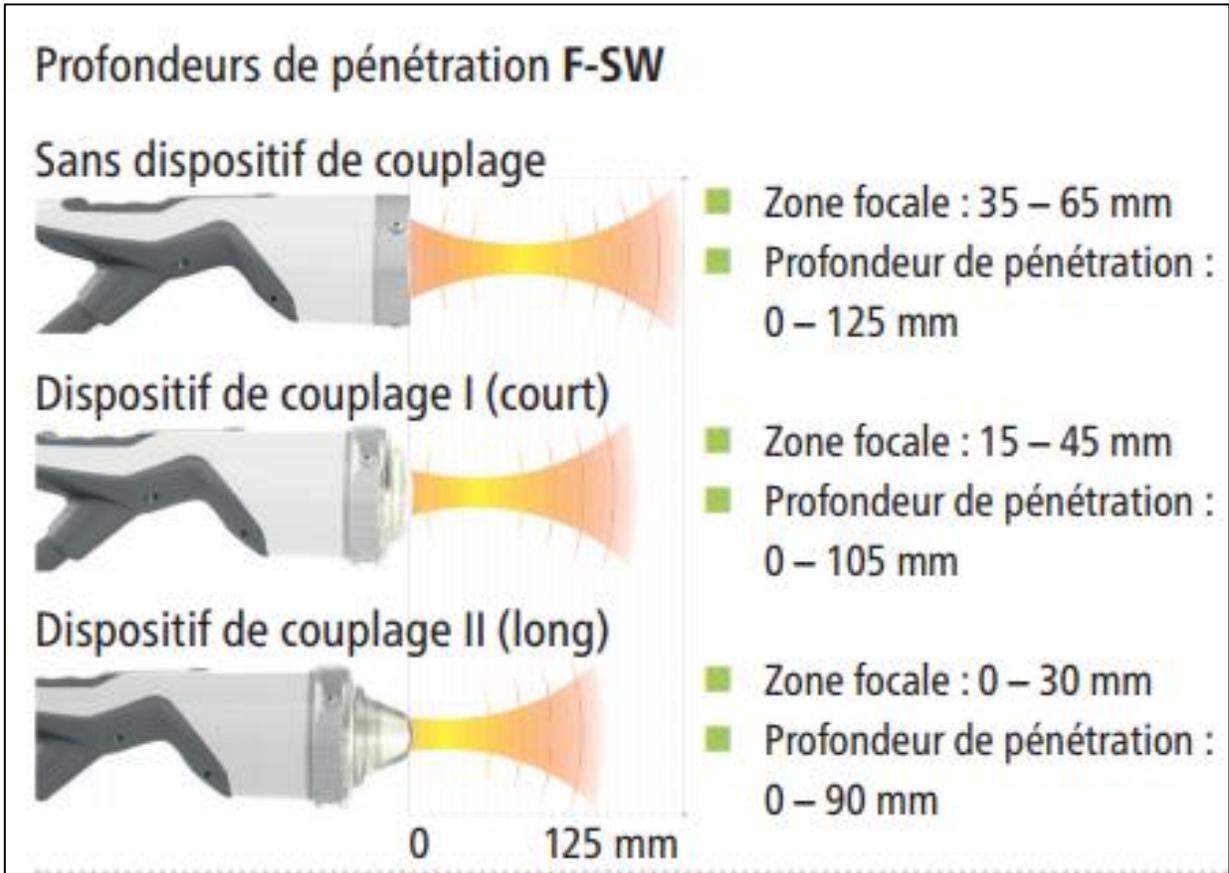


**Annexe 3.1 et 3.2 : Appareil ODC Focale**

Reproduit avec l'autorisation de Mme Florence Blevenec

STORZ MEDICAL France SAS

(Responsable administrative, France)



**Annexe 3.3 : Appareil ODC Focale**

Reproduit avec l'autorisation de Mme Florence Blevenec

STORZ MEDICAL France SAS

(Responsable administrative, France)

Table 1. French version of the VISA-A (VISA-AF).

1. Lorsque vous vous levez le matin, durant combien de minutes présentez-vous une raideur au niveau du tendon d'Achille?											
100 min											0 min
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
2. Après échauffement matinal, ressentez-vous des douleurs lorsque vous effectuez l'étirement complet du tendon d'Achille (en étant sur le bord d'une marche avec le genou en extension)?											
Douleur extrême										Pas de douleur	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3. Après avoir marché sur sol plat pendant 30 minutes, ressentez-vous des douleurs au cours des 2 heures suivantes? (Si vous en êtes incapable à cause de la douleur, indiquez un score de 0 pour cette question).											
Douleur extrême										Pas de douleur	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4. Ressentez-vous des douleurs quand vous descendez les escaliers (avec un cycle de marche normal)?											
Douleur extrême										Pas de douleur	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5. Ressentez-vous des douleurs pendant ou immédiatement après vous être mis 10 fois sur la pointe d'un pied (sur une surface plate)?											
Douleur extrême										Pas de douleur	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6. Combien de sauts unipodaux (sur une jambe) pouvez-vous accomplir sans ressentir de douleur?											
0											10
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
7. Pratiquez-vous actuellement un sport ou une autre activité physique?											
0	Pas du tout										
4	Entraînement/compétition modifié										
7	Entraînement/compétition complet mais à un niveau différent (inférieur) de celui qui a vu les symptômes apparaître										
10	Entraînement/compétition à un niveau identique ou supérieur à celui qui a vu les symptômes apparaître										
8. Complétez uniquement A, B ou C pour cette question:											
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si vous ne ressentez aucune douleur pendant la pratique sportive, veuillez compléter uniquement la Q8A.</li> <li>• Si vous ressentez une douleur pendant la pratique sportive mais qu'elle ne vous empêche pas de poursuivre celle-ci, veuillez compléter uniquement la Q8B.</li> <li>• Si vous ressentez une douleur qui vous empêche de poursuivre l'activité sportive, veuillez compléter uniquement la Q8C.</li> </ul>											
(Q8A) Si vous ne ressentez aucune douleur pendant la pratique sportive, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer?											
0 min	1-10 min		11-20 min		21-30 min		>30 min				
0	7		14		21		30				
(Q8B) Si vous ressentez une douleur pendant la pratique sportive mais qu'elle ne vous empêche pas de poursuivre celle-ci, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer?											
0 min	1-10 min		11-20 min		21-30 min		>30 min				
0	4		10		14		20				
(Q8C) Si vous ressentez une douleur qui vous empêche de poursuivre l'activité sportive, combien de temps pouvez-vous vous entraîner/jouer?											
0 min	1-10 min		11-20 min		21-30 min		>30 min				
0	2		5		7		10				
Score total: /100											

## Annexe 4 : VISA-A Score

## Echelle numérique : Douleur

Q1.1/ Au réveil, lorsque vous posez le pied pour la 1ère fois de la journée à combien évaluez-vous votre douleur entre 0 (pas de douleurs) et 10 (douleur extrême) ?

Pas de douleurs	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Douleur extrême
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----------------

### Annexe 5 : Echelle numérique de la douleur au repos

## VIII. Bibliographie :

- 1) Rompe JD. Plantar fasciopathy. *Sports Med Arthrosc* 2009;17:100–4
- 2) Young C. In the clinic. Plantar fasciitis. *Ann Intern Med* 2012;156(1 Pt 1):1–16. doi: 10.7326/0003-4819-156-1-201201030-01001
- 3) Lemont H, Ammirati KM, Usen N. Plantar fasciitis: a degenerative process (fasciosis) without inflammation. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003;93:234–7.
- 4) Tu P, Bytowski JR. Diagnosis of heel pain. *Am Fam Physician*. 2011 Oct 15;84(8):909-16. PMID: 22010770.
- 5) Cole C, Seto C, Gazewood J. Plantar fasciitis: evidence-based review of diagnosis and therapy. *Am Fam Physician*. 2005 Dec 1;72(11):2237-42. PMID: 16342847
- 6) Wearing SC, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR, Hills AP. Musculoskeletal disorders associated with obesity: a biomechanical perspective. *Obes Rev* 2006;7:239-50
- 7) Trojian T, Tucker AK. Plantar Fasciitis. *Am Fam Physician*. 2019 Jun 15;99(12):744-750. PMID: 31194492.
- 8) Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, Johnson RE. Risk factors for Plantar fasciitis: a matched case-control study. *J Bone Joint Surg Am*. 2003 May;85(5):872-7. doi: 10.2106/00004623-200305000-00015. Erratum in: *J Bone Joint Surg Am*. 2003 Jul;85-A(7):1338. PMID: 12728038.
- 9) Buchbinder R. Clinical practice. Plantar fasciitis. *N Engl J Med*. 2004; 350(21): 2159-2166.
- 10) Rompe JD. Plantar fasciopathy. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2009 Jun;17(2):100-4. doi: 10.1097/JSA.0b013e3181a3d60e. PMID: 19440137.
- 11) Snider MP, Clancy WG, Mcbeath AA: Plantar fascia release for chronic plantar fasciitis in runners. *Am J Sports Med* 11: 215, 1983.

- 12) Thomas JL, Christensen JC, Kravitz SR, et al. The diagnosis and treatment of heel pain: A clinical practice guideline-revision 2010. *J Foot Ankle Surg* 2010;49(3 suppl):S1–19. doi: 10.1053/j.jfas.2010.01.001.
- 13) Sabir N, Demirlenk S, Yagci B, Karabulut N, Cubukcu S. Clinical utility of sonography in diagnosing plantar fasciitis. *J Ultrasound Med.* 2005 Aug;24(8):1041-8. doi: 10.7863/jum.2005.24.8.1041. PMID: 16040817.
- 14) Tsai WC, Chiu MF, Wang CL, Tang FT, Wong MK. Ultrasound evaluation of plantar fasciitis. *Scand J Rheumatol.* 2000;29(4):255-9. doi: 10.1080/030097400750041415. PMID: 11028848.
- 15) McMillan AM, Landorf KB, Barrett JT, Menz HB, Bird AR. Diagnostic imaging for chronic plantar heel pain: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 2009 Nov 13;2:32. doi: 10.1186/1757-1146-2-32. PMID: 19912628; PMCID: PMC2784446.
- 16) Singh D et al. Fortnightly review. Plantar fasciitis. *BMJ* 1997 ; 315 (7101): 172-5.
- 17) Barrett SJ, O'Malley R. Plantar fasciitis and other causes of heel pain. *Am Fam Physician* 1999; 59 (8): 2200-6.
- 18) Acevedo JI, Beskin JL. Complications of plantar fascia rupture associated with corticosteroid injection. *Foot Ankle Int.* 1998 Feb;19(2):91-7. doi: 10.1177/107110079801900207. PMID: 9498581.
- 19) Sellman JR. Plantar fascia rupture associated with corticosteroid injection. *Foot Ankle Int.* 1994 Jul;15(7):376-81. doi: 10.1177/107110079401500706. PMID: 7951973.
- 20) Weil LS Jr, Roukis TS, Weil LS, Borrelli AH. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic plantar fasciitis: indications, protocol, intermediate results, and a comparison of results to fasciotomy. *J Foot Ankle Surg.* 2002 May-Jun;41(3):166-72. doi: 10.1016/s1067-2516(02)80066-7. PMID: 12075904.

- 21) Othman AM, Ragab EM. Endoscopic plantar fasciotomy versus extracorporeal shock wave therapy for treatment of chronic plantar fasciitis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130(11):1343-1347
- 22) Chang KV, Chen SY, Chen WS, Tu YK, Chien KL. Comparative effectiveness of focused shock wave therapy of different intensity levels and radial shock wave therapy for treating plantar fasciitis: a systematic review and network meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012 Jul;93(7):1259-68. doi: 10.1016/j.apmr.2012.02.023. Epub 2012 Mar 12. PMID: 22421623.
- 23) Aqil A, Siddiqui MR, Solan M, Redfern DJ, Gulati V, Cobb JP. Extracorporeal shock wave therapy is effective in treating chronic plantar fasciitis: a meta-analysis of RCTs. *Clin Orthop Relat Res.* 2013 Nov;471(11):3645-52. doi: 10.1007/s11999-013-3132-2. Epub 2013 Jun 28. PMID: 23813184; PMCID: PMC3792262.
- 24) Sun J, Gao F, Wang Y, Sun W, Jiang B, Li Z. Extracorporeal shock wave therapy is effective in treating chronic plantar fasciitis: A meta-analysis of RCTs. *Medicine (Baltimore).* 2017 Apr;96(15):e6621. doi: 10.1097/MD.0000000000006621. PMID: 28403111; PMCID: PMC5403108.
- 25) Baguley, Thom. (2008). Standardized or simple effect size: What should be reported?. *British journal of psychology (London, England : 1953).* 100. 603-17. 10.1348/000712608X377117.
- 26) Farrar JT, Polomano RC, Berlin JA, Strom BL. A comparison of change in the 0-10 numeric rating scale to a pain relief scale and global medication performance scale in a short-term clinical trial of breakthrough pain intensity. *Anesthesiology.* 2010 Jun;112(6):1464-72. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181de0e6d. PMID: 20463579; PMCID: PMC2884191.

- 27) Lohrer H, Nauck T, Dorn-Lange NV, et al. Comparison of radial versus focused extracorporeal shock waves in plantar fasciitis using functional measures. *Foot Ankle Int* 2010;31:1–9.
- 28) Ozdemir H, Yilmaz E, Murat A, Karakurt L, Poyraz AK, Ogur E. Sonographic evaluation of plantar fasciitis and relation to body mass index. *Eur J Radiol*. 2005 Jun;54(3):443-7. doi: 10.1016/j.ejrad.2004.09.004. PMID: 15899349.
- 29) Hammer DS, Adam F, Kreutz A, Rupp S, Kohn D, Seil R. Ultrasonographic evaluation at 6-month follow-up of plantar fasciitis after extracorporeal shock wave therapy. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005 Feb;125(1):6-9. doi: 10.1007/s00402-003-0591-z. Epub 2003 Oct 3. PMID: 14530990.
- 30) Liang HW, Wang TG, Chen WS, Hou SM. Thinner plantar fascia predicts decreased pain after extracorporeal shock wave therapy. *Clin Orthop Relat Res*. 2007 Jul;460:219-25. doi: 10.1097/BLO.0b013e31804ffd19. PMID: 17353798.
- 31) Genc H, Saracoglu M, Nacir B, Erdem HR, Kacar M. Long-term ultrasonographic follow-up of plantar fasciitis patients treated with steroid injection. *Joint Bone Spine*. 2005 Jan;72(1):61-5. doi: 10.1016/j.jbspin.2004.03.006. PMID: 15681250.
- 32) Maier M, Averbeck B, Milz S, Refior HJ, Schmitz C. Substance P and prostaglandin E2 release after shock wave application to the rabbit femur. *Clin Orthop Relat Res*. 2003 Jan;(406):237-45. doi: 10.1097/01.blo.0000030173.56585.8f. PMID: 12579024.
- 33) Contaldo C et al. Radial pressure waves mediate apoptosis and functional angiogenesis during wound repair in ApoE deficient mice. *Microvasc Res* 2012 ; 84 (1): 24-33.
- 34) Barrett SL et al. The use of low-energy radial shockwave in the treatment of entrapment neuropathy of the medial calcaneal nerve: a pilot study. *Foot Ankle Spec* 2008; 1 (4): 231-42

- 35)Hsu RW, Hsu WH, Tai CL, Lee KF. Effect of shock-wave therapy on patellar tendinopathy in a rabbit model. *J Orthop Res.* 2004 Jan;22(1):221-7. doi: 10.1016/S0736-0266(03)00138-4. PMID: 14656684.
- 36)Chow IH, Cheing GL. Comparison of different energy densities of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) for the management of chronic heel pain. *Clin Rehabil.* 2007 Feb;21(2):131-41. doi: 10.1177/0269215506069244. PMID: 17264107.
- 37)Lee SJ, Kang JH, Kim JY, Kim JH, Yoon SR, Jung KI. Dose-related effect of extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. *Ann Rehabil Med.* 2013 Jun;37(3):379-88. doi: 10.5535/arm.2013.37.3.379. Epub 2013 Jun 30. PMID: 23869336; PMCID: PMC3713295.
- 38)Malay DS, Pressman MM, Assili A, Kline JT, York S, Buren B, Heyman ER, Borowsky P, Lemay C. Extracorporeal shockwave therapy versus placebo for the treatment of chronic proximal plantar fasciitis: results of a randomized, placebo-controlled, double-blinded, multicenter intervention trial. *J Foot Ankle Surg* 45:196 –210, 2006
- 39)Labek G, Auersperg V, Ziernh"old M, Poullos N, B"ohler N. [Influence of local anesthesia and energy level on the clinical outcome of extracorporeal shock wave-treatment of chronic plantar fasciitis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2005 Mar-Apr;143 (2):240-6. German
- 40)Rompe JD, Meurer A, Nafe B, Hofmann A, Gerdesmeyer L. Repetitive low-energy shock wave application without local anesthesia is more efficient than repetitive low-energy shock wave application with local anesthesia in the treatment of chronic plantar fasciitis. *J Orthop Res.* 2005 Jul;23(4):931-41
- 41)Gollwitzer H, Diehl P, von Korff A, et al. Extracorporeal shock wave therapy for chronic painful heel syndrome: a prospective, double blind, randomized trial

- assessing the efficacy of a new electromagnetic shock wave device. *J Foot Ankle Surg* 2007;46:348–57
- 42) Riddle DL, Pulisic M, Pidcoke P, Johnson RE. Risk factors for plantar fasciitis: a matched case-control study. *J Hand Surg Am* 2003;85: 872-7.
- 43) Eslamian F, Shakouri SK, Jahanjoo F, Hajjaliloo M, Notghi F. Extra Corporeal Shock Wave Therapy Versus Local Corticosteroid Injection in the Treatment of Chronic Plantar Fasciitis, a Single Blinded Randomized Clinical Trial. *Pain Med.* 2016 Sep;17(9):1722-31. doi: 10.1093/pm/pnw113. Epub 2016 Jun 8. PMID: 27282594.
- 44) Gollwitzer H, Saxena A, DiDomenico LA, Galli L, Bouché RT, Caminear DS, Fullem B, Vester JC, Horn C, Banke IJ, Burgkart R, Gerdesmeyer L. Clinically relevant effectiveness of focused extracorporeal shock wave therapy in the treatment of chronic plantar fasciitis: a randomized, controlled multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 2015 May 6;97(9):701-8. doi: 10.2106/JBJS.M.01331. PMID: 25948515.
- 45) Ibrahim MI, Donatelli RA, Schmitz C, Hellman MA, Buxbaum F. Chronic plantar fasciitis treated with two sessions of radial extracorporeal shock wave therapy. *Foot Ankle Int.* 2010 May;31(5):391-7. doi: 10.3113/FAI.2010.0391. PMID: 20460065.
- 46) C. Yacou, V. Cornely, N. Neller, S. Pitot, C. Joubert, A. Blateau, M. Colard, I. Padra, J. Pluton, S. MerleSanté. KANNARI, nutrition et exposition au chlordécone aux Antilles, 4èmes Journées interrégionales de veille sanitaire des Antilles Guyane, 6 novembre 2015.
- 47) Macchi M, Spezia M, Elli S, Schiaffini G, Chisari E. Obesity Increases the Risk of Tendinopathy, Tendon Tear and Rupture, and Postoperative Complications: A Systematic Review of Clinical Studies. *Clin Orthop Relat Res.* 2020

Aug;478(8):1839-1847. doi: 10.1097/CORR.0000000000001261. PMID: 32732565; PMCID: PMC7371074.

48) Rompe JD, Furla J, Cacchio A, Schmitz C, Maffulli N. Radial shock wave treatment alone is less efficient than radial shock wave treatment combined with tissue-specific plantar fascia-stretching in patients with chronic plantar heel pain. *Int J Surg*. 2015 Dec;24(Pt B):135-42. doi: 10.1016/j.ijssu.2015.04.082. Epub 2015 May 1. PMID: 25940060.

49) Herr, Marie & Descatha, Alexis & Aegerter, Philippe. (2017). Essais de non-infériorité et d'équivalence : les points clés de leur méthodologie. *La Revue de Médecine Interne*. 39. 10.1016/j.revmed.2017.06.010.



UNIVERSITE DE POITIERS



Faculté de Médecine et de  
Pharmacie

## IX. SERMENT



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

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

