



**HAL**  
open science

# Protocole d'échauffement : effets des étirements dynamiques dans les performances de saut

Valentine Jaffard

► **To cite this version:**

Valentine Jaffard. Protocole d'échauffement : effets des étirements dynamiques dans les performances de saut. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03974870

**HAL Id: dumas-03974870**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03974870v1>**

Submitted on 6 Feb 2023

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

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

**PROTOCOLE D'ÉCHAUFFEMENT : EFFET DES  
ÉTIREMENTS DYNAMIQUES DANS LES  
PERFORMANCES DE SAUT**

**JAFFARD Valentine**

**Directeur de mémoire : Mme. HENRY**

## REMERCIEMENTS

Je tenais à remercier ma maîtresse de mémoire de m'avoir conseillé et guidé dans mes recherches. Elle est restée disponible et a su m'aider tout au long de la réalisation de mon mémoire.

Je tenais également à remercier mes proches, famille et amis, qui sont restés présents, qui m'ont encouragé et soutenu.

Je pense tout particulièrement à ma maman qui a toujours été derrière moi, ainsi que mon groupe de copines qui m'ont soutenu et aidé à finaliser mon travail.

Durant mes quatre ans d'études, j'ai fait de très belles rencontres et me suis faite un groupe d'ami(e)s tous plus extraordinaires les un(e)s que les autres.

Rédiger ce mémoire représente l'aboutissement et la finalité de ces années d'études. Je tiens à remercier l'IFMK ainsi que tout le corps enseignant pour leur transmission de savoir.

C'est avec impatience que je me dirige vers mon futur métier.

## Table des matières

REMERCIEMENTS .....	I
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	VII
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 La place des étirements dans le domaine de la kinésithérapie.....	1
1.2 La place des étirements dans le domaine sportif.....	2
1.3 Etirements et sport : remise en question des données .....	3
1.4 Les performances de saut .....	4
1.4.1 Le saut vertical .....	4
1.4.2 Les paramètres du saut vertical .....	4
1.4.3 Les différents types de test d'évaluation .....	4
1.4.3.1 Le CMJ.....	5
1.4.3.2 Le SJ .....	5
1.4.3.3 Le DJ ou RJ.....	5
1.4.4 Les outils de mesure .....	6
1.5 Les étirements.....	7
1.5.1 Définition.....	7
1.5.2 Anatomie du muscle strié squelettique .....	8
1.5.2.1 Les éléments en présence .....	8
1.5.2.2 Propriétés musculaires .....	9
1.5.2.3 Le modèle de Hill modifié par Shorten.....	10
1.5.3 Biomécanique des étirements.....	11
1.6 Les différents types d'étirements .....	11
1.6.1 Les étirements statiques [83][84][85].....	12
1.6.2 Les étirements dynamiques [86][87][88] .....	12
1.6.3 Les étirements de type PNF [89][90] .....	13
1.7 Objectif de la revue .....	13
<b>2 MÉTHODE.....</b>	<b>14</b>
2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue .....	14
2.1.1 Les types d'études sélectionnées .....	14
2.1.2 Le type de population ciblé.....	14
2.1.3 L'intervention choisie .....	15
2.1.4 Comparateur utilisé.....	15
2.1.5 Le critère de jugement établi .....	15
2.1.6 Nos critères d'inclusion et d'exclusion.....	16
2.1.7 Synthèse de notre méthode d'éligibilité.....	17

2.2	Méthodologie de recherche des études.....	17
2.2.1	Les sources documentaires investiguées .....	17
2.2.2	Les équations de recherche utilisées .....	18
2.3	Méthode d'analyse et d'extraction des données.....	19
2.3.1	Sélection des études.....	19
2.3.2	Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées .....	19
2.3.3	Extraction des données .....	20
2.3.4	Synthèse des résultats.....	20
3	RÉSULTATS .....	21
3.1	Description des études.....	21
3.1.1	Diagramme de flux .....	21
3.1.2	Études exclues de la revue.....	22
3.1.3	Études incluses dans la revue .....	24
3.1.3.1	La population .....	24
3.1.3.2	L'intervention.....	24
3.1.3.3	Le comparateur .....	25
3.1.3.4	Le critère de jugement .....	26
3.2	Risque de biais relatif aux études incluses .....	28
3.2.1	Grille d'évaluation.....	28
3.2.2	Biais identifiés.....	29
3.2.2.1	Biais de sélection .....	29
3.2.2.2	Biais d'évaluation .....	29
3.2.2.3	Biais de suivi.....	29
3.2.2.4	Biais d'attrition.....	29
3.2.2.5	Autres .....	30
3.3	Effet de l'intervention sur le critère de jugement.....	30
3.3.1	Évaluation de la hauteur du saut par le CMJ .....	30
3.3.2	Evaluation de la hauteur du saut par le SJ .....	35
3.3.3	Evaluation de la hauteur du saut par le DJ.....	37
4	DISCUSSION .....	38
4.1	Analyse des principaux résultats .....	38
4.1.1.1	Evaluation de la hauteur du saut par le CMJ .....	38
4.1.1.2	Evaluation de la hauteur du saut par le SJ.....	41
4.1.1.3	Evaluation de la hauteur du saut par le DJ .....	42
4.1.2	Hétérogénéité et limites des études.....	42
4.1.2.1	Population.....	43

4.1.2.2	Intervention et comparateur.....	43
4.1.2.3	Critère de jugement.....	44
4.1.3	Synthèses des résultats .....	44
4.2	Applicabilité fonctionnelle des résultats en pratique clinique et limitation des études... ..	45
4.2.1	Par rapport aux conditions des études .....	45
4.2.2	Rapport bénéfice/risque.....	46
4.2.3	Rapport coût/efficacité .....	46
4.3	Niveaux de preuves .....	47
4.4	Biais potentiels de la revue .....	48
5	CONCLUSION .....	49
5.1	Implication dans notre pratique clinique .....	49
5.2	Implication pour la recherche scientifique .....	50
	BIBLIOGRAPHIE .....	51
	ANNEXE .....	Erreur ! Signet non défini.
	RÉSUMÉ .....	2
	ABSTRACT .....	2

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**DS** : Dynamic Stretching = étirements dynamiques

**SS** : Static Stretching = étirements statiques

**PNF** : Proprioceptive neuromuscular facilitation = étirements de facilitation proprioceptive neuromusculaire

**CMJ** : Counter Movement Jump = saut à contre mouvement

**SJ** : Squat Jump = saut en squat

**DJ** : Drop Jump = saut en contre bas

**HAS** : Haute Autorité de Santé

# 1 INTRODUCTION

Les étirements ont toujours fait partie de notre quotidien. Ce sont des gestes naturels et nécessaires à la réalisation de certains mouvements. Nous nous sommes tous déjà étirés au réveil ou après être restés assis trop longtemps. Les étirements peuvent être réalisés instinctivement ou de manière inconsciente.

Leurs origines sont en fait issues d'anciennes techniques orientales qui se basaient sur « une approche holistique » unissant le corps et l'esprit en vue de développer son bien-être personnel[1]. Au fil des années, les étirements sont devenus une pratique à part entière et ont permis à certaines disciplines telles que le yoga, le taï-chi ou encore le pilate[2][3] de se former.

A l'heure actuelle, les étirements sont pratiqués dans de nombreux domaines physiques, dont deux d'entre eux étroitement liés :

- ~ Le **milieu de la rééducation** « en milieu sportif, le masseur-kinésithérapeute est habilité à participer à l'établissement des bilans d'aptitude aux activités physiques et sportives et au suivi de l'entraînement et des compétitions »[4]
- ~ Le **milieu sportif** « il est reconnu que les étirements musculaires sont bénéfiques tant pour la performance sportive que pour la prévention des blessures »[5]

## 1.1 La place des étirements dans le domaine de la kinésithérapie

Une des spécialisations possibles dans notre champ thérapeutique s'avère être la **kinésithérapie du sport**. Cette formation permet aux kinésithérapeutes de suivre des sportifs et de prendre en charge les pathologies liées à leur pratique sportive[6].

Ils peuvent ainsi mettre en place des **programmes d'entraînement** et de **préparation physique** en intégrant différents protocoles tels que le renforcement, les étirements, l'endurance ou encore la proprioception.

La mise en place de séances d'étirements va permettre d'optimiser les performances des sportifs et de les préparer à l'effort. Les étirements sont préconisés pour améliorer la souplesse musculaire en maintenant ou en augmentant les amplitudes articulaires[7].

Cependant, il reste nécessaire de connaître les bienfaits et les limites des différents types d'étirements pour éviter tout effet délétère.

**L'intégration des étirements** dans la prise en charge kinésithérapeutique suit une certaine chronologie. Au départ, les techniques de stretching ont dérivé de la méthode de Kabat spécifique aux affections neurologiques.

A partir des années 80, les chercheurs ont commencé à introduire les étirements dans la prise en charge de pathologies traumatiques et musculosquelettiques[8][9][10][11][12].

Ils se sont avérés efficaces dans le traitement de tendinopathies, d'entorses ou de douleurs musculaires et cela a permis d'améliorer la prise en charge thérapeutique des patients.

Au fur et à mesure, les étirements ont continué à interpeller de nombreux scientifiques qui ont continué à approfondir les recherches sur leurs effets.

Les études scientifiques convergent toutes vers une même conclusion : les étirements présentent de nombreux bienfaits. Les principaux que nous connaissons tous sont d'augmenter notre souplesse et nos amplitudes articulaires, de diminuer nos douleurs musculaires, d'optimiser nos performances ou encore de prévenir des blessures[13][14][15].

Ainsi au cours de ces dernières années, les étirements ont su se faire une place dans le milieu de la rééducation. Nous savons qu'au niveau du traitement, la prévention des blessures de même que la prise en charge des pathologies sportives restent primordiales à ce jour[16][17][18].

Cependant, la préparation physique à l'effort représente elle aussi une étape clé pour les sportifs. En tant que kinésithérapeute nous avons aussi un rôle à jouer à ce niveau-là. Nous pouvons en effet, conseiller et mettre en place un entraînement sportif adapté pour nos patients, avec différentes techniques tels que des étirements.

Il faut savoir que les étirements ont toujours occupé une place importante lors de la phase d'échauffement et de récupération.

Des faits scientifiques ont en effet mis en évidence que les étirements permettaient **d'optimiser la préparation générale** des athlètes en : modifiant la flexibilité des structures musculo-tendineuses, en diminuant les douleurs musculaires, en minimisant les blessures tout en améliorant leurs performances physiques[19][20][21].

## 1.2 La place des étirements dans le domaine sportif

**L'échauffement** constitue une phase de préparation physique pour améliorer les performances des sportifs avant l'effort[22].

Un programme d'entraînement basé sur des étirements a pour objectif de travailler en assouplissement pour préparer le muscle à l'action en augmentant les amplitudes articulaires liées au mouvement sportif[23][24].

Depuis quelques années, plusieurs études scientifiques se sont intéressées à de nouvelles techniques d'échauffement tels que des **programmes d'étirements** notamment pour améliorer les performances d'agilité[25], de sprint[26][27] et de saut[28][29] chez des jeunes sportifs.

Deux études récentes se sont penchées sur l'intérêt d'un protocole d'étirement dans deux domaines sportifs où la souplesse et la flexibilité sont fondamentales.

La **première étude** a établi un protocole d'étirement chez de jeunes **danseurs** afin de déterminer s'ils pouvaient augmenter ou non la hauteur, l'équilibre ainsi que l'amplitude du saut vertical[30].

Les étirements combinés (statiques et dynamiques) ont montré des scores significativement améliorés au niveau de l'équilibre, de la hauteur et des valeurs de ROM pré-étirement et post-étirement. Un protocole d'échauffement avec des étirements s'avère donc fortement conseillé pour améliorer des performances sportives.

Ce fait scientifique s'avère encore d'actualité, car la **deuxième étude** datant d'avril **2021** a été menée chez de jeunes athlètes féminines en **gymnastique artistique**.

Le but des auteurs était d'identifier le protocole d'étirement le plus approprié pour augmenter l'amplitude de mouvement sans affecter négativement les performances de saut vertical[31]. Cette étude est complémentaire avec celle de **2019** menée chez des jeunes **gymnastes** qui comparait aussi différents protocoles d'étirement sur des performances de saut[32]. La même observation avait été faite : un échauffement composé d'étirements dynamiques améliore les performances de saut vertical avec des résultats d'hauteur de saut, de temps de vol et de puissance de sortie significativement augmentés.

Cependant, ces études ont soulevé le même problème central : les étirements statiques (SS) et dynamiques (DS) n'ont pas le même effet et doivent être employés à des temps différents. Les **SS** avant l'activité physique affectent **négativement** la performance de saut car ils entraînent un déficit de force et de puissance, alors que les **DS** pendant l'échauffement, **augmentent** les composantes de force, de puissance et de vitesse du saut.

Intégrer un type d'étirement lors d'un échauffement s'avère donc pertinent pour optimiser les performances. Cependant, ce choix doit se faire de manière avisée et réfléchie pour ne pas engendrer d'effet délétère et ainsi altérer les performances des sportifs.

### 1.3 Etirements et sport : remise en question des données

A l'heure actuelle, les données scientifiques émettent de **nombreuses contradictions** sur les étirements tant sur leur utilisation que sur leur impact dans le traitement thérapeutique et l'entraînement sportif.

Nous avons vu précédemment que les DS présentent un intérêt potentiel dans l'amélioration des performances de saut alors que les SS auraient tendance à voir un effet négatif.

En effet, selon le type d'étirements, l'effet peut varier et impacter les performances de différentes manières.

De nombreuses études ont conclu sur le fait que les **SS** effectués avant des performances de force ou de puissance entraînent un effet déficitaire de celles-ci[33][34][35][36][37]. D'autres études se sont aussi penchées sur leurs effets dans les performances de sprint et d'agilité. Les SS ont aussi un impact négatif sur la vitesse de course[38][39] et les tests d'agilité[40].

En ce qui concerne les étirements de type **PNF**(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation), les études sont moins conséquentes mais des effets négatifs ont été retrouvés au même titre que les SS dans les performances de force, vitesse et agilité[41][42][43].

Enfin, nous avons pu voir selon plusieurs études que les **DS** permettent d'améliorer les performances de saut en termes de force et de puissance. Deux études récentes, de 2018 et 2019, ont établi que ces étirements ne présentent pas d'effet bénéfique dans les performances athlétiques[44], voir un effet négatif en entraînant potentiellement des lésions musculaires[45].

De manière générale, les SS et PNF sont à éviter avant une performance de force, de vitesse et d'agilité. Aucun effet bénéfique n'a été observé dans les différentes études.

Il serait plus pertinent de pratiquer ces types d'étirements dans une phase de récupération à distance des performances sportives.

Au contraire, les DS ont quant à eux prouvé un intérêt lors de l'échauffement pour améliorer des performances de force et de puissance.

Les DS présenteraient donc un intérêt certain dans l'amélioration des performances de saut.

## 1.4 Les performances de saut

### 1.4.1 Le saut vertical

Le saut vertical « vise à atteindre le point le plus haut possible tandis que le saut en longueur vise à parcourir la distance la plus grande possible »[46].

Il se définit par un **mouvement dynamique et complexe** mettant en jeu plusieurs articulations.

Il nécessite à la fois une force musculaire suffisante et une bonne coordination motrice afin d'être exécuté correctement. Les articulations qui vont être sollicitées sont : la cheville, le genou et la hanche.

### 1.4.2 Les paramètres du saut vertical

Différents paramètres vont définir un saut et le caractériser comme de meilleure qualité qu'un autre en termes de performance. Ils vont devoir être calculés par des échelles spécifiques et des outils technologiques adaptés au saut.

La mesure de ces paramètres est donc indispensable, cela permettra d'établir ensuite le protocole d'entraînement le plus adapté pour les sportifs.

Les principales valeurs mesurables d'un saut vont être :

- ~ la **hauteur** principalement
- ~ la **vitesse** du saut
- ~ la **force** et la **puissance**
- ~ la **souplesse**

### 1.4.3 Les différents types de test d'évaluation

Dans la littérature, les scientifiques ont admis que certains tests étaient des références pour prouver qu'une méthode permet ou non d'améliorer les performances de saut.

Une étude menée en **2015** par **Chelly MS, Hermassi S, Shephard RJ**[47] a mis en évidence l'intérêt de coupler un programme d'entraînement de pliométrie des membres inférieurs à un entraînement normal, afin d'améliorer les performances de saut et de sprint de jeunes athlètes masculins.

Pour cela, les auteurs ont décidé de mesurer les potentiels compétitifs en utilisant comme tests de références le **Squat Jump (SJ)**, le **Counter Movement Jump (CMJ)** et le **Drop Jump (DJ)**.

Un autre exemple montre encore une fois l'utilisation de ces tests de référence où dans une étude de 2016, les performances de force et de puissance chez des athlètes féminines ont été évalué par le **SJ**, **CMJ** et le **DJ**[48].

Ainsi, ces tests fiables et valides représentent des **échelles de références** pour évaluer les différents paramètres des sauts verticaux.

Les plus couramment utilisés sont : le CMJ, SJ, DJ ou RJ (Rebound Continuous Jump) et le Rebound Continuous Ankle Jump (AJ).

Il existe également l'Abalakov Jump qui utilise l'influence du mouvement des bras ainsi que le Repeat Jump qui utilise le principe de répétition du saut vertical. Ces deux tests sont cependant moins utilisés.

#### 1.4.3.1 Le CMJ

La position de départ est **debout** jambes tendues, mains sur les hanches, pour éviter un balancement des bras. Le sujet va ensuite effectuer un « contre mouvement » en fléchissant ses membres inférieurs vers le bas et immédiatement effectuer une extension complète des membres inférieurs.

Les consignes sont de se baisser vers le bas puis de se redresser et de sauter le plus haut possible. C'est le test le **plus fréquemment utilisé** car il permet d'évaluer de façon simple, fiable et efficace la puissance du bas du corps[49]. Ce test permet aux sujets d'obtenir des amplitudes articulaires plus importantes au moment de l'extension[50].

#### 1.4.3.2 Le SJ

Il est utilisé pour évaluer la puissance explosive du bas du corps en évaluant le **rapport vitesse-puissance**[51]. La position de départ est cette fois **accroupie**, le sujet est en position de squat, mains sur les hanches.

Un temps de pause peut être demandé dans la position accroupie. Les consignes données vont être de sauter le plus haut possible.

La réalisation de ce saut reste plus complexe car la phase d'extension à partir de la position accroupie correspond au deuxième temps de saut du CMJ.

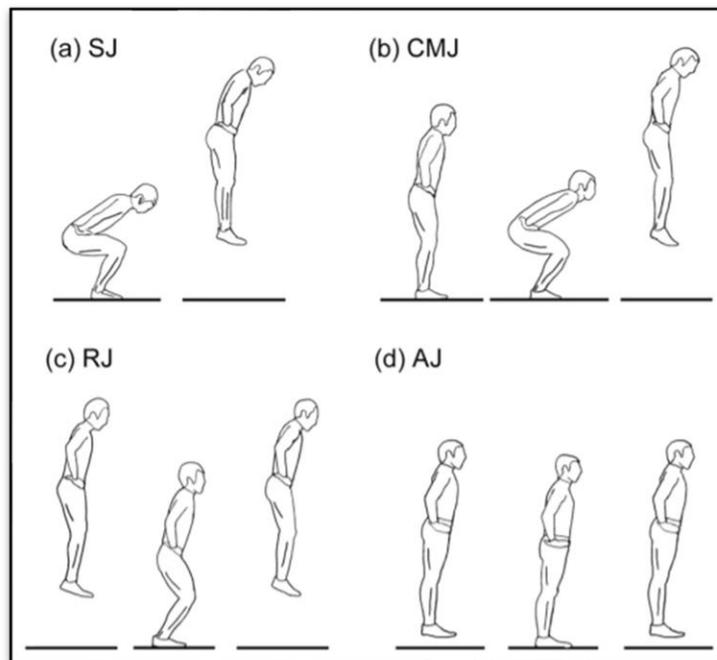
#### 1.4.3.3 Le DJ ou RJ

C'est un saut en « **contre bas** », le sujet positionné en hauteur, mains sur les hanches va descendre et se laisser tomber en avant. Il atterrit au sol légèrement fléchi et non en position accroupie et doit sauter le plus haut possible le plus rapidement possible.

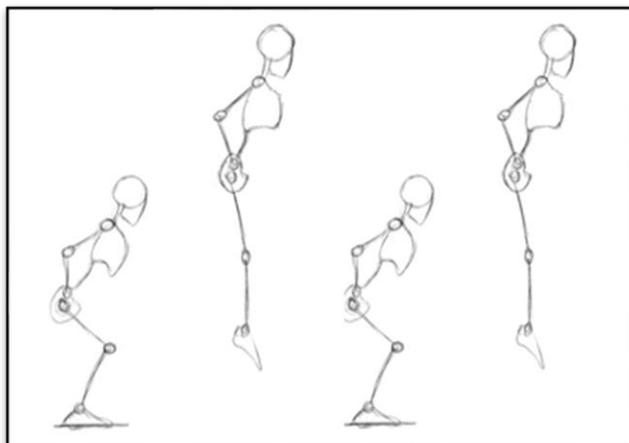
Il illustre aussi le principe du **réflexe myotatique** : quand un muscle est étiré il se contracte par réaction de « défense »[52][53].

Ainsi les 3 tests de références que nous venons de voir ont chacun une position de départ qui leur est propre avec différentes étapes à suivre pour exécuter un saut vertical.

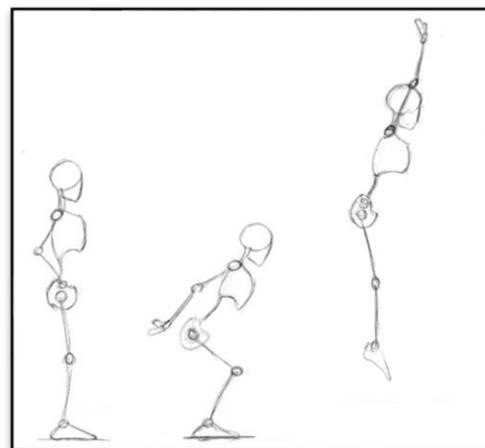
Les figures présentées ci-dessous permettent de visualiser les sauts dans leur schéma global d'exécution.



**Figure 1 : Les différents tests de saut verticaux[54]**



**Figure 2 : Le Repeat Jump[55]**



**Figure 3 : L'Abalakov Jump[56]**

#### 1.4.4 Les outils de mesure

Au niveau des matériaux technologiques, différents instruments électroniques peuvent être utilisés pour effectuer les mesures de saut.

Les plus courants vont être :

- les **plateformes de contact** ou de **force** qui sont les **plus utilisées**, il en existe aussi à infrarouge
- les **accéléromètres**
- les **caméras infrarouges** ou à **haute vitesse**

## 1.5 Les étirements

### 1.5.1 Définition

Le terme « **étirement** » trouve ses origines au sein de la littérature anglosaxonne.

Ce nom provient du mot « **stretching** » qui lui-même est dérivé du verbe « to stretch » qui signifie « étirer ». En France, les 2 termes sont employés par abus de langage[57].

Cependant, il est important de distinguer ces deux termes car les étirements représentent un geste technique de rééducation et le stretching une séance à part entière de rééducation où sont réalisés uniquement des étirements.

D'autre part, les étirements sont synonymes d'assouplissement mais leurs définitions exactes diffèrent par leur action physiologique.

- **L'assouplissement** va plutôt agir sur l'articulation. Il va consister à allonger le tissu conjonctif. Il va donc agir au niveau des tendons, ligaments et capsules articulaires plutôt que sur les muscles. L'objectif va être d'augmenter l'amplitude articulaire par rapport à l'amplitude normale.
- **L'étirement**, quant à lui, va avoir une action ciblée au niveau du muscle. Il va agir au niveau de la structure musculo tendineuse. Il va à la fois entraîner un allongement du muscle et un assouplissement. En agissant sur les fibres musculaires il va entraîner une augmentation de leur élasticité et un gain d'amplitude articulaire.

En conclusion, les techniques d'étirements et d'assouplissements sont combinées et permettent d'augmenter d'une manière générale notre souplesse[58][59].

Il n'existe pas une définition « unique et vraie » des étirements car à l'heure actuelle de nombreuses définitions sont retrouvées dans la littérature scientifique. Chaque auteur explique selon lui le principe d'un étirement et son objectif.

- ~ D'après **Waymel T.** : « le but des étirements est l'acquisition de la qualité de souplesse permettant de réaliser un geste ou une suite de geste avec un maximum d'amplitude et d'harmonie »[60].
- ~ Pour **Canal M.** : le terme de stretching « recouvre toutes sortes de pratiques, mais historiquement correspond à la vulgarisation des techniques réflexes mises au point par Kabat, Knott et Voss dans le courant des années 50 sous le nom de Facilitation Proprioceptive Neuromusculaire »[61].
- ~ D'après **Maquaire P.** : « les étirements sont des exercices destinés à améliorer la mobilité par un allongement progressif du muscle au maximum de son amplitude »[62].

- ~ Selon **Weineck J.** : « la souplesse articulaire (concerne la structure des articulations) et la capacité d'étirement (concerne les muscles, les tendons, les ligaments et les structures capsulaires) doivent être considérées comme des composantes de la souplesse et des sous-catégories de celles-ci »[63].

## 1.5.2 Anatomie du muscle strié squelettique

Les muscles « participent à diverses fonctions essentielles à la vie de l'organisme (respiration, digestion..) et à son adaptation au milieu environnant (locomotion, thermorégulation..) »[64]. Leurs caractéristiques fonctionnelles et anatomiques vont être différentes selon leur catégorie.

Les cellules musculaires, myocytes, vont former différents types de tissus musculaires. Il existe 3 grandes catégories de muscles : les muscles lisses, cardiaques et striés squelettiques.

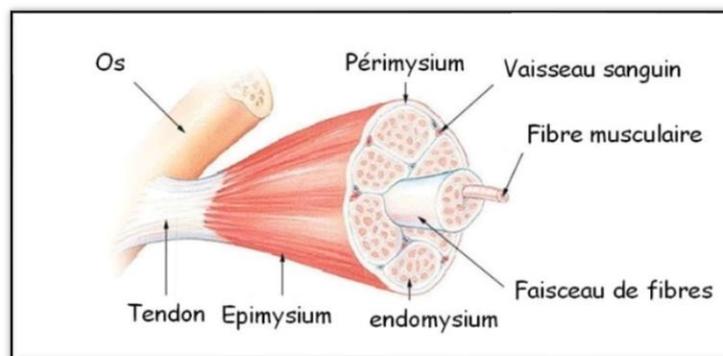
Les muscles étudiés dans l'appareil locomoteur sont les muscles striés. Ils vont être classés selon leur morphologie[65]. Les **muscles striés squelettiques** sont donc retrouvés au niveau du squelette, ils se fixent aux os via les tendons des muscles.

### 1.5.2.1 Les éléments en présence

Le muscle strié squelettique est composé de **faisceaux musculaires** qui vont être entourés de tissu conjonctif. Chaque faisceau comporte plusieurs fibres musculaires. C'est par la contraction de ces fibres musculaires que découle la production d'un mouvement.

Le **tissu conjonctif** est composé de plusieurs enveloppes :

- externes : les aponévroses et fascias
- internes : l'endomysium recouvre chaque fibre, le périmysium recouvrant chaque faisceau et l'épimysium qui recouvre l'ensemble des faisceaux musculaires



**Figure 4 : Composition anatomique du muscle strié squelettique**[66]

Les fibres musculaires vont être constituées de **myofibrilles** ainsi que de plusieurs noyaux. Elles vont être vascularisées par un réseau anastomotique de capillaires sanguins et innervées par des motoneurones.

Chaque myofibrille va être composée d'un enchainement successif de **sarcomère**, chacun délimité par des stries Z (disque Z).

Ce sont ces myofibrilles qui vont donner l'aspect strié au muscle et vont constituer le support de la contraction musculaire par leurs composantes contractiles.

Le sarcomère va désigner les **plus petites unités contractiles fonctionnelles et anatomiques** des myofibrilles. Formé par les myofilaments, sa structure s'oriente dans le sens de la myofibrille longitudinalement.

Les 2 types de myofilaments retrouvés vont être constitués :

- **d'actine** : ils sont fins et vont être rattachés aux stries Z
- **de myosine** : ils sont épais et vont se situer au centre du sarcomère et vont représenter la bande sombre

Selon les zones du sarcomère différentes bandes vont être délimitées :

- bande **A** : constituée d'actine et de myosine
- bande **I** : composée d'actine et d'alpha-actinine
- bande **H** : constituée uniquement de myosine

Lors d'une contraction musculaire, le sarcomère va se rétrécir. Les myofilaments d'actine vont glisser sur les myofilaments de myosine ce qui va entraîner un raccourcissement voire une disparition de la bande H, un rétrécissement de la bande I ainsi qu'un rapprochement des disques Z.

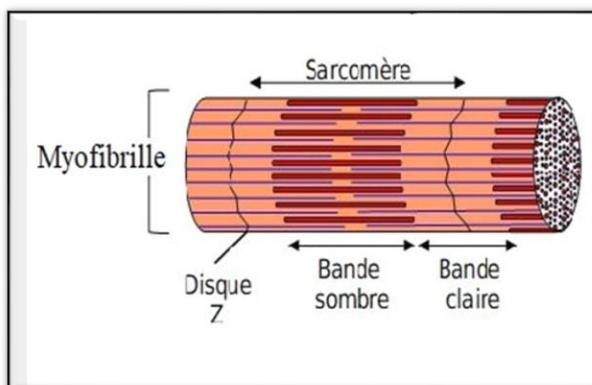


Figure 5 : Composition d'une myofibrille[67]

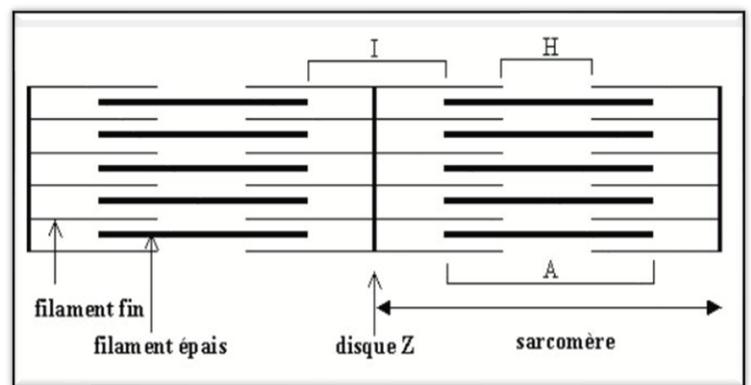


Figure 6 : Le sarcomère, l'unité contractile[68]

### 1.5.2.2 Propriétés musculaires

La découverte des propriétés fondamentales d'un muscle remonte à des centaines d'années.

En 1791 Galvani a démontré qu'après stimulation électrique, un **muscle** était capable de réagir et de se **contracter**[69]. En 1905, la **tonicité** des fibres musculaires a été démontré sur des cellules musculaires du cœur par Mackenzie[70].

Suite aux nombreuses études qui ont suivi, l'électromyographie et l'étude de la conduction nerveuse sont nés. Au cours des siècles, de nombreux chercheurs ont continué à étudier ses potentiels d'actions musculaires[71].

En parallèle, d'autres auteurs ont étudiés le phénomène **d'excitabilité** et de contraction musculaire via des myographes ou encore par la production de chaleur[72][73].

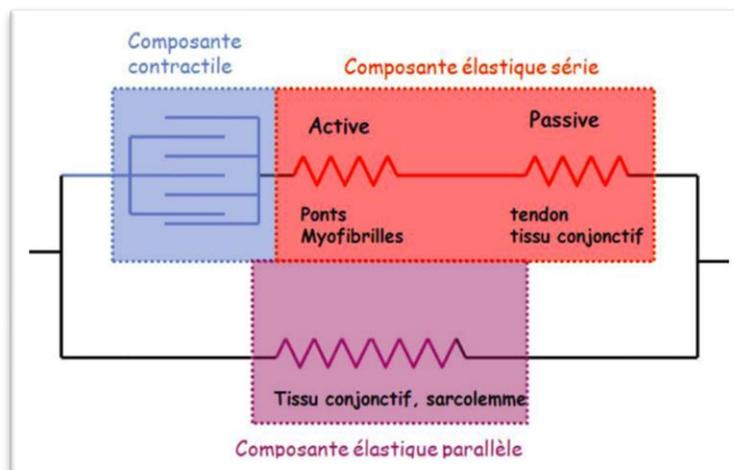
C'est lors des années 1950 que les notions d'élasticité et de plasticité musculaires ont été démontrées. Des scientifiques ont mis en évidence que les éléments fibrillaires étaient capables de s'allonger et de reprendre leur forme initiale après relâchement de tensions[74][75]. De plus, le modèle de Hill a été révisé et revalidé en concluant sur le fait que le sarcomère était une structure élastique représentant l'élasticité en série[76][77].

Ainsi les propriétés essentielles des muscles striés se retrouvent au nombre de 5 :

- ~ L'**excitabilité** : capacité du muscle à réagir à un stimulus par la production d'un potentiel d'action électrique
- ~ La **contractilité** : faculté du muscle à contracter l'ensemble de ses fibres afin de produire une contraction (isométrique, concentrique ou excentrique)
- ~ La **tonicité** : capacité du muscle à conserver son tonus, par une contraction permanente
- ~ L'**élasticité** : propriété du muscle à s'étirer en allongeant ses fibres puis à reprendre sa longueur initiale
- ~ La **plasticité** : capacité du muscle à s'étirer et à maintenir sa position après l'arrêt des contraintes

### 1.5.2.3 Le modèle de Hill modifié par Shorten

C'est un modèle décrit par Hill (1938) amélioré par Shorten (1987) associant le muscle à un modèle mécanique expliquant les **propriétés contractiles et élastiques** du muscle strié squelettique selon 3 composantes principales[78] :



**Figure 7 : Le modèle de Hill[78]**

- ~ La **composante contractile (CC)** représente le « générateur de force » correspondant aux ponts d'actine-myosine
- ~ La **composante élastique parallèle (CEP)** composée du tissu conjonctif et du sarcolemme, elle va s'opposer à l'allongement du muscle lors de sa contraction
- ~ La **composante élastique en série (CEE)** ses éléments tendineux représentent la partie passive et les ponts d'actine-myosine sa partie active

### 1.5.3 Biomécanique des étirements

Différentes structures anatomiques vont être mises en jeu lors de la réalisation d'un étirement musculaire. Les structures du muscle strié squelettique vont subir des déformations physiques en réponse à l'étirement.

Selon G.Christophe[79] les éléments concernés par l'étirement sont « la jonction myo-tendineuse, la jonction tendon-os, le tendon, les enveloppes musculaires, les aponévroses ».

- ~ La structure du sarcomère va se modifier. En s'étirant, le muscle va modifier sa longueur en augmentant de **20 à 50%** par rapport à sa position de repos.
- ~ Au niveau de la jonction myotendineuse : le tendon va être étiré alors que le muscle va se raccourcir.

### 1.6 Les différents types d'étirements

Il existe 3 grands types d'étirements : statiques, dynamiques et de type PNF qui vont être résumés dans des tableaux dans les parties qui vont suivre.

D'autre part, selon le type d'étirement, 3 techniques différentes peuvent être utilisées afin de le réaliser. Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des étirements passifs, actifs ou activo-passif[80][81][82].

<u>Etirement</u>	<u>Passif</u>	<u>Actif</u>	<u>Activo-passif (CRE)</u>
<u>Critères</u>			
<u>Définition</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Allongement lent d'un muscle ou groupe musculaire</li> <li>○ Sans contraction, en utilisant une force extérieure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Allongement musculaire avec une contraction d'un autre muscle ou groupe musculaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Combinaison du contracter, relâcher, étirer d'un muscle ou même groupe musculaire</li> </ul>
<u>Principes</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lutter contre les courbatures et l'enraidissement</li> <li>○ Accélère le flux circulatoire veineux</li> <li>○ Rééquilibre les tensions musculaires</li> <li>○ Mise en tension des capsules et des ligaments</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Augmente la température musculaire</li> <li>○ Accélère la circulation sanguine</li> <li>○ Stimule la jonction myotendineuse</li> <li>○ Stimulation neuromusculaire (récepteurs tendineux et musculaires)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gain d'amplitude articulaire</li> <li>○ Meilleure souplesse</li> <li>○ Meilleure tolérance du système neuromusculaire pour les amplitudes de mouvement</li> </ul>

**Tableau 1 : Les différentes techniques d'étirements**

### 1.6.1 Les étirements statiques [83][84][85]

<u>Définition / Principes</u>	<u>Effets +/-</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ mise en tension lente et progressive du muscle ou groupe musculaire</li> <li>○ allongement du segment par le biais d'une aide extérieure/manuelle/pesanteur</li> <li>○ sans à-coups</li> <li>○ tension exercée infradouloureuse et progressive</li> <li>○ éviter une activation du réflexe myotatique (contraction musculaire)</li> <li>○ maintien de la position (10 secondes à 1 minute)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>effet positif après un effort : en récupération</b></li> <li>○ augmenter la souplesse musculaire</li> <li>○ diminuer les courbatures</li> <li>○ augmenter la tolérance à la douleur</li> <li>○ <b>effet négatif avant un effort : lors de l'échauffement</b></li> <li>○ diminue les performances de force, de puissance, de vitesse et d'agilité</li> </ul>

**Tableau 2 : Les étirements statiques**

### 1.6.2 Les étirements dynamiques [86][87][88]

<u>Définition / Principes</u>	<u>Effets +/-</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ mise en tension par à coups</li> <li>○ allongement par contraction isométrique (agoniste/antagoniste)</li> <li>○ utilisation de l'élan du mouvement</li> <li>○ pas de maintien de la position</li> <li>○ rapidité et répétition d'exécution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>effet positif avant un effort :</b></li> <li>○ augmente les performances de force, de puissance, de vitesse et d'agilité</li> <li>○ augmenter la température</li> <li>○ augmenter les amplitudes articulaires</li> <li>○ augmenter la souplesse</li> </ul>

**Tableau 3 : Les étirements dynamiques**

Un sous type d'étirement dynamique nommé « **étirement balistique** » est aussi retrouvé.

Les principes restent « les mêmes » ce sont les paramètres temps/vitesses/répétitions qui vont varier.

Cette technique d'étirement consiste à réaliser un étirement dynamique sous forme d'à-coups. La contraction d'un groupe musculaire va engendrer un mouvement d'étirement de muscles opposés. La notion de rapidité et de répétition du mouvement est aussi à prendre en compte dans les étirements balistiques.

### 1.6.3 Les étirements de type PNF [89][90]

<u>Définition / Principes</u>	<u>Effets +/-</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Technique d'étirement par réflexes myotatique</li> <li>○ relâcher les tissus en étirant de façon activo-passive</li> <li>○ principe de stimulation ou d'inhibition simultanée des récepteurs sensitifs</li> <li>○ utilisation de différents stimuli (superficiel, profond)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ relâcher les structures musculaires</li> <li>○ augmenter l'amplitude de mouvement articulaire (ROM)</li> </ul>

**Tableau 4 : Les étirements PNF**

## 1.7 Objectif de la revue

Il a été mis en évidence que les étirements occupaient une place fondamentale dans le domaine sportif et rééducatif. Selon le type d'étirement réalisé, l'effet physiologique sur les muscles et les tendons sera différent et donc n'aura pas le même impact sur la performance réalisée.

Une étude a évalué l'efficacité d'un échauffement et d'un ré-échauffement sur les performances physiques de jeunes joueurs de football. Les étirements statiques ont démontré une diminution des performances physiques ultérieures alors que les étirements dynamiques ont augmenté positivement leurs performances[91].

Comme nous l'avons précédemment dans le début de notre introduction, les mêmes observations sont retrouvées : les étirements dynamiques ont des plus grands bienfaits comparés aux autres étirements avant un effort physique.

Cela a aussi été mis en évidence dans une autre étude qui a comparé l'impact des étirements statiques et dynamiques sur la production de force explosive lors d'un échauffement[92]. C'est par le biais de tests fonctionnels que les performances de saut verticaux ont été évaluées. Leur conclusion montre encore une fois de meilleurs résultats après des étirements dynamiques. Les étirements entraînent un impact qui semble positif sur les performances physiques et notamment sur les performances de saut. Intégrer des étirements dynamiques lors d'un échauffement, pourraient ainsi améliorer les performances de saut des sportifs.

A ce jour, aucune revue n'a encore rassemblé toutes ses études cliniques afin de prouver ou non l'intérêt des étirements dynamiques dans l'amélioration des performances de saut.

La problématique à laquelle cette revue va donc tenter de répondre est la suivante :

### **Lors de l'échauffement, les étirements dynamiques permettent-ils d'améliorer les performances de saut ?**

L'objectif de notre travail va être de valider ou non cette problématique en recherchant et en analysant des études scientifiques. Cela nous permettra de répondre à plusieurs hypothèses :

- ~ Les étirements dynamiques augmentent de manière significative les performances de saut
- ~ Les étirements dynamiques sont plus efficaces que d'autres types d'étirements
- ~ Les étirements dynamiques présentent une utilité lors de l'échauffement
- ~ Des essais cliniques supplémentaires doivent être réalisés pour répondre à la problématique

## **2 MÉTHODE**

### **2.1 Critères d'éligibilité des études pour cette revue**

#### **2.1.1 Les types d'études sélectionnées**

L'objectif de la revue de littérature est de déterminer si les étirements dynamiques sont efficaces chez des jeunes sportifs pour améliorer leurs performances de saut. La question clinique est donc de type **thérapeutique**, elle va étudier l'efficacité d'une pratique expérimentale dans l'amélioration d'une capacité physiologique.

#### **2.1.2 Le type de population ciblé**

Les études incluses devront définir de manière précise leurs différents critères de sélection de leur participants (critères d'inclusion et d'exclusion).

Nous incluons dans la revue de littérature uniquement des **jeunes sportifs** en bonne santé et physiquement actifs. L'âge devra être pris en compte mais pas le sexe de la personne.

Il faudra que la tranche d'âge soit comprise entre 12 et 35 ans.

Aucun sport ne sera exclu car la revue de littérature cherche à comparer un protocole qui pourrait s'appliquer à n'importe quel sportif lors d'un échauffement.

Une hétérogénéité potentielle des résultats au niveau du sexe et du sport devra sûrement être prise en compte.

### 2.1.3 L'intervention choisie

L'intervention correspondra à la réalisation d'**étirements dynamiques** lors de l'échauffement.

La réalisation des étirements devra préciser certains paramètres comme :

- ~ le temps de maintien
- ~ le nombre de répétition
- ~ le nombre de séries

### 2.1.4 Comparateur utilisé

L'objectif de notre revue est de comparer l'effet des étirements dynamiques à d'autres types d'étirements et d'évaluer leur impact sur les performances de saut.

Les différents comparateurs seront donc représentés par :

- ~ **les autres types d'étirements** (statiques, balistiques ou PNF)
- ~ **l'absence d'étirement** (groupe contrôle)

### 2.1.5 Le critère de jugement établi

La revue de littérature cherche à étudier l'amélioration ou non des sauts verticaux à la suite de différents étirements.

La **hauteur du saut** sera donc notre **critère de jugement principale**.

Elle sera évaluée par les différents tests de références :

- ~ CMJ
- ~ SJ
- ~ DJ

## 2.1.6 Nos critères d'inclusion et d'exclusion

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble de nos critères d'inclusion et d'exclusion pour notre revue :

Critères Relatif à/aux	<u>D'inclusion</u>	<u>D'exclusion</u>
<u>Articles</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Langue française ou anglaise</li> <li>- Etudes datant d'au moins 2010 (sinon considérée comme trop ancienne)</li> <li>- Essais cliniques randomisés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les doublons</li> <li>- Autres types d'études (cohorte, prospectives, cas/témoins..)</li> <li>- Autres langues</li> <li>- Etudes trop anciennes datant d'avant 2010</li> </ul>
<u>Population</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jeunes sportifs âgés de 12 à 35 ans</li> <li>- Expérience dans le sport et/ou la compétition</li> <li>- Physiquement actifs, en bonne santé</li> <li>- Fréquence de sport d'au moins 5h/sem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personnes ne respectant pas la tranche d'âge</li> <li>- Personnes sédentaires, ne pratiquant pas de sport</li> <li>- Personnes blessées ou présentant des limitations fonctionnelles</li> </ul>
<u>Protocole d'intervention</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un groupe doit réaliser des étirements dynamiques</li> <li>- La comparaison doit se faire par rapport à un autre type d'étirement ou à un groupe contrôle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervention et comparateur différent (Pas d'étirement dynamiques choisis et/ ou non comparés à d'autres types d'étirements)</li> </ul>

**Tableau 5 : Critères d'inclusions et d'exclusion de nos études**

Nous tenons à préciser que la qualité méthodologique des études recherchées ne sera pas considérée comme un critère d'inclusion ou d'exclusion pour notre revue.

Le sujet choisi cible une intervention spécifique sur des performances de saut, le nombre d'études traitant uniquement des sauts verticaux reste modéré voir faible. Nous ne voulons pas exclure d'articles qui traiteraient de ce sujet.

Même si une lecture du résumé puis de l'intégralité de l'étude pourra potentiellement nous orienter sur leur qualité méthodologique, cela se confirmera seulement lors de l'évaluation par les critères de l'échelle Pedro. Cela constituera donc un biais potentiel de notre revue à prendre en compte dans nos résultats.

### 2.1.7 Synthèse de notre méthode d'éligibilité

Nous pouvons donc ainsi résumer la méthode d'éligibilité des études selon le modèle **PICO** :

<u>Population</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Sportifs</b> jeunes et en bonne santé, physiquement actifs</li> </ul>
<u>Intervention</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Étirements dynamiques</b> réalisé lors de l'échauffement</li> </ul>
<u>Comparateur</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Autres types d'étirements : <b>statiques, balistiques, PNF</b> ou <b>aucun étirement</b></li> </ul>
<u>Critère de jugement (Outcome)</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Principale : hauteur du saut</b> évaluée par les tests de références (CMJ, SJ, DJ)</li> </ul>

**Tableau 6 : Modèle PICO des études éligibles à la revue de littérature**

## 2.2 Méthodologie de recherche des études

### 2.2.1 Les sources documentaires investiguées

Les recherches des articles s'effectueront sur différentes bases de données scientifiques (Pubmed, Pedro, Cochrane Library, Google scholar ou encore kinédoc). Celles ou les résultats seront les plus importants et pertinents seront gardées.

Lors des premières recherches les types d'études, leurs formats, langues ou encore dates de publication ne seront pas prédéfinies afin d'obtenir un résultat maximal de données.

D'autre part, la consultation de ressource internet (sites ou blogs scientifiques), livres, mémoires ou thèses de fin d'études pourront être utilisées pour aider à la recherche et rédaction de la première partie du mémoire.

## 2.2.2 Les équations de recherche utilisées

Chaque base de données aura sa propre équation de recherche afin d'obtenir des résultats significatifs. Les mots clés choisis pour nos équations seront traduits en anglais pour certaines bases de données.

De plus, nous chercherons des synonymes de nos mots clés grâce à l'application « Mesh » afin d'obtenir un nombre plus conséquent d'articles traitant de notre sujet.

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des mots clés trouvés :

<u>Mots clés en français</u>	<u>Traduction anglaise</u>	<u>Synonymes trouvés</u>
<u>Protocole</u>	Warm up	- Protocol - Program
<u>Étirements dynamiques</u>	Dynamic Stretching	- Active stretching - Dynamic exercise
<u>Performance de saut</u>	Jump performance	- Vertical jump - Athletic performance - Sport Performance
<u>Effets des étirements</u>	Stretching effects	- Acute effects - Efficacy of stretching - Effectiveness of stretching

**Tableau 7 : Les mots clés des équations de recherche : traductions et synonymes**

Nous avons donc établi nos différentes équations de recherches en sélectionnant **certaines mots clés** selon le **modèle PICO** :

- ~ Population : athletics, young players
- ~ Intervention : dynamic stretching, stretching effects, acute effect of stretching
- ~ Comparateur : warm up of stretching, protocol
- ~ Outcome : performance, jump performance, vertical jump

Lors de nos recherches initiales, des résultats conséquents ont été obtenus seulement sur 3 de nos bases de données. Les résultats trouvés sur Google scholar ainsi que kinédoc étaient trop disparates et ne traitaient pas notre sujet.

C'est donc sur **Pubmed**, **Pedro** et **Cochrane** que nous avons effectué nos recherches finales et garder l'ensemble des articles trouvés.

Le tableau ci-dessous présentent nos différentes équations de recherche selon la base de donnée utilisée :

<u>Pubmed</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (((((athletics) OR (players)) OR (sport)) AND (((dynamic stretching) OR (acute effects of stretching)) OR (stretching effect))) AND ((stretching warm up) OR (stretching protocol))) AND ((jump performance) OR (vertical jump))</li> </ul>
<u>Pedro</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ "Dynamic Stretching" AND "Warm up*" AND "Stretching" AND "Jump Performance"</li> </ul>
<u>Cochrane</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ "Dynamic Stretching" AND "Jump performance" AND "Warm ups"</li> </ul>

**Tableau 8 : Les différentes équations de recherche selon les bases de données**

## 2.3 Méthode d'analyse et d'extraction des données

### 2.3.1 Sélection des études

Après avoir recherché les articles dans les différentes bases de données via nos équations de recherche, la sélection des études se fera selon les différentes étapes suivantes :

- ~ **Suppression des doublons** : après lecture du titre seront exclus les articles retrouvés en double dans les 3 différentes bases de données
- ~ **Identification du sujet et du type d'étude** : après lecture du titre seront exclus les articles non pertinents ainsi que les revues de littérature ou autre
- ~ **Lecture du résumé et inclusion d'essais cliniques randomisés** : les articles ne remplissant pas les critères du modèle PICO, n'étant pas rédigés en français ou en anglais seront exclus
- ~ **Lecture intégrale des articles sélectionnés** : les études éligibles à la lecture intégrale qui auront un protocole expérimental trop différent seront exclus

### 2.3.2 Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

Afin d'évaluer la qualité des études sélectionnées différentes échelles sont retrouvées.

L'**échelle PEDro** (voir Annexe 1) fait partie d'une des échelles les plus adaptées pour évaluer les études cliniques randomisées c'est donc celle-ci qui sera utilisée.

Elle a été créée par le Center for Evidence-Based Physiotherapy en Australie. Elle a été développée afin de permettre aux chercheurs d'évaluer la qualité des essais clinique en mesurant leur validité interne.

L'échelle va donc évaluer l'exactitude des mesures observées et déterminer si les résultats sont interprétables ou non. Elle se compose de 11 items, noté de 1 à 11. Le calcul du score total est ramené sur 10, avec 1 point attribué pour chaque critère rempli.

Ainsi plus le résultat se rapprochera de 10, plus grande sera la qualité de l'étude randomisée.

Voici une explication des différents critères :

- ~ Le **critère 1** se rapporte à la validité externe de l'étude, il n'est pas pris en compte dans le score total
- ~ Les **critères 2 à 9** évaluent la validité interne de l'étude
- ~ Les **critères 10 et 11** évaluent les informations statistiques

### 2.3.3 Extraction des données

L'ensemble des informations seront détaillées et expliquées dans différentes parties afin de présenter et de comparer toutes les données des études entre elles.

Un tableau synthétisera à la fin les données principales de chaque étude avec les informations suivantes :

- ~ **Données bibliographiques** : titre, auteurs, date de publication
- ~ **Type d'étude**
- ~ **Taille de l'échantillon** : nombre de participants
- ~ **Caractéristiques des participants** : âge, sexe, type de sport, temps d'entraînement
- ~ **Procédure d'intervention** : modalités de la procédure d'échauffement
- ~ **Comparateur** : types d'étirements utilisés
- ~ **Critères de jugements** : leurs caractéristiques et méthodes de mesures
- ~ **Durée du traitement**

### 2.3.4 Synthèse des résultats

La totalité des données sera expliquée et détaillée selon le critère de jugement principal et la et/ou les méthode(s) d'évaluation utilisée(s) dans chaque étude.

Afin d'évaluer et de quantifier les résultats obtenus, une analyse statistique sera effectuée, plusieurs paramètres seront pris en compte :

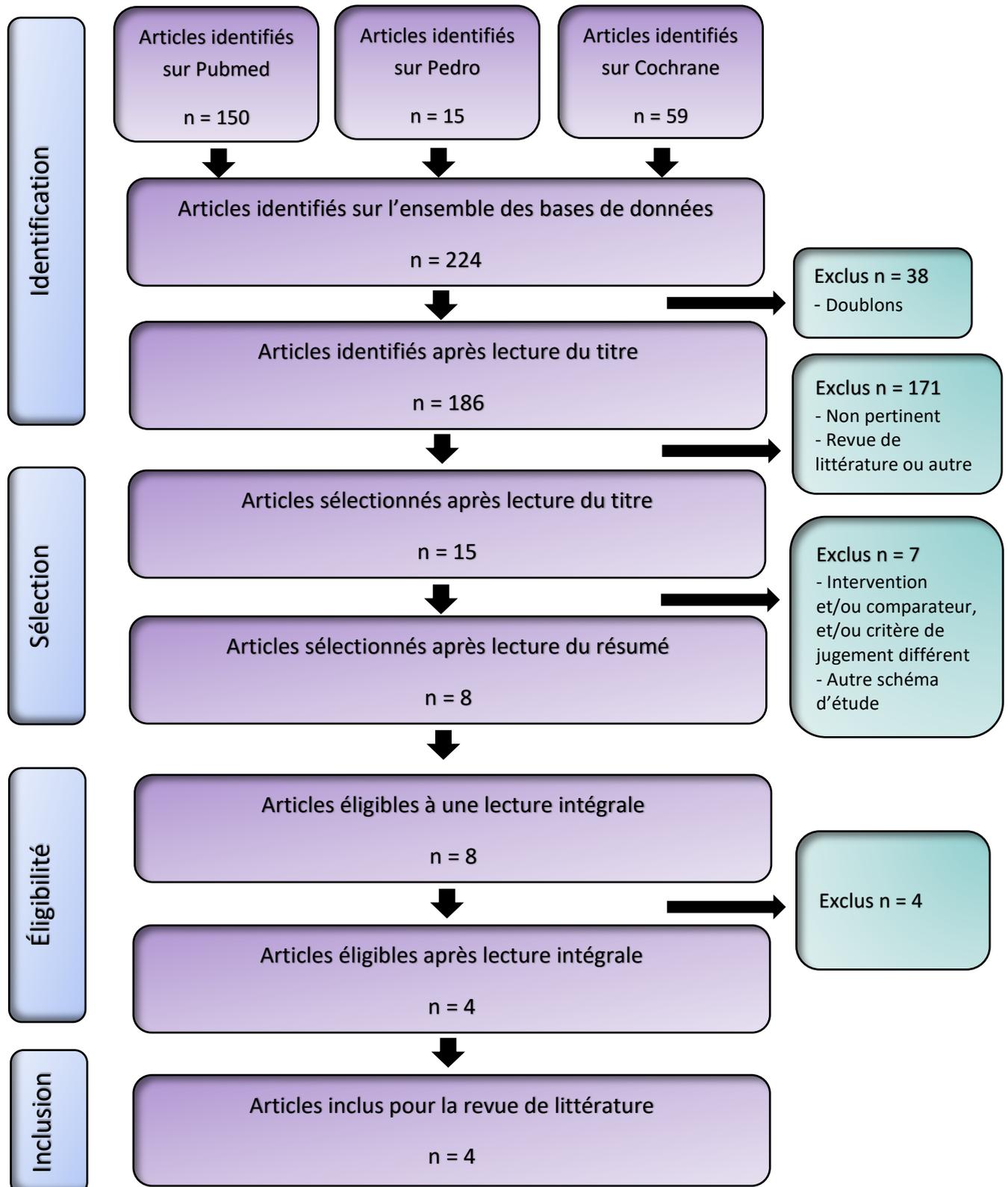
- la valeur du **p-value** qui devra être inférieure à 5% pour tous les résultats récoltés
- la **différence inter-groupe**, qui correspond à la **taille de l'effet** du traitement
- l'**intervalle de confiance à 95%** de cette taille d'effet

Cela permettra ainsi de prouver ou non un **lien de cause à effet** entre l'utilisation des **étirements dynamiques** dans **l'amélioration des performances de saut** et donc de valider ou non nos hypothèses afin de répondre à notre problématique.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 Description des études

##### 3.1.1 Diagramme de flux



### 3.1.2 Études exclues de la revue

Le diagramme de flux représenté ci-dessus permet de résumer les différentes étapes qui nous ont permis d'intégrer les articles au sein de notre revue de littérature.

A partir de nos équations de recherche un total de 224 articles a été trouvé sur les 3 différentes bases de données utilisées (Pubmed, Pedro et Cochrane) :

- ~ **Après lecture des différents titres : 38** de ces articles ont été retrouvés en double et ont été exclus. Nous étions donc sur une nouvelle base de 186 articles.
- ~ **Après lecture des titres : 171** articles ont été exclus. Le sujet traité était soit différent ou non pertinent et le type d'étude ne correspondait pas à des essais cliniques randomisés (revues de littérature ou autres).
- ~ **Après lecture de l'abstract** : sur l'ensemble des 15 articles sélectionnés, **7** articles ont été exclus, le tableau ci-dessous résume les différentes raisons de leur exclusion :

<u>Articles exclus après lecture du résumé</u>	<u>Raison de l'exclusion</u>
Martin Loughran <sup>1</sup> , Philippe Glasgow <sup>2</sup> [93]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Protocole d'intervention différent</b> : évaluation d'étirements statiques et dynamiques combinés pas de comparaison entre eux</li> </ul>
Samuel Montalvo <sup>1</sup> , Sandor Dorgo <sup>2</sup> [32]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Accès de l'article</b> : téléchargement complet de l'article impossible</li> </ul>
Eric D Ryan <sup>1</sup> , Kenneth L Everett , Doug B Smith , Christie Pollner [94]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Intervention et comparateur différents</b> : Protocole de différents étirements dynamiques comparés entre eux uniquement</li> </ul>
Iain M Fletcher <sup>1</sup> [95]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Intervention et comparateur différents</b> : Protocole de différents étirements dynamiques comparés entre eux uniquement</li> </ul>
Avery D. Faigenbaum <sup>1</sup> , Mario Bellucci , Angelo Bernieri [96]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Accès de l'article</b> : téléchargement complet de l'article impossible</li> </ul>
Robert A Needham <sup>1</sup> , Christophe Ier Morse , Hans Degens[97]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Protocole expérimental différent</b> : réalisation du saut avec résistance ajoutée 20% de masse corporelle (DSR) et de saut suivi de sprints</li> </ul>
Amir Vazini Taher <sup>1</sup> , Abdolhossein Parnow <sup>2</sup> [98]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Intervention et comparateur différents</b> : Différents échauffements spécifiques au football (étirements statiques, programme FIFA 11+)</li> </ul>

**Tableau 9 : Les 7 études exclues de la revue de littérature**

**Après lecture intégrale** : sur les 8 articles éligibles à notre revue de littérature **4** articles ont été exclus : les protocoles d'interventions étaient trop différents des autres études. Le type d'échauffement et la durée variée d'une étude à l'autre :

- ~ Kruse NT, Barr MW, Gilders RM, Kushnick [99] : l'échauffement était effectué sur un vélo ergomètre, 1 kg de résistance était programmé avec une cadence de 60 RPM pendant 5 minutes.
- ~ Jason R. Jagers<sup>1</sup>, Ann M Swank [100] : l'échauffement était effectué en marchant sur un tapis roulant en gardant un rythme confortable préalablement sélectionné pendant 5 minutes.
- ~ Brady W Holt<sup>1</sup>, Kate Lambourne [101] : l'échauffement était effectué sur un tapis roulant, les participants commençaient par courir 1 minute à 4 miles/h et augmentaient de 1 mile/h toutes les minutes pendant 5 minutes.
- ~ Bryan K. Christensen<sup>1</sup>, Brad J Nordstrom [102] : l'échauffement correspondait bien à une course mais elle était non chronométrée, aucune limite de temps n'a été définie. Cela consistait à 600m de jogging en réalisant 3 tours autour d'une piste de 200m.

L'objectif de la revue étant d'étudier l'impact des étirements dynamiques lors d'un protocole d'échauffement sur des performances, une différence retrouvée au niveau du type de préparation physique ne peut être négligée pour notre revue. Les 3 étapes de l'intervention : type d'échauffement, protocole d'étirement et la réalisation des sauts doivent être le plus similaires afin de garder une certaine homogénéité pour nos comparaisons.

C'est donc avec un total de **4 articles** présentés dans le tableau qui suit que nous allons réaliser notre revue de littérature. L'étude de Laura Pachéco<sup>1</sup> et al [103] a limité le temps de course à 10 minutes alors que les 3 autres études on définit un temps de 5 minutes.

Cela est à prendre en compte et pourra constituer un biais potentiel mais l'intégration de l'étude dans notre revue reste tout de même pertinente par sa méthodologie d'intervention et le calcul de ses résultats.

<u>Titre</u>	<u>Auteur</u>	<u>Date</u>
Acute effects of a warm-up including active, passive, and dynamic stretching on vertical jump performance	Felipe LP Carvalho <sup>1</sup> et al [104]	2012
Effect of static and dynamic stretching on vertical jump performance in collegiate women volleyball players	Kortney J Dalrymple <sup>1</sup> et al [105]	2010
The acute effects of different stretching exercises on jump performance	Laura Pachéco <sup>1</sup> et al [103]	2011
Effect of various warm-up protocols on jump performance in college football players	Jeffrey C Pagaduan <sup>1</sup> et al [106]	2012

**Tableau 10 : Les 4 articles inclus dans la revue de littérature**

### 3.1.3 Études incluses dans la revue

#### 3.1.3.1 La population

##### 3.1.3.1.1 Nombre de participants

La revue de littérature compte un total de 106 participants (47 femmes et 59 hommes).

Le nombre de participants est plutôt faible selon les études :

- ~ Felipe LP Carvalho<sup>1</sup> et al [104] et Kortney J Dalrymple<sup>1</sup> et al [105] ont intégré moins de 20 participants à leur étude (16 joueurs de tennis et 12 joueuses de volleyball)
- ~ Jeffrey C Pagaduan<sup>1</sup> et al [106] compte dans son étude 29 joueurs de football
- ~ Laura Pachéco<sup>1</sup> et al [103] représente l'étude avec le plus de participants avec un total de 49 étudiants inscrits dans un programme de formation professionnelle avancée de « moniteurs d'activités sportives et physiques »

##### 3.1.3.1.2 Critères d'inclusion et d'exclusion

L'âge moyen des participants est de **19±20 ans**, variant de 14 à 30 ans maximum.

Le statut des participants correspond aux critères prédéfinis : être collégien, lycéen ou étudiant.

Les autres critères d'inclusion et d'exclusion retrouvés dans les 4 études étaient que les participants :

- ~ Devaient être exempt de toutes blessures ou de limitations fonctionnelles
- ~ Ne devaient suivre aucun autre programme pendant la durée de l'étude
- ~ Connaissaient toutes les techniques d'étirements et de sauts
- ~ Ont été informé des modalités et des risques de l'étude
- ~ Ont lu et signé un formulaire de consentement éclairé

Trois études ont établi un ratio d'expérience dans le sport et la compétition ainsi qu'une fréquence moyenne de sport par semaine : l'étude de Kortney J Dalrymple<sup>1</sup> et al [105] précise seulement que les 12 joueuses de volley font partie de la division II de la NCAA, nous devinons donc de manière implicite qu'elles ont elles aussi une expérience dans le sport avec un rythme d'entraînement conséquent.

#### 3.1.3.2 L'intervention

##### 3.1.3.2.1 Formation des groupes

La répartition des participants dans les différents groupes s'est faite de manière aléatoire dans toutes les études. Chacune des études a réparti ses participants dans différents groupes :

- ~ Felipe LP Carvalho<sup>1</sup> et al [104] ont réparti leurs 16 participants dans 4 groupes
- ~ Kortney J Dalrymple<sup>1</sup> et al [105] ont réparti leurs 12 participantes dans 3 groupes
- ~ Laura Pachéco<sup>1</sup> et al [103] ont réparti leurs 49 participants dans les mêmes groupes pour chaque étape expérimentale

- ~ Jeffrey C Pagaduan<sup>1</sup> et al [106] ont réparti leurs 29 participants dans les mêmes groupes pour chaque étape expérimentale

#### 3.1.3.2.2 Protocole expérimental

Chaque étude a défini une méthode expérimentale en 3 étapes :

- ~ un échauffement général (course)
- ~ un protocole composé de différents étirements
- ~ la réalisation des sauts

Deux des quatre études incluses (Felipe LP Carvalho<sup>1</sup> et al et Laura Pachéco<sup>1</sup> et al) ont réalisé des pré-sauts après l'échauffement afin de pouvoir calculer une différence intragroupe.

Les étirements inclus dans toutes les études ciblés les muscles des membres inférieurs : quadriceps, ischio-jambiers, triceps suraux. Les consignes pour les différents protocoles d'étirements ont été expliqués par un examinateur qui a fait une démonstration de chaque étirement au préalable. Chaque groupe a ensuite été surveillé par un autre examinateur.

La durée de l'intervention est différente d'une étude à l'autre ce qui pourra présenter un biais pour les résultats obtenus.

#### 3.1.3.2.3 Intervention choisie

Les **étirements dynamiques** sont réalisés dans nos 4 études. Chacun a défini un temps de maintien de l'étirement avec des nombres de répétitions et de séries à faire.

#### 3.1.3.3 Le comparateur

- ~ Felipe LP Carvalho<sup>1</sup> et al [104] ont comparé les étirements statiques passifs, les étirements statiques actifs ou l'absence d'étirements aux étirements dynamiques
- ~ Kortney J Dalrymple<sup>1</sup> et al [105] ont comparé les étirements statiques ou l'absence d'étirements aux étirements dynamiques
- ~ Laura Pachéco<sup>1</sup> et al [103] ont comparé les étirements PNF, les étirements actifs statiques en tension passive ou l'absence d'étirement aux étirements dynamiques
- ~ Jeffrey C Pagaduan<sup>1</sup> et al [106] ont comparé les étirements statiques ou l'absence d'étirements aux dynamiques

Deux des quatre études ont défini un groupe contrôle où les participants ne réaliseront aucun type d'étirement et resteront au repos après la phase d'échauffement en attendant de réaliser les différents sauts. Les deux autres études sont de types « **cross over** » :

- ~ Jeffrey C Pagaduan<sup>1</sup> et al [106] ont remplacé les groupes témoins et expérimentaux par des essais de saut en CMJ une minute après l'intervention réalisée. Un intervalle de 48h sépareit les séances.
- ~ Laura Pachéco<sup>1</sup> et al [103] ont décidé que les 4 groupes devaient entreprendre le même exercice d'étirement lors des séances. Un intervalle de 72h sépareit les séances.

### 3.1.3.4 Le critère de jugement

#### 3.1.3.4.1 Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal est la **hauteur du saut**. Nous cherchons à savoir si les performances de saut sont augmentées ou non suite aux étirements. C'est par l'intermédiaire des différentes échelles de référence que ce critère va être évalué.

#### 3.1.3.4.2 Échelles d'évaluation

Toutes les études ont utilisé le CMJ, deux d'entre elles ont aussi utilisé le SJ [104][103] et seulement une étude a évalué la performance de saut aussi par le DJ et l'IE (indice d'élasticité) [103].

Les tests de référence ont chacun leur particularité :

- ~ Le **SJ** évalue la force concentrique
- ~ Le **CMJ** évalue la force explosive et la réutilisation de l'énergie élastique lors de l'inversion d'un mouvement excentrique à concentrique
- ~ Le **DJ** évalue la force explosive balistique réactive
- ~ L'**IE** compare le CMJ au SJ et fournit des informations sur les capacités viscoélastiques et neuromusculaires

#### 3.1.3.4.3 Outils de mesure

Les 4 études ont utilisé différentes plateformes de force électroniques :

- ~ Felipe LP Carvalho<sup>1</sup> et al [104] ont utilisé un tapis Axon Jump (Axon Bioengenaria Desportiva, Buenos Aires, Argentine) avec le logiciel Axon Jump 4.0
- ~ Kortney J Dalrymple<sup>1</sup> et al [105] ont utilisé une plateforme de force Kistler (type 9286AA, Winterthur, Suisse)
- ~ Laura Pachéco<sup>1</sup> et al [103] ont utilisé une plateforme Bosco a été utilisée avec l'ERGO-JUMPSystème Bosco-(Byomedic 2008, Barcelone, Espagne)
- ~ Jeffrey C Pagaduan<sup>1</sup> et al [106] ont utilisé un appareil portatif appelé l'OptoJump System (Microgate, Bolzano, Italie)

Le tableau ci-dessous résume les données globales des études :

<u>Etudes Inclues</u>	Felipe LP Carvalho <sup>1</sup> et al [104] - 2012	Kortney J Dalrymple <sup>1</sup> et al [105] - 2010	Laura Pachéco <sup>1</sup> et al [103] - 2011	Jeffrey C Pagaduan <sup>1</sup> et al [106] - 2012
<u>Type d'étude</u>	<b>ECR</b>	<b>ECR</b>	<b>ECR cross over</b>	<b>ECR cross over</b>
<u>Population choisie</u>	- <b>16</b> joueurs de <b>tennis</b> - Age : <b>14 ans</b> - Expérience dans sport/compétition ≥ 2 ans - Fréquence sport : 8h/sem	- <b>12</b> joueuses de <b>volley</b> division II de NCAA - Age : <b>19 ans</b>	- <b>49 étudiants</b> (H=14, F=35) - Age : <b>18 à 30 ans</b> (moy = 20,4) - Programme de formation : moniteurs sportifs - Fréquence sport : 15 à 20h/sem	- <b>29</b> joueurs de <b>foot</b> - Age : <b>19 ans</b> - Expérience dans sport/compétition > 5 ans - Fréquence sport : 10h/sem pour le foot 3h/sem entraînement physique de force
<u>Intervention</u>	- <b>Echauffement</b> : course (5min) - <b>Pré sauts</b> : SJ x5 CMJ x5 - <b>Etirements</b> : DS (1s pdt 30s) x3	- <b>Echauffement</b> : course (5min) - <b>Etirements</b> : DS (sur 18m x3) = 180s	- <b>Echauffement</b> : course (10min) - <b>Pré sauts</b> : SJ x3 CMJ x3 DJ x3 - <b>Etirements</b> : DS (4s x2)	- <b>Echauffement</b> : course (5min) - <b>Etirements</b> : DS (20s x2) x7
<u>Comparateur</u>	- <b>Gp contrôle</b> - <b>SS passif</b> (15s x3) - <b>SS actif</b> (15s x3)	- <b>Gp contrôle</b> - <b>SS</b> (15s x3)	- <b>P</b> (30s x2) - <b>PNF</b> (15s x3) - <b>PT</b> (6s x3)	- <b>SS</b> (20s x2) x7
<u>Critères de jugements</u>	- <b>Principal</b> : Hauteur du saut (SJ x3) (CMJ x3)	- <b>Principal</b> : Hauteur max du saut (pic JH) (CMJ x5)	- <b>Principal</b> : Hauteur du saut (SJ x3) (CMJ x3) (DJ x3) (IE = indice élasticité)	- <b>Principal</b> : Hauteur du saut (CMJ x3)
<u>Durée</u>	- <b>5 jours</b> : Séance à 15h, 2h après le repas des participants	- <b>3 semaines</b> : 1 séance/sem avec une semaine de repos entre chaque séance	- <b>3 semaines</b> : Séance à 11h, repos de 72h entre chaque séance	- <b>2 semaines et demi</b> : Séance à 8h-10h, repos de 48h entre chaque séance

**Tableau 11 : Synthèse des 4 études incluses dans la revue**

## 3.2 Risque de biais relatif aux études incluses

### 3.2.1 Grille d'évaluation

Le risque de biais des 4 études incluses dans notre revue va être évalué par l'échelle Pedro (voir Annexe 1) au préalable choisie. Elle va nous permettre d'objectiver la validité interne des études et des résultats obtenus. Différents biais peuvent être retrouvés dans les essais cliniques et ainsi altérer et fausser les résultats obtenus. Les principaux sont les suivants :

- ~ **Le biais de sélection** : implique un mauvais recrutement des participants dans les études par leurs caractéristiques trop disparates
- ~ **Le biais d'évaluation** : correspond à la mise en aveugle des participants, thérapeutes et examinateurs
- ~ **Le biais de performance** : signifie qu'il existe une différence au niveau des protocoles expérimentaux, leur application n'est pas réalisée de façon similaire
- ~ **Le biais de détection** : implique une différence entre les groupes dans l'évaluation des critères de jugement principaux et secondaires
- ~ **Le biais d'attrition** : correspond à une différence entre les groupes au début et à la fin de l'étude (abandons ou des perdus de vues), il fait référence à l'intention de traiter
- ~ **Le biais de suivi** : implique que les différents groupes n'ont pas été suivi de façon similaire

Ainsi la qualité méthodologique d'une étude doit être correctement évaluée afin d'authentifier sa validité interne. C'est par l'ensemble des 11 items de l'échelle Pedro qu'un score total sera ramené sur 10, avec 1 point attribué pour chaque critère rempli.

Les différents critères étant détaillés dans l'annexe, le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des scores totaux calculés des quatre études :

Critères Etudes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score Total sur 10
	Felipe LP Carvalho <sup>1</sup> et al [104]	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	
Kortney J Dalrymple <sup>1</sup> et al [105]	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3/10
Laura Pachéco <sup>1</sup> et al [103]	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	7/10
Jeffrey C Pagaduan <sup>1</sup> et al [106]	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4/10

**Tableau 12 : Evaluation de la qualité méthodologique des études par l'échelle Pedro**

### 3.2.2 Biais identifiés

Sur nos 4 études, plus de la moitié [104] [105] [106] ont obtenu un score en dessous de la moyenne car leur évaluation méthodologique est de trop faible qualité.

Seulement une étude [103] présente un niveau de validité interne satisfaisant en étant scoré à 7/10 selon les différents critères de l'échelle.

Globalement, l'ensemble des 4 essais cliniques présentent différents biais dans leurs étapes expérimentales.

#### 3.2.2.1 Biais de sélection

L'assignation secrète des différents participants n'a pas été appliqué dans l'ensemble de nos études. Aucune information n'a été donné sur le moyen utilisé (enveloppes cachetées ou tirage au sort) pour répartir les participants dans leur groupe.

Le recrutement des participants ainsi que leur répartition n'ont potentiellement pas été effectué de façon neutre.

#### 3.2.2.2 Biais d'évaluation

Aucune différence ne doit être faite entre les groupes expérimentaux et contrôle à la fois par les participants et par les examinateurs. Cependant, la mise en aveugle des participants, thérapeutes et examinateurs n'a pas été respecté dans ces trois études [104] [105] [103].

#### 3.2.2.3 Biais de suivi

La prise en charge des différents groupes ne sera pas similaire dans les trois études [104] [105] [103]. En effet, elles ne mentionnent pas de façon explicite le nombre de sujets initiaux et le nombre de sujets pour lesquels les mesures ont été effectué.

La mesure pour plus de 85% des sujets n'est respecté que dans l'étude de Laura Pachéco<sup>1</sup> et al [103], sur les 49 participants, 38 ont fourni des mesures complètes et 11 ont fourni des données partielles en raison de blessure ou d'absence aux séances.

#### 3.2.2.4 Biais d'attrition

La mention « en intention de traité » n'a pas été précisé dans l'ensemble des études. Aucune ne précise clairement que tous les participants ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.

### 3.2.2.5 Autres

L'item 11 de l'échelle Pedro n'a été respecté que dans deux études [47] [106].

Dans l'étude de Kortney J Dalrymple<sup>1</sup> et al [105] et de Laura Pacheco<sup>1</sup> et al [103] l'estimation de la variabilité est représentée par les différents écarts types calculés mais la taille d'effet n'a pas été mesurée.

Les différents graphiques sont non conformes par leur représentation et légende incomplètes.

## 3.3 Effet de l'intervention sur le critère de jugement

Le critère de jugement principal retrouvé dans nos 4 études est la mesure de la hauteur du saut vertical. Cependant les tests de références utilisés diffèrent selon les études :

- ~ **4** articles évaluent la hauteur du saut par le **CMJ**
- ~ **2** articles ont également utilisé le **SJ**
- ~ **1** article seulement utilise le **DJ**

L'effet des différents étirements sur la hauteur du saut vertical va donc être détaillé pour chaque type de saut.

### 3.3.1 Évaluation de la hauteur du saut par le CMJ

#### ~ Etude de Felipe LP Carvalho et al

Les auteurs de l'étude ont réalisé des figures graphiques pour synthétiser leur analyse statistique. Toutes les variables présentaient une distribution normale et une homoscedasticité.

Le test post Hoc de Tuckey a été utilisé pour déterminer les différences significatives entre les moyennes de groupes.

Aucune différence significative n'a été retrouvée ( $p > 0,05$ ) en comparant le groupe de condition contrôle (CC) aux autres conditions d'étirements.

Cependant, une différence significativement plus élevée a été retrouvée en comparant les conditions d'Active Stretching Condition (ASC,  $p = 0,04$ ) et de Dynamic Condition (DC,  $p = 0,03$ ) avec la Passive Stretching Condition (PSC).

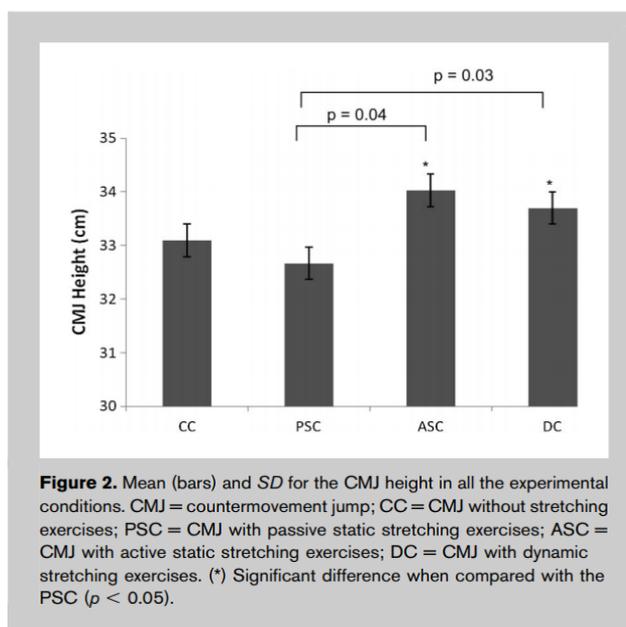
Les auteurs ont relevé une augmentation de 3% du saut après l'ASC et de 2,1% après le DC comparé au PSC.

L'ampleur de la taille de l'effet n'est pas présentée mais les auteurs indiquent qu'elle a été classée comme faible et insignifiante.

La taille d'effet ainsi que l'intervalle de confiance à 95% n'ont pas pu être calculés car le nombre de participants dans les différents groupes n'ont pas été précisés.

Gp contrôle	Gp expérimental	ASC	DC
		34.0 ± 6.0	33.7 ± 5.5
	PSC	p = 0,04	p = 0,03
	32.6 ± 5.5		

**Tableau 13 : Résultats du CMJ**



**Figure 8 : Graphique du CMJ**

~ Etude de Kortney J Dalrymple et al

Les auteurs ont rassemblé l'ensemble de leurs résultats dans un tableau. Ils présentent les valeurs des moyennes et des écarts types de chaque saut pour les différentes conditions expérimentales.

Stretching protocol	Peak jump height (m)				
	Jump 1	Jump 2	Jump 3	Jump 4	Jump 5
SS	0.30 ± 0.05	0.29 ± 0.05	0.29 ± 0.04	0.29 ± 0.05	0.29 ± 0.05
DS	0.29 ± 0.05	0.29 ± 0.04	0.28 ± 0.05	0.28 ± 0.04	0.28 ± 0.05
NS	0.31 ± 0.05	0.30 ± 0.04	0.28 ± 0.04	0.29 ± 0.03	0.29 ± 0.03

\*SS = static stretching protocol; DS = dynamic stretching protocol; NS = no stretching protocol.

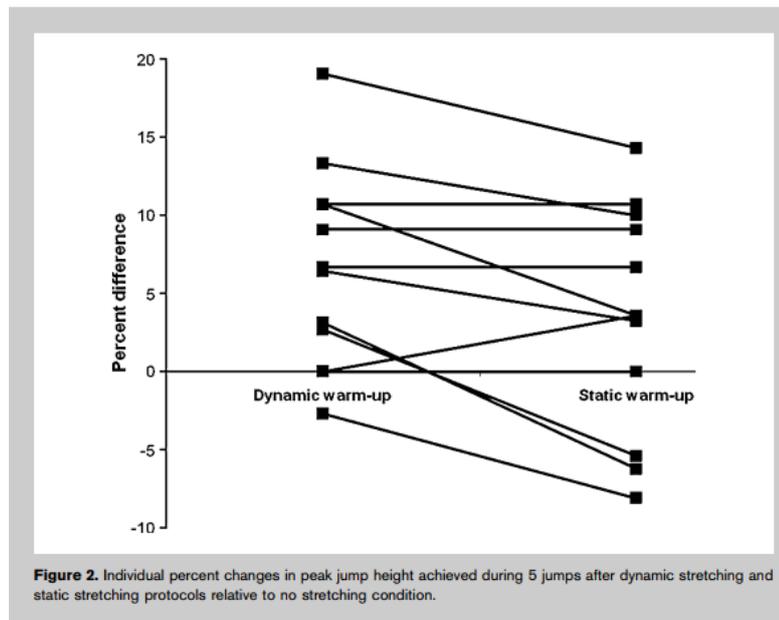
**Tableau 14 : Moyennes et écarts types pour le CMJ**

De plus, un graphique de modèle linéaire a été réalisé afin d'évaluer les différences des pic JH (Hauteur max des sauts) selon les différentes conditions d'étirement.

Les résultats de l'analyse de la variance n'ont révélé aucune différences significatives entre le pic JH après les conditions de SS, DS et NS ( $p > 0,05$ ).

Des changements notables ont tout de même été relevé au niveau individuel :

- ~ 7 sujets ont obtenu un pic JH plus élevé après les DS (augmentation de 3 à 8%)
- ~ seulement 1 après le SS
- ~ 4 n'ont démontré aucune différence entre les conditions d'étirements



**Figure 9 : Graphique linéaire des résultats pour le CMJ**

La taille d'effet ainsi que l'intervalle de confiance à 95% n'ont pas pu être calculé car le nombre de participants dans les différents groupes n'a pas été précisé.

### ~ Etude de Laura Pachéco et al

Dans cette étude les auteurs ont vérifié que les variances étaient constantes avec les tests de Kolmogorov-Smirnov et de Levene et ont obtenu un échantillon homogène au niveau de toutes les variables des tests de sauts. Les données ont été analysées à l'aide de tests paramétriques et synthétisées dans un tableau et un graphique.

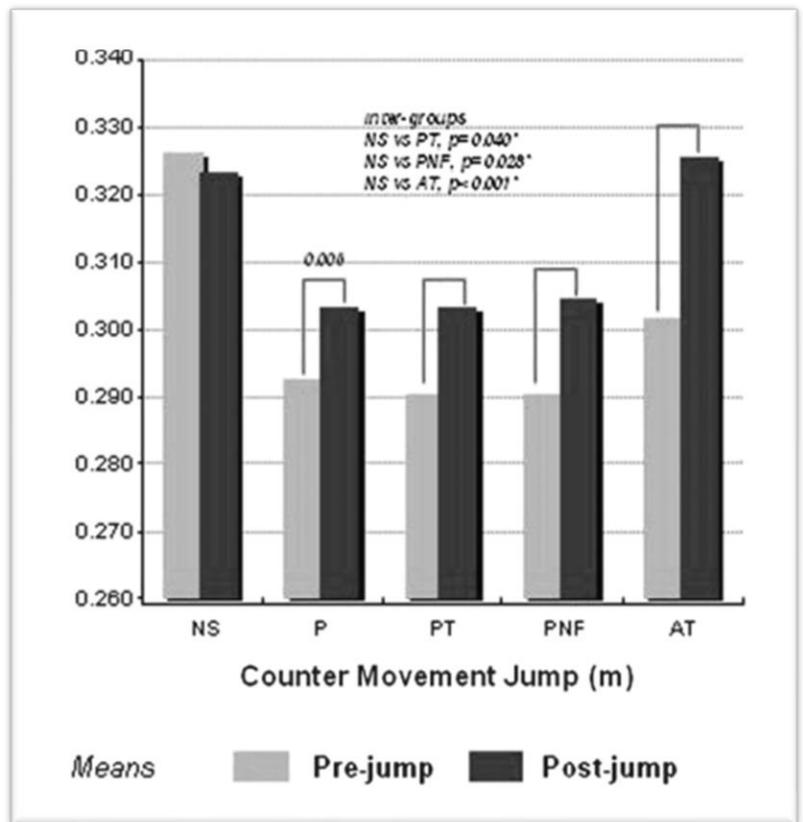
Au niveau des résultats intragroupe, une différence entre les mesures post et pré saut pour chaque exercice d'étirement était positive. Le saut effectué après l'étirement était donc significativement plus élevé.

Au niveau des résultats intergroupe, le saut CMJ a montré des différences statistiquement significatives ( $p < 0,05$ ) entre les valeurs des différents étirements :

- ~ NS comparé au PT ( $p = 0,040$ )
- ~ NS comparé au PNF ( $p = 0,028$ )
- ~ NS comparé à AT ( $p = 0,001$ )

Le calcul de la taille d'effet et de l'intervalle de confiance à 95% s'est basé sur :

- ~ Le groupe contrôle représenté par NS
- ~ Les groupes expérimentaux représentés par P, PT, PNF, AT



**Figure 10 : Graphique des résultats du CMJ**

Taille d'effet et IC à 95%				
Gp expérimental	P	PT	PNF	AT
	Gp contrôle	0.303 ± 0.056	0.303 ± 0.056	0.304 ± 0.053
NS	0,02	0,02	0,019	0,002
0.323 ±	[-0,01 ; 0,05]	[-0,01 ; 0,05]	[-0,01 ; 0,05]	[-0,02 ; 0,03]

**Tableau 15 : Taille d'effet et intervalle de confiance à 95% pour le CMJ**

~ **Etude de Jeffrey C Pagaduan et al**

Les auteurs ont testé les données pour évaluer leur normalité (test de Kolmogorov-Smirnov).

Le contraste post hoc de Bonferonni a été appliqué pour déterminer les comparaisons par paires entre les différentes interventions.

Les calculs des coefficients de corrélations (ICC), de variations (CV) ainsi que des tailles d'effets (Eta carré =  $\eta^2$ ) ont été correctement effectués.

Les auteurs ont réalisé toutes leurs analyses statistiques avec le logiciel statistique SPSS (SPSS Inc. Chicago, IL ; version 14.0).

- ~ La condition NW (No Warm UP) a été comparée aux autres conditions expérimentales : Il a été démontré que NW était significativement inférieur à GW (General Warm up), GW+DS (Dynamic Stretching), GW+DS+SS (Static Stretching), SS+GW, SS+GW+DS ( $p=0,001$ )
- ~ La condition GW comparée à GW+DS+SS et SS a montré un résultat plus significatif de CMJ ( $p<0,001$ )
- ~ La condition GW+DS a montré un résultat significativement plus élevé que GW+DS+SS, SS, SS+GW+DS ( $p<0,001$ )
- ~ La condition GW+DS+SS est significativement : plus élevé comparée au SS mais plus faible comparé au SS+GW+DS ( $p<0,001$ )
- ~ La condition SS comparé à SS+GW et SS+GW+DS a montré une valeur significativement plus faible de CMJ ( $p<0,001$ )

Le calcul de la taille d'effet et de l'intervalle de confiance à 95% s'est basé sur :

- ~ Le groupe contrôle représenté par GW
- ~ Les groupes expérimentaux représentés par GW+DS, GW+DS+SS, SS, SS+GW, SS+GW+DS

Taille d'effet et IC à 95%					
Gp expérimental	GW+DS	GW+DS+SS	SS	SS+GW	SS+GW+DS
	Gp contrôle	39.1 ± 4.8	36.2 ± 4.7	34.3 ± 4.1	37.4 ± 4.2
GW	1,1	1,8	3,7	0,6	0,2
38.0 ± 4.3	[-1,30 ; 3,50]	[-0,57 ; 4,17]	[1,49 ; 5,91]	[-1,64 ; 2,84]	[-2,06 ; 2,46]

**Tableau 16 : Taille d'effet et intervalle de confiance à 95% pour le CMJ**

### 3.3.2 Evaluation de la hauteur du saut par le SJ

#### ~ Etude de Felipe LP Carvalho et al

Pour l'évaluation du SJ, les auteurs ont trouvé une valeur significativement plus faible ( $p < 0,05$ ) en comparant la CC ( $29,9 \pm 5,5$ ) à PSC ( $28,7 \pm 4,3$ ) et ASC ( $28,7 \pm 4,7$ ).

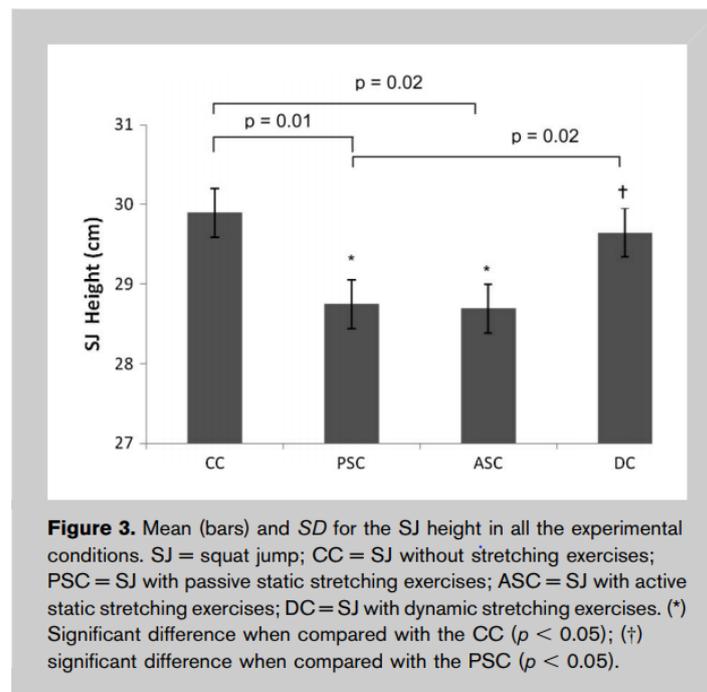
Une valeur significativement plus élevée du SJ a aussi été trouvée en comparant la DC ( $29,6 \pm 4,9$ ) à PSC ( $28,7 \pm 4,3$ ).

Les auteurs ont trouvé une diminution significative de 3,5% et 3,7% du SJ après les étirements statiques actifs et passifs comparés à la condition contrôle.

L'ampleur de la taille d'effet a été classée comme triviale pour les comparaisons avec la CC et faible dans la comparaison de la DC à la PSC.

Gp expérimental		ASC	PSC	DC
		Gp contrôle	$28,7 \pm 4,7$	$28,7 \pm 4,3$
CC		$p = 0,02$	$p = 0,01$	p-value non précisée
$29,9 \pm 5,5$				

**Tableau 17 : Taille d'effet et intervalle de confiance à 95% pour le CMJ**



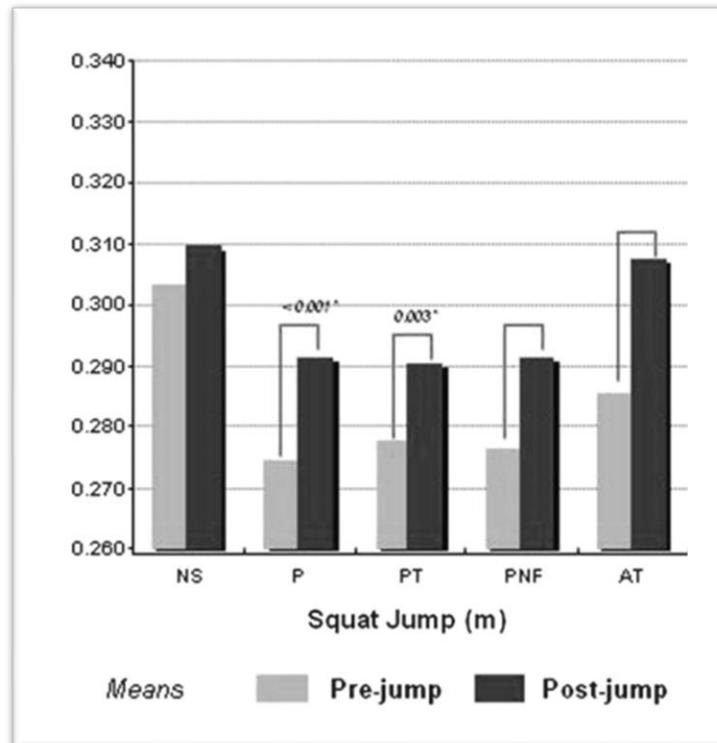
**Figure 11 : Graphique des résultats pour le SJ**

~ Etude de Laura Pachéco et al

Les auteurs n'ont exploité aucune donnée concernant le SJ dans leurs résultats. Les différents résultats ont été regroupé dans un tableau et un graphique avec les autres types de saut. Ils ont uniquement indiqué que pour les PT, les résultats étaient statistiquement significatifs à la fois pour le CMJ et le SJ ( $p < 0,05$ ).

Taille d'effet et IC à 95%				
Gp expérimental	P	PT	PNF	AT
	Gp contrôle	0.291 ± 0.050	0.290 ± 0.053	0.291 ± 0.052
NS	0,018 [-0,01 ; 0,04]	0,019 [-0,01 ; 0,04]	0,018 [-0,01 ; 0,04]	0,002 [-0,02 ; 0,02]
0.309 ± 0.055				

**Tableau 18 : Taille d'effet et intervalle de confiance à 95% pour le CMJ**



**Figure 12 : Graphique des résultats du SJ**

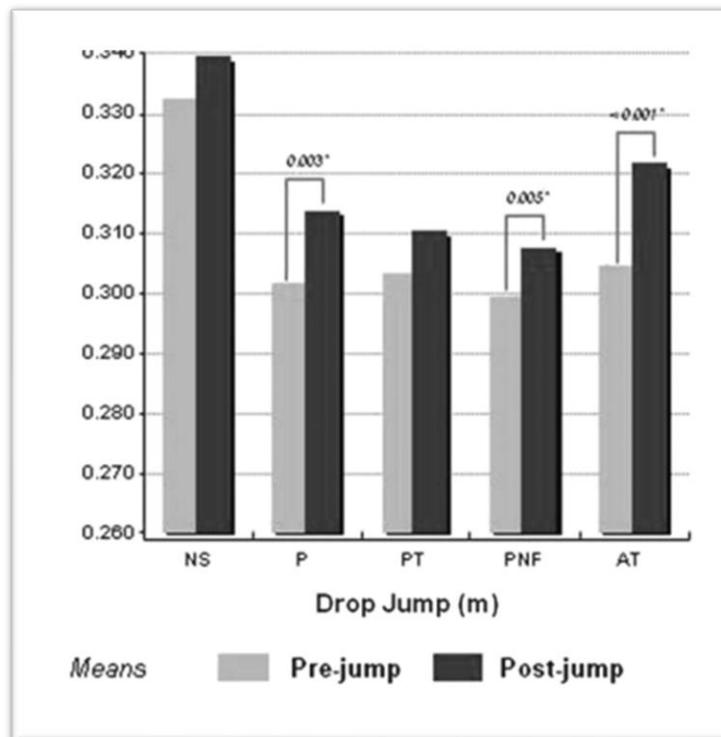
### 3.3.3 Evaluation de la hauteur du saut par le DJ

~ Etude de Laura Pachéco et al

Les auteurs n'ont exploité aucune donnée concernant le DJ dans leurs résultats. Les différents résultats ont été regroupé dans un tableau et un graphique avec les autres types de saut.

Taille d'effet et IC à 95%				
Gp expérimental	P	PT	PNF	AT
	Gp contrôle	0.313 ± 0.060	0.310 ± 0.058	0.307 ± 0.052
NS	0,026	0,029	0,032	0,016
0.339 ± 0.066	[0,00 ; 0,05]	[0,00 ; 0,06]	[0,00 ; 0,06]	[-0,01 ; 0,04]

**Tableau 19 : Taille d'effet et intervalle de confiance à 95% pour le CMJ**



**Figure 13 : Graphique des résultats du DJ**

## 4 DISCUSSION

L'objectif de notre revue était d'étudier les performances de saut en comparant l'effet des étirements dynamiques à d'autres types d'étirements.

L'ensemble de nos 4 études nous ont mené à étudier la hauteur du saut vertical selon 3 techniques : le CMJ, le SJ et le DJ.

### 4.1 Analyse des principaux résultats

#### 4.1.1.1 Evaluation de la hauteur du saut par le CMJ

##### ➤ Etude de Felipe LP Carvalho et al

Nous rappelons que dans cette étude les auteurs n'ont pas défini les effectifs des participants dans leurs groupes. Le calcul de la taille d'effet et de l'IC à 95% n'a pas pu être effectué.

Cependant, grâce au calcul des p-values des comparaisons entre les différentes conditions expérimentales ont pu être étudié.

Premièrement, nous pouvons observer que des moyennes plus élevées d'hauteur de saut ont été obtenues pour les conditions d'Active Stretching Condition (ASC = 34 cm) et de Dynamic Condition (DC = 33,7 cm) comparé à la Control Condition (CC = 33,1 cm).

En effet, une hauteur de CMJ plus élevée de 0,6 cm a été obtenu après des étirements dynamiques et de 0,9 cm après des étirements statiques actifs.

Au niveau des valeurs statistiques, la valeur du **p-value étant supérieure à 0,05** les résultats obtenus pour la hauteur du CMJ ne peuvent **pas** être considéré comme **statistiquement significatifs**.

Le risque que la différence de hauteur obtenue après l'ASC et la DC soit du au hasard est considéré comme trop élevé et non négligeable.

Nous ne pouvons donc pas conclure sur l'effet potentiellement bénéfique des ASC et DC car nous ne pouvons pas affirmer avec certitude qu'ils ont permis d'obtenir une hauteur de CMJ plus élevée.

Dans un second temps, nous pouvons observer qu'une comparaison des différentes conditions expérimentales entre elles, ont quant à elles révélé des valeurs statistiquement significatives :

- **p = 0,04** pour l'ASC comparé à la Passive Stretching Condition (PSC)
- **p = 0,03** pour la DC comparé à la Passive Stretching Condition (PSC)

En effet, après la PSC une moyenne d'hauteur de 32,6 cm a été mesurée alors que comme nous l'avons vu précédemment l'ASC et la DC ont obtenu des valeurs supérieures à celle-ci (34 et 33,7 cm). D'un point de vue clinique, nous pouvons dire que les **étirements actifs statiques et dynamiques** seraient **plus efficaces** que les étirements passifs sur les performances de CMJ.

### ➤ Etude de Kortney J Dalrymple et al

Comme dans l'étude précédente, les auteurs n'ont pas défini les effectifs des participants dans leurs groupes. Le calcul de la taille d'effet et de l'IC à 95% n'a pas pu être effectué.

D'après les données, une valeur de **p-value supérieure à 0,05** a été obtenue en comparant la condition contrôle NS (No Stretching) aux deux conditions expérimentales SS (Static Stretching) et DC (Dynamic Stretching). Les résultats obtenus sont donc **statistiquement non significatifs**.

Au niveau de la représentation graphique, nous pouvons observer à titre indicatif que sur l'ensemble des 12 participants : 7 ont obtenu une augmentation de CMJ de 3 à 8% après les DS, seulement un sujet a produit un CMJ de plus grande hauteur après le SS et 4 autres n'ont démontré aucune différence entre les conditions d'étirements.

Ainsi, les **étirements dynamiques** sont ceux qui ont permis d'obtenir les hauteurs de CMJ les plus élevées en comparaison avec les étirements statiques ou en absence d'étirement.

En comparaison avec l'étude de **Felipe LP Carvalho et al**, celle de **Kortney J Dalrymple et al** présente aussi dans son graphique une amélioration du CMJ après les DS.

Cependant, les résultats n'étant pas statistiquement significatifs, aucune affirmation ne peut être faite sur l'effet des DS dans les performances de saut.

La taille d'échantillon étant très faible (12 joueuses de volley), un plus grand nombre de participants auraient sûrement permis d'obtenir des résultats plus pertinents au niveau statistique.

### ➤ Etude de Laura Pachéco et al

Les résultats du CMJ ont montré des **différences statistiquement significatives ( $p < 0,05$ )** en comparant la condition contrôle NS (No Stretching) avec les différentes conditions expérimentales.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- La taille d'effet ainsi que l'IC à 95% est la même pour les deux conditions P (Static Passive Stretching) et PT (Static Active Stretching in passive tension) : **0,02** comprise dans l'intervalle de [-0,01 ; 0,05]
- Pour les étirements de type PNF, la taille d'effet obtenue est de **0,019** et est comprise entre [-0,01 ; 0,05]
- Enfin, les étirements dynamiques (AT) ont obtenu une valeur de taille d'effet de **0,002** comprise dans l'intervalle de [-0,02 ; 0,03]

Les moyennes d'hauteur de CMJ obtenues par la NS sont plus élevées de 0,02 m comparé à P et PT, de seulement 0,019 m comparé aux étirements PNF. Celle comparé à l'AT est inférieure de 0,002 m. Nous rappelons que la taille d'effet sert à quantifier l'ampleur réelle de l'intervention qui a été mesurée. Généralement une valeur autour de 0,2 est considérée comme faible.

Les tailles d'effet sont minimales et insignifiantes.

De plus, le fait que les intervalles de confiance passent par la valeur 0 pour toutes les conditions, signifie que l'augmentation de la hauteur du CMJ peut en réalité être nulle.

Malgré des valeurs de p-value significatives, les tailles d'effet ainsi que les intervalles de confiance nous montrent que les résultats sont en réalité **statistiquement non significatifs**.

Cependant, d'après le graphique, une différence entre les moyennes de hauteur des CMJ obtenues entre le **NS** (0,323 m) et l'**AT** (0,325 m) montre un effet positif des étirements dynamiques. Les autres conditions d'étirements ont obtenu des moyennes inférieures à la condition contrôle.

Au niveau statistique, aucun résultat n'est significatif. Le fait que la condition contrôle ait obtenu des valeurs plus hautes ne signifie pas que les étirements n'ont pas influé sur le CMJ.

Au niveau clinique, nous pouvons donc dire qu'il existe bien un effet potentiel des étirements dynamiques mais la puissance de cet effet n'est pas assez pertinente. La taille de l'échantillon a pu influencer les valeurs obtenues car l'étude compte elle aussi un nombre de participants trop faible (seulement 38 participants).

#### ➤ **Etude de Jeffrey C Magadan et al**

La comparaison de l'échauffement général (GW) avec les différentes conditions expérimentales a montré plusieurs résultats statistiquement significatifs :

- Une moyenne de hauteur de 39,1 cm pour la condition GW+DS comparé à 38 cm pour le GW a été trouvé avec une taille d'effet de 1,1 comprise dans l'intervalle [-1,30 ; 3,50]. Les **étirements dynamiques** (DS) ont permis d'obtenir une hauteur de saut **plus élevé de 1,1 cm**. Dans le pire des cas, les DS peuvent entraîner une hauteur de CMJ plus basse de 1,30 cm et dans le meilleur des cas une hauteur plus élevée de 3,50 cm comparé à GW.

La **taille d'effet** est supérieure à 0,8 donc l'effet des étirements dynamiques est considéré comme « fort » sur la performance de CMJ. Cependant, la valeur 1,1 étant comprise dans des bornes d'intervalle qui passe par la valeur nulle « 0 » cela signifie en réalité que le résultat n'est **pas significatif**.

D'autre part, des tailles d'effet non significatives ont été obtenues pour d'autres conditions expérimentales :

- une taille d'effet de 1,8 comprise dans l'intervalle [-0,57 ; 4,17] a été obtenu pour la condition GW+DS+SS
  - une taille d'effet de 0,6 comprise dans l'intervalle [-1,64 ; 2,84] a été obtenu pour les conditions SS+GW
  - une taille d'effet de 0,2 comprise dans l'intervalle [-2,06 ; 2,46] a été obtenu pour les conditions SS+GW+DS
- Les tailles d'effet passent aussi par la valeur 0, rendant l'effet des étirements statiques et dynamiques non significatif dans ces 3 autres conditions expérimentales.

Cependant, la condition comparant les **étirements statiques** seuls à **l'échauffement général** a montré un **résultat significatif** :

- Le GW a obtenu une moyenne de saut de **38 cm** et le SS de **34,3 cm**.
- Une **taille d'effet** de **3,7** comprise dans l'intervalle de confiance [1,49 ; 5,91] a été obtenue. Cela signifie que les sujets ayant réalisé un échauffement général avant le CMJ ont réalisé un saut de plus grande hauteur de 3,7 cm comparé à ceux qui ont fait des étirements statiques avant le saut.  
Les étirements statiques ont donc **diminué** la hauteur du CMJ.  
Dans le pire des cas, le groupe contrôle peut obtenir une hauteur de saut plus élevée de 1,49 cm et dans le meilleur des cas cette hauteur peut être augmentée de 5,91 cm.  
Au final, la hauteur de saut restera supérieure à celle obtenue après des étirements statiques.

D'un point de vue statistique, nous pouvons dire que les **étirements statiques** entraînent une **diminution significative** des performances de saut. Il ne serait donc pas judicieux de recommander ce type d'étirement lors de l'échauffement.

Au niveau clinique, les effets des **étirements dynamiques** ont entraîné une **amélioration** de la hauteur du saut mais la différence de hauteur était trop faible (seulement 1,1 cm) pour conclure sur un effet significatif.

Dans l'ensemble, nos 4 études ont démontré un effet favorable des étirements dynamiques dans les performances de CMJ. Que ce soit par des valeurs statistiques ou des valeurs moyennes, cet effet reste cependant faible.

#### 4.1.1.2 Evaluation de la hauteur du saut par le SJ

##### ➤ Etude de Felipe LP Carvalho et al

Les conditions expérimentales ont été comparées à la condition contrôle CC et des valeurs significativement plus faibles ont été retrouvées (**p<0,05**).

- La CC a obtenu une moyenne de SJ de 29,9 cm alors que l'ASC et la PSC ont toutes les 2 obtenu une hauteur de SJ de moyenne de 28,7 cm.  
Aucune de 2 conditions d'étirement n'a entraîné d'effet positif sur la hauteur du saut.
- La DC a obtenu quant à elle une moyenne de 29,6 cm, entraînant une meilleure performance de saut comparé à l'ASC ou la PSC.  
Une faible différence de **0,3 cm** est retrouvée par rapport à la CC mais cette différence étant non négligeable cela signifie que les DC ne présentent pas plus d'effet comparé à l'absence d'étirement.

Ainsi, la réalisation de n'importe quel type d'étirement ne permet pas d'obtenir une meilleure performance de SJ, bien que les étirements dynamiques soient les plus efficaces comparés aux autres.

### ➤ Etude de Laura Pachéco et al

Les résultats obtenus n'ont montré **aucune valeur statistiquement significative**.

Les groupes expérimentaux ont été comparé à la condition contrôle (NS).

Comme pour les résultats du CMJ, les tailles d'effet et les intervalles de confiance à 95% sont insignifiants et passent par la valeur nulle.

- P et PNF ont des tailles d'effet de **0,018** comprises entre [-0,01 ; 0,04]
- PT a une taille d'effet de **0,019** comprise entre [-0,01 ; 0,04]
- AT a une taille d'effet de **0,002** comprise entre [-0,02 ; 0,02]

D'autre part, nous avons constaté que la moyenne la plus haute de SJ a été obtenu après l'**AT** avec une hauteur de **0,307 m** comparé à **0,309 m** pour la condition **NS**.

Encore une fois, les étirements dynamiques permettent d'obtenir la hauteur de saut la plus élevée comparé aux autres étirements mais elle reste inférieure à la hauteur obtenue sans aucun étirement. Un effet clinique des étirements dynamiques reste présent mais sans aucune valeur statistiquement significative.

#### 4.1.1.3 Evaluation de la hauteur du saut par le DJ

### ➤ Etude de Laura Pachéco et al [103]

Seule cette étude a évalué les performances de saut en mesurant la hauteur par la DJ. La moyenne de la condition **NS** (0,339 m) reste **la plus élevée** comparée aux autres conditions expérimentales. La deuxième moyenne la plus élevée a été obtenue après les étirements dynamiques avec une hauteur de 0,323 m.

Les **tailles d'effet** calculées sont toutes inférieures à 0,2 et sont considérées comme **triviales** :

- **0,026** compris entre [0,00 ; 0,05] pour la condition P
- **0,029** compris entre [0,00 ; 0,06] pour la condition PT
- **0,032** compris entre [0,00 ; 0,06] pour la condition PNF
- **0,016** compris entre [0,00 ; 0,04] pour la condition AT

Les effets des étirements sur le DJ restent faibles et insignifiants. Ainsi, aucune valeur obtenue ne nous permet de conclure sur l'effet des différents étirements.

#### 4.1.2 Hétérogénéité et limites des études

Nos 4 articles, bien que similaires par leur objectif d'étudier l'effet de différents étirements sur les performances de saut, présentent de nombreuses différences méthodologiques.

Une hétérogénéité non négligeable entre toutes nos études rend l'interprétation de nos résultats beaucoup moins significative en plus du fait que les résultats ne soient finalement pas tous interprétables d'un point de vue statistique.

L'identification de plusieurs biais selon l'échelle Pedro avait mis en évidence une qualité méthodologique des études plutôt médiocre pour 3 de nos études et correcte pour seulement une d'entre elles.

#### 4.1.2.1 Population

Dans l'ensemble, la taille d'échantillon des études ne peut pas être représentative d'une population. Les effectifs sont en effet trop faibles variant de 12 participants dans l'étude de **Kortney J Dalrymple et al** à 49 dans le meilleur des cas dans l'étude de **Laura Pachéco et al**.

D'autre part, la manque de précision sur le suivi des participants fausse aussi nos résultats. Trois études [104] [105] [103] ne mentionnent pas de façon explicite le nombre de sujets initiaux et le nombre de sujets pour lesquels les mesures ont été effectuées.

Seule l'étude de **Laura Pachéco et al** précise que les mesures ont été faites sur plus de 85% des participants.

L'intention de traiter n'ayant pas été respectée, l'ensemble des études n'affirme à aucun moment que tous leurs participants ont reçu le traitement ou la condition contrôle qui leur était attribué.

#### 4.1.2.2 Intervention et comparateur

Dans leur méthode expérimentale, toutes les études ont suivi le même cheminement protocolaire. Cependant, l'assignation secrète n'a été respecté dans aucune des études et la mise en aveugle des participants, thérapeutes et examinateurs n'a pas été faite dans trois d'entre elles [104] [105] [103]. Ces deux conditions sont pourtant primordiales dans les essais cliniques randomisés. Elles permettent une répartition des participants dans les différents groupes ainsi qu'une évaluation neutre. Cela a donc pu fausser et altérer les résultats des différents sauts.

De plus, bien que les mêmes types d'étirements (statiques, dynamiques ou PNF) aient été retrouvé, leur exécution représente un biais dans notre revue.

Les positions d'étirements par leur technique et temps de maintien varie d'une étude à l'autre : cela s'étend de 15 secondes à 30 secondes avec des séries de 2 à 3 répétitions selon le protocole. Les modalités de traitement ne peuvent pas être identiques à 100% mais cela les rend donc moins comparables entre elles.

Pour finir la durée des études varie de 5 jours à 3 semaines. Trois d'entre elles ont défini un temps de repos de 48h, 72h ou encore 1 semaine entre chaque séance. L'étalonnage dans le temps des séances impacte directement l'effet des étirements sur les performances de sauts des sportifs.

### 4.1.2.3 Critère de jugement

La présence d'un seul critère de jugement reste peu pertinente pour évaluer des performances sportives. Il a été vu dans notre introduction que plusieurs paramètres du saut pouvaient être pris en compte comme la hauteur, la vitesse, le temps ou encore la force.

Seule la hauteur du saut a été évaluée dans nos 4 études alors que les plateformes utilisées auraient pu enregistrer d'autres paramètres que les auteurs n'ont pas exploité et que par conséquent nous n'avons pas exploité dans notre revue.

L'évaluation des données auraient pu être plus poussées et détaillées, cela constitue en réalité un biais non négligeable de notre travail.

Les performances de saut ont été évalué par des échelles et des outils différents selon les études. Les CMJ, SJ et DJ ont été comparé mais leur nombre de répétition et le types de plateformes utilisés sont différents d'une étude à l'autre.

### 4.1.3 Synthèses des résultats

<b><u>Evaluation de la hauteur du saut</u></b>	<b><u>Résultats des études</u></b>
<b><u>Par le CMJ</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Des valeurs significatives ont été obtenues (<math>p &lt; 0,05</math>) pour l'ASC et le DC comparé au PSC</li><li>- DC n'a pas obtenu de résultats statistiquement significatifs</li></ul> <p>Les étirements dynamiques restent les plus efficaces comparés aux autres types d'étirements.</p> <p>Les étirements statiques ont diminué de façon significative les performances de saut.</p>
<b><u>Par le SJ</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aucune valeur statistiquement significative</li></ul> <p>Les étirements dynamiques restent les plus efficaces comparés aux autres types d'étirements :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Différence de seulement 0,3 cm avec la CC</li><li>- Différence de seulement 0,002 m avec la CC</li></ul>
<b><u>Par le DJ</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aucune valeur statistiquement significative</li></ul> <p>Les étirements dynamiques restent les plus efficaces comparés aux autres types d'étirements :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Différence de seulement 0,006 m avec la CC</li></ul>

**Tableau 20 : Synthèse des résultats de nos 4 études**

**Au niveau quantitatif**, le fait que les résultats soient statistiquement non significatifs ne signifie pas qu'ils n'ont pas d'effets potentiels. Cela signifie que l'approche des tests statistiques ne permet pas de formuler de conclusion.

Aucune affirmation ne peut être faite sur le fait que les performances de saut ont été améliorées :

- Par le simple fruit du hasard
- Par l'intervention des étirements

**Au niveau qualitatif**, une amélioration des performances de saut a été observée après la réalisation d'étirements dynamiques. Leur effet potentiel reste minime et subjectif par rapport aux conditions contrôles, qui présentent globalement les hauteurs de saut de référence les plus élevées.

## 4.2 Applicabilité fonctionnelle des résultats en pratique clinique et limitation des études

L'ensemble des études statuent en faveur d'un effet potentiel des étirements dynamiques dans l'amélioration des performances de saut.

En vue de l'analyse des principaux résultats, un certain recul doit être pris sur l'effet de ces étirements. Les valeurs obtenues restent qualitatives et non significatives, aucune conclusion ne peut être affirmée.

### 4.2.1 Par rapport aux conditions des études

#### ➤ Population

Comme nous l'avons vu précédemment, la taille d'échantillon des participants reste faible mais les caractéristiques des participants sont néanmoins plutôt similaires entre les 4 études.

Des critères d'inclusion et d'exclusion ont été défini afin d'obtenir des profils types de jeunes sportifs :

- ~ être collégiens, lycéens ou étudiants
- ~ être exempt de toutes blessures ou de limitations fonctionnelles
- ~ suivre un entraînement de minimum 8h/sem
- ~ avoir une expérience dans le sport et la compétition
- ~ ne suivre aucun autre programme pendant la durée de l'étude

Différents sports sont retrouvés dans l'ensemble de nos études tels que le foot, le volley, le tennis et d'autres non précisés dans l'article intégrant des moniteurs sportifs[103].

Une comparaison d'un même type de sport pourrait être réalisé dans de futures études afin d'évaluer l'efficacité des étirements dans un domaine précis.

D'un autre point de vue, une comparaison de différents sports en intégrant le basket, le hand, la gymnastique ou encore la course permettrait d'étudier les performances physiques des sportifs d'un point de vue général et ainsi être représentatif du milieu sportif.

De plus, le sport à haut niveau n'était ni un critère d'inclusion ni d'exclusion dans notre revue car nous ne voulions pas restreindre notre champ de sélection. Cependant, cela a pu déséquilibrer les niveaux entre les différents sportifs et le choix d'intégrer ou non seulement des sportifs de haut niveau pourrait à l'avenir être plus judicieux.

D'autre part, le sexe des participants n'avait pas été un de nos critères de sélection. Cependant, un ratio Homme/Femme pourrait être aussi défini afin d'étudier l'effet des étirements sur une population encore plus homogène.

Les conditions d'études au niveau du choix de la population laissent un champ libre pour de nouvelles recherches mais ce choix doit rester pertinent afin de pouvoir étudier plusieurs études entre elles.

### ➤ **Protocole expérimental**

Au niveau du protocole d'intervention, chaque étude a suivi le même schéma en réalisant un échauffement par une course, puis la réalisation de différents étirements suivi des sauts. Ces différentes étapes sont tout à fait applicables chez des sportifs lors de leur échauffement.

Un type d'échauffement peut être établi et adapté selon les besoins spécifiques du sportif :

- ~ Travailler en endurance, en vitesse ou en force
- ~ Intégrer des étirements dynamiques pour préparer à l'effort
- ~ Réaliser des sauts, des sprints ou autre geste sportif pour optimiser les performances physiques

Une démonstration des étirements avec les différentes consignes a été réalisé par un examinateur dans toutes nos études. Cela reste accessible et reproductible car lors d'une séance type un thérapeute est tout à fait apte à expliquer et corriger un patient lors de la réalisation des différents étirements.

#### **4.2.2 Rapport bénéfice/risque**

La réalisation des différents étirements a entraîné des effets dans certaines conditions de sauts. Dans l'ensemble de nos études, les étirements dynamiques ont montré qu'ils pouvaient entraîner un effet bénéfique dans l'amélioration des performances de CMJ et de SJ.

Néanmoins, il est important de noter qu'un effet délétère des étirements statiques a été présenté pour le CMJ dans l'étude de Jeffrey C Pagaduan [106] ainsi que pour le SJ en réduisant la hauteur du saut dans l'étude de Felipe LP Carvalho [104].

Bien qu'ils ne soient pas dangereux dans le sens propre du terme, ils réduiraient les composantes de force et de vitesse en diminuant l'activation de l'unité motrice par déformation plastique[107][38].

#### **4.2.3 Rapport coût/efficacité**

La pratique de différents étirements ne nécessite aucune formation spécifique.

En ce qui concerne le coût de l'intervention, aucune information n'a été donné par les auteurs des études. Cependant, le matériel nécessaire au protocole n'est pas extrêmement couteux.

L'utilisation de plateforme ou de tapis de force pour enregistrer les sauts verticaux reste accessible, différentes gammes de produits sont proposées.

De plus, des logiciels informatiques sont reliés aux plateformes électroniques et permettent de mesurer les variables des sauts (hauteur du saut, temps de vol, vitesse..).

Dans le cas de figure où la procuration de ces outils ne peut être faite pour « x raison », l'évaluation des sauts peut se faire de manière beaucoup plus simple. Une échelle visuelle peut tout à fait être mise en place de façon manuelle. Des mesures moins précises seront obtenues.

La hauteur du saut peut en effet s'évaluer en demandant aux participants de toucher ou de dépasser un niveau gradué. La vitesse peut quant à elle être évaluée grâce à un chronomètre.

### 4.3 Niveaux de preuves

La qualité de preuve d'une étude est définie selon différents critères par l'HAS.

Le **système GRADE (Grading of Recommendations Assessment Development and Evaluation)** permet d'objectiver le niveau de preuve de la revue selon différents facteurs :

- ~ L'adéquation entre la question posée et le protocole d'étude mis en place
- ~ La présence de biais
- ~ La corrélation entre les résultats statistiques et les objectifs de l'étude
- ~ La puissance de l'étude [108]

Une classification générale a été établie avec un niveau fort, intermédiaire ou faible selon les critères remplis. Ainsi selon l'évaluation du niveau de preuve de l'étude, un grade est attribué :

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Nos 4 études incluses dans notre revue correspondent à des essais comparatifs comportant des biais importants. La qualité de preuve de nos études impacte directement notre revue de littérature. Des résultats statistiquement non significatifs ont été obtenus ce qui concrètement nous empêche d'interpréter l'effet de nos étirements sur nos performances de saut.

C'est donc un statut de **grade C** que nous attribuons à notre travail, fondée sur un faible niveau de preuve scientifiques. Le tableau ci-dessous résume les différents critères qui nous ont amené à attribuer ce niveau de preuve à notre revue :

Critère de jugement	Nombre D'étude	Risque de biais	Design des études	Relation indirecte de preuve	Hétérogénéité des résultats	Imprécision des résultats	Qualité de preuve
<u>Hauteur du saut</u>	4	4,5/10	ECR (2 en types cross over)	Faible	Elevée	Elevée	Faible

**Tableau 21 : Synthèse grade de notre revue**

#### 4.4 Biais potentiels de la revue

L'identification de biais dans nos études nous a permis d'évaluer leur qualité méthodologique. Après avoir évalué le niveau de preuves de notre revue, nous devons donc procéder à la recherche des différents biais qui ont pu affecter les différentes étapes de notre revue.

L'échelle AMSTAR-2 (**A** MeaSurement Tool to Assess Systematic Review-2) est la plus appropriée pour identifier nos différents biais. Elle se compose de 16 items (*voir Annexe 2*) permettant d'obtenir une cotation totale, partielle ou nulle de chacun. Une cotation finale est ainsi obtenue en permettant d'identifier les différents biais présents :

AMSTAR -2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Oui (O)	O		O	O			O	O	O				O	O		
Oui Partiel (OP)																
Non (N)		N			N	N										N
Non Applicable (NA)										NA	NA	NA			NA	

**Tableau 22 : Identification des biais de notre revue**

Sur l'ensemble des 16 items, **la moitié** ont été remplis. 4 d'entre eux n'ont pas pu être évalués car :

- ~ Le financement des études incluses n'a pas été indiqué car aucune source n'a été mentionnée
- ~ La combinaison statistique des résultats n'a pas pu être effectuée en vue de l'absence de valeur statistiquement significative
- ~ Les risques de biais des études ont été évalués et mis en relation avec les résultats obtenus mais leur impact potentiel n'a pas pu être évalué
- ~ L'évaluation des biais de publication n'a pas été évaluée

**Certains biais** persistent et ont ainsi un impact direct sur la qualité de notre revue :

- ~ La méthode de la revue n'a pas été mentionnée comme « définie » avant sa réalisation
- ~ La réalisation de la revue ayant été réalisée individuellement, la sélection des études, l'extraction des données n'a pas été réalisée en double. La confrontation et l'interprétation des résultats auraient nécessité un ou plusieurs avis extérieurs afin d'être plus objectif
- ~ Les résultats étant très hétérogènes et statistiquement non significatifs, une analyse quantitative n'a malheureusement pas pu être menée

## 5 CONCLUSION

### 5.1 Implication dans notre pratique clinique

Cette revue de littérature avait pour objectif d'étudier les effets des étirements dynamiques sur les performances de sauts. Nous avons intégré quatre essais cliniques randomisés dont deux de types cross over afin de répondre à notre problématique.

Les résultats des différentes études ont mis en évidence une amélioration des performances de CMJ après des étirements actifs statiques et dynamiques par rapport aux étirements passifs statiques. Les étirements statiques ont, quant à eux, impacté négativement ces performances en diminuant de manière significative la hauteur du CMJ.

Cependant, aucun autre résultat n'a été statistiquement significatif au niveau du SJ ou du DJ. Au niveau clinique, les étirements dynamiques permettent d'obtenir de meilleures performances de saut par rapport aux autres types d'étirements.

Cela doit rester encourageant et pousser d'autres études à continuer les recherches sur l'intérêt de ces étirements dans l'amélioration des performances sportives.

Le manque de résultat et de preuve significative nous empêche de conclure sur la réelle efficacité des étirements dynamiques dans l'amélioration des performances de sauts. Le manque d'évaluation sur les autres paramètres du saut tels que la force/ la puissance/la vitesse rend nos résultats beaucoup moins précis et pertinents.

Nous ne pouvons donc pas mettre en évidence un lien de cause à effet car nos hypothèses n'ont pas été entièrement validées :

- ~ Les étirements dynamiques ont permis uniquement d'améliorer les performances de CMJ
- ~ Les étirements dynamiques paraissent plus efficaces que les autres types d'étirement
- ~ Les étirements dynamiques présentent bien une utilité lors de l'échauffement
- ~ Des essais cliniques supplémentaires doivent en effet être réalisés pour répondre correctement et entièrement à notre problématique

Malgré nos résultats peut concluant d'un point de vue quantitatif, les résultats obtenus sont similaires aux études que nous avons analysé.

L'utilisation des étirements dynamiques doit continuer de se faire pour préparer les sportifs et optimiser leurs performances. Notre prise en charge clinique doit évoluer et se servir des bienfaits des étirements selon le besoin de nos patients :

- ~ L'établissement d'un protocole d'échauffement approprié pour les sportifs doit être réalisé
- ~ Les étirements dynamiques doivent être pratiqué avant un effort physique, lors de l'échauffement
- ~ Les étirements statiques ou PNF doivent être pratiqués à distance de l'effort, dans l'optique d'une récupération

## 5.2 Implication pour la recherche scientifique

Comme il a été mentionné précédemment, nos essais cliniques étaient de trop faible qualité méthodologique et leur niveau de preuve reste insuffisant pour démontrer un effet concret et réel des étirements dynamiques au niveau scientifique.

De futures études doivent être menées avec des tailles d'échantillon plus représentative d'une population type. Des critères de jugement secondaire doivent être établis pour préciser les différents paramètres étudiés.

Enfin, un protocole expérimental avec des étapes plus sécurisées (mise en aveugle, assignation secrète) ainsi qu'un suivi plus régulier des participants permettrait une meilleure évaluation.

Il serait intéressant d'étudier l'effet des étirements sur le moyen, voire le long terme, en suivant une équipe de sportif type. En tant que kinésithérapeutes, nous pourrions avoir un réel suivi des patients et mettre en place des protocoles d'étirements adaptés selon les besoins des sportifs.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Marceau Chenault, Albin Hamard, Michaël Hilpron BG. Les Techniques de Conscience du Corps : éthique non-compétitive entre Orient et Occident. Inst Médecine Tradit Chin Qigong Shanghai n.d.
- [2] S.J Farrell, ADRoss KS. Eastern movement therapies. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 1999 n.d.
- [3] Garfinkel M, Schumacher HR. Yoga therapy. *Rheum Dis Clin North Am* 2000;26.
- [4] Légifrance - Publications officielles - Journal officiel - JORF n° 0149 du 29/06/2000 n.d. <https://www.legifrance.gouv.fr/download/securePrint?token=neZAUyutA9oj4WzO8NRo>.
- [5] Hausswirth C. Améliorer sa récupération en sport. *Améliorer Sa Récupération En Sport* 2013.
- [6] Rôle du kinésithérapeute du sport : rubrique kiné du sport. *Inst Kinésithérapie Paris* n.d. <https://www.institut-kinesitherapie.paris/actualites/quel-est-le-role-du-kinesitherapeute-du-sport/>.
- [7] Portero P, Mcnair P. Les étirements musculo-tendineux : des données scientifiques à une pratique raisonnée. *Kinésithérapie, La Rev* 2015;15.
- [8] Millar AP. Strains of the posterior calf musculature - tennis leg. *Am J Sports Med* 1979;7.
- [9] Stanish WD, Rubinovich RT, Curwin S. Excentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Orthop Relat Res* 1986;208.
- [10] Bandy WD, Irion JM, Walker JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 1994;74.
- [11] Khalil TM, Asfour SS, Martinez LM, Waly SM, Rosomoff RS, Rosomoff HL. Stretching in the rehabilitation of low-back pain patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 1992;17.
- [12] E Ernst 1 VF. Conservative therapy of backache. Part 3: Physical therapy. *Fortschr Med* 1993.
- [13] Safran MR, Seaber A V., Garrett WE. Warm-up and muscular injury prevention. An update. *Sports Med* 1989;8.
- [14] Freitas SR, Mendes B, Le Sant G, Andrade RJ, Nordez A, Milanovic Z. Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review. *Scand J Med Sci Sports* 2018;28.
- [15] Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The Relation Between Stretching Typology and Stretching Duration: The Effects on Range of Motion. *Int J Sports Med* 2018;39.
- [16] Faizullin I, Faizullina E. Effects of balance training on post-sprained ankle joint instability. *Int J Risk Saf Med* 2015;27 Suppl 1.
- [17] Emery CA, Meeuwisse WH. The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2010;44.
- [18] Lovell R, Knox M, Weston M, Siegler JC, Brennan S, Marshall PWM. Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scand J Med Sci Sports* 2018;28.
- [19] Peck E, Chomko G, Gaz D V., Farrell AM. The effects of stretching on performance. *Curr Sports Med Rep* 2014;13:179–85. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000052>.
- [20] Smith CA. The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;19:12–7.
- [21] Lawand P, Lombardi Júnior I, Jones A, Sardim C, Ribeiro LH, Natour J. Effect of a muscle stretching program using the global postural reeducation method for patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Jt Bone Spine* 2015;82.
- [22] Fradkin AJ, Zazryn TR, Smoliga JM. Effects of warming-up on physical performance: A systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res* 2010;24.
- [23] Hakim H. Optimisation Biomécanique et Neuromusculaire de la performance et prévention de la santé des artistes du cirque. *Sci Tech Des Act Phys Sport* 2020.
- [24] Bishop D. Performance Changes Following Active Warm Up and How to Structure the Warm Up. *Sch Hum Mov Exerc Sci* 2003;33.
- [25] Gelder LHV, Bart SD. The effect of acute stretching on agility performance. *J Strength Cond Res* 2011;25.

- [26] Alipasali F, Papadopoulou SD, Gissis I, Komsis G, Komsis S, Kyranoudis A, et al. The Effect of Static and Dynamic Stretching Exercises on Sprint Ability of Recreational Male Volleyball Players. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16.
- [27] Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki O, Galy O, et al. Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *J Strength Cond Res* 2010;24:2001–11. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E3181AEB181>.
- [28] Turki O, Chaouachi A, Drinkwater EJ, Chtara M, Chamari K, Amri M, et al. Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *J Strength Cond Res* 2011;25:2453–63.
- [29] Fletcher IM. An investigation into the effect of a pre-performance strategy on jump performance. *J Strength Cond Res* 2013;27.
- [30] Morrin N, Redding E. Acute effects of warm-up stretch protocols on balance, vertical jump height, and range of motion in dancers. *J Dance Med Sci* 2013;17:34–40.
- [31] Melocchi I, Filipas L, Lovecchio N, de Nardi M, la Torre A, Codella R. Effects of different stretching methods on vertical jump ability and range of motion in young female artistic gymnastics athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2021;61:527–33.
- [32] Montalvo S, Dorgo S. The effect of different stretching protocols on vertical jump measures in college age gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness* 2019;59.
- [33] Barroso R, Tricoli V, Dos Santos Gil S, Ugrinowitsch C, Roschel H. Maximal strength, number of repetitions, and total volume are differently affected by static-, ballistic-, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *J Strength Cond Res* 2012;26:2432–7.
- [34] Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, Mchugh MP, Stout JR. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J Strength Cond Res* 2008;22.
- [35] Fletcher IM, Anness R. The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *J Strength Cond Res* 2007;21.
- [36] Taylor KL, Sheppard JM, Lee H, Plummer N. Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component. *J Sci Med Sport* 2009;12.
- [37] Bengtsson V, Yu JG, Gilenstam K. Could the negative effects of static stretching in warm-up be balanced out by sport-specific exercise? *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58.
- [38] Fletcher IM, Jones B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res* 2004;18.
- [39] Sayers AL, Farley RS, Fuller DK, Jubenville CB, Caputo JL. The effect of static stretching on phases of sprint performance in elite soccer players. *J Strength Cond Res* 2008;22:1416–21.
- [40] Amiri-Khorasani M, Sahebozamani M, Tabrizi KG, Yusof AB. Acute effect of different stretching methods on Illinois agility test in soccer players. *J Strength Cond Res* 2010;24.
- [41] Oliveira LP, Vieira LHP, Aquino R, Manechini JPV, Santiago PRP, Puggina EF. Acute Effects of Active, Ballistic, Passive, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Sprint and Vertical Jump Performance in Trained Young Soccer Players. *J Strength Cond Res* 2018;32.
- [42] Alemdaroğlu U, Köklü Y, Koz M. The acute effect of different stretching methods on sprint performance in taekwondo practitioners. *J Sports Med Phys Fitness* 2017;57.
- [43] Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2007;21.
- [44] Blazevich AJ, Gill ND, Kvorning T, Kay AD, Goh AG, Hilton B, et al. No Effect of Muscle Stretching within a Full, Dynamic Warm-up on Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc* 2018;50.
- [45] Haddad M, Prince MS, Zarrouk N, Tabben M, Behm DG, Chamari K. Dynamic stretching alone can impair slower velocity isokinetic performance of young male handball players for at least 24 hours. *PLoS One* 2019;14.
- [46] Biomécanique des sauts : Les différents types de sauts n.d.

- [47] Chelly MS, Hermassi S, Shephard RJ. Effects of In-Season Short-term Plyometric Training Program on Sprint and Jump Performance of Young Male Track Athletes. *J Strength Cond Res* 2015;29:2128–36.
- [48] Stojanović E, Ristić V, McMaster DT, Milanović Z. Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med* 2016 475 2016;47:975–86.
- [49] Goran Markovic 1, Drazan Dizdar, Igor Jukic MC. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests - PubMed. *J Strength Cond Res* n.d.
- [50] Bobbert MF, Gerritsen KGM, Litjens MCA, Van Soest AJ. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc* 1996;28.
- [51] Sayers SP, Harackiewicz D V., Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31.
- [52] Cometti G. Centre d'expertise de la performance : la détente et la pliométrie. UFR STAPS Dijon n.d.
- [53] Cometti G. Centre d'expertise de la performance : les mécanismes de la force. UFR STAPS Dijon n.d.
- [54] Traditional and ankle-specific vertical jumps as strength-power indicators for maximal sprint acceleration - *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, December 2014, p.694 Vol. 54 No. 6 n.d.
- [55] Repeat Jump - *Sciences du sport - Sciences et Ingénierie du Sport et de l'Exercice* n.d.
- [56] Abalakov Jump - *Sciences du sport - Sciences et Ingénierie du Sport et de l'Exercice* n.d.
- [57] Dicoduspport : définition sport - stretching. *Dico Du Sport* n.d. <https://dicoduspport.fr/definition-sport/stretching/>.
- [58] Stretching - Exercices : pourquoi s'étirer ? n.d. <https://www.domyos.fr/exercices-de-stretching>.
- [59] Philippe Baudoin. Les étirements : comment s'étirer ? *Sport Passion* n.d. <https://www.sport-passion.fr/conseils/etirements-pratique.php>.
- [60] Waymel T. *Stretching : Pratique et techniques* p.25 1999.
- [61] Canal M. *La souplesse : quelques mises au point* p.33. *J Traumatol Du Sport* 2005;22.
- [62] P. M. *Les étirements : une approche de l'amélioration de la mobilité, la souplesse par les étirements* n.d.
- [63] J. W, J. W. *Manuel d'entraînement : physiologie de la performance sportive et de son développement dans l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent*, p273. Paris: Vigot Frères; 1997.
- [64] Institut de Myologie : rubrique Enseignement, connaissance sur le muscle. *Inst Myol* n.d. <https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/>.
- [65] Dufour M, Gillot C. *Anatomie de l'appareil locomoteur. Tome 1, Membre inférieur*, p.17 2015:552.
- [66] *Medicinus* : rubrique 1ère année, physiologie d'un muscle. *Medicinus* n.d. <https://www.medicinus.net/physiologie-muscle/>.
- [67] Laure Duchamp. SVT : Contraction musculaire et apport d'énergie. Juin 2020 n.d. <https://svtlyceedevenue.com/spe-svt-terminale/corps-humain-et-sante/produire-le-mouvement-produire-le-mouvement-contraction-musculaire-et-apport-denergie/>.
- [68] Etienne Roux UFR SV. *LES MUSCLES : Structure du sarcomère*. SVT Second n.d. <https://apluseduc.com/1206-i-les-muscles-niveau-d-organisation>.
- [69] GALVANI L. De viribus electricitatis in motumusculari commentarius. *Artium Inst Atque Acad Comment Vol VII*, Pp 363-418 n.d. [https://www.christies.com/lot/lot-galvani-luigi-de-viribus-electricitatis-in-6216696/?lid=4&from=relatedlot&intobjectid=6216696&sc\\_lang=zh-cn](https://www.christies.com/lot/lot-galvani-luigi-de-viribus-electricitatis-in-6216696/?lid=4&from=relatedlot&intobjectid=6216696&sc_lang=zh-cn).
- [70] Mackenzie J. A Preliminary Inquiry into the Tonicity of the Muscle Fibres of the Heart. *Br Med J* 1905;2.
- [71] Kazamel M, Warren PP. History of electromyography and nerve conduction studies: A tribute to the founding fathers. *J Clin Neurosci* 2017;43.

- [72] Marey M. Lectures on the Graphic Method in the Experimental Sciences, and on its Special Application to Medicine. *Br Med J* 1876;1:1–3.
- [73] Hartree W, Hill A V. The recovery heat-production in muscle. *J Physiol* 1922;56.
- [74] BOZLER E. Plasticity of contractile elements of muscle as studies in extracted muscle fibers. *Am J Physiol* 1952;171.
- [75] SCHOEPFLE GM, GILSON AS. Elasticity of muscle in relation to actively developed twitch tension. *J Cell Comp Physiol* 1946;27.
- [76] Parsons C, Porter KR. Muscle relaxation: evidence for an intrafibrillar restoring force in vertebrate striated muscle. *Science* 1966;153.
- [77] Streeter DD, Kirkendall GW. Myofilament flexibility: a possible role in Hill's model for cardiac and skeletal muscle. *Recent Adv Stud Cardiac Struct Metab* 1975;8.
- [78] Canon F. Site : Physiologie des systèmes intégrés, les principes et fonctions : rubrique les effecteurs musculaires - le muscle strié squelettique - Modèle mécanique appliqué au muscle strié squelettique. Ressources Unisciel n.d. <https://ressources.unisciel.fr/physiologie/co/2g1.html>.
- [79] Christophe G. Kiné actualité : Christophe GEOFFROY : Les étirements. *Kiné Actual* N° 1398 n.d. <https://www.kineactu.com/article/7804-christophe-geoffroy-les-etirements-un-reflexe-de-vie-a-adopter-br>.
- [80] Stretching : actif, passif et activo passif. Pédagogie de Limoges n.d.
- [81] De Séance D. Fédération Française EPGV : Intentions éducatives Descriptif technique Rythmique Variantes Postures et consignes supplémentaires. *Sport Santé* n.d.
- [82] EPS Séries générales et technologiques : étirements. EF Maroc n.d.
- [83] Yamaguchi T, Ishii K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J Strength Cond Res* 2005;19.
- [84] Josée-Anne Filion. *Physio Sélect* : Les étirements statiques sont-ils bons ou mauvais? *Physiotherapy* n.d. <https://www.physioselect.ca/2018/10/25/etirements-2/>.
- [85] Dr. Bahram Jam P. Questioning the Use of Static Stretching Before and After Athletic Activities. *Phys Ther Educ Inst* 2015.
- [86] Mélissa Lequy. Étirements statiques VS dynamiques. *Axo Physio Santé Réadaptation Physio Santé Réadaptation* n.d. <https://axophysio.com/etirements-statiques-vs-dynamiques/>.
- [87] Dr Inès Nyadanu-Pollet, *Sport M du*. Etirements : statiques ou dynamiques ? *Passept Santé* n.d. <https://www.passeportsante.net/fr/forme/sport/Fiche.aspx?doc=etirements-statiques-dynamiques> (accessed May 2, 2022).
- [88] Opplert J, Babault N. Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance: An Analysis of the Current Literature. *Sports Med* 2018;48:299–325.
- [89] DEVILLIERS J. Facilitation Neuromusculaire Proprioceptive (PNF) : Un concept de traitement dynamique et sa place en rééducation. *Kiné Actual* 2013.
- [90] LR Osternig 1, R Robertson , R Troxel PH. Activation musculaire lors de techniques d'étirement de facilitation neuromusculaire proprioceptive (PNF). *Suis J Phys Med* n.d. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3434629/>.
- [91] Hammami A, Zois J, Slimani M, Russel M, Bouhleb E. The efficacy and characteristics of warm-up and re-warm-up practices in soccer players: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58:135–49. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06806-7>.
- [92] Perrier ET, Pavol MJ, Hoffman MA. The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *J Strength Cond Res* 2011;25.
- [93] Loughran M, Glasgow P, Bleakley C, McVeigh J. The effects of a combined static-dynamic stretching protocol on athletic performance in elite Gaelic footballers : A randomised controlled crossover trial. *Phys Ther Sport* 2017;25.
- [94] Ryan ED, Everett KL, Smith DB, Pollner C, Thompson BJ, Sobolewski EJ, et al. Acute effects of different volumes of dynamic stretching on vertical jump performance, flexibility and muscular endurance. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014;34.

- [95] Fletcher IM. The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *Eur J Appl Physiol* 2010;109.
- [96] Faigenbaum AD, Bellucci M, Bernieri A, Bakker B, Hoorens K. Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *J Strength Cond Res* 2005;19.
- [97] Needham RA, Morse CI, Degens H. The acute effect of different warm-up protocols on anaerobic performance in elite youth soccer players. *J Strength Cond Res* 2009;23.
- [98] Taher AV, Parnow A. Level of functional capacities following soccer-specific warm-up methods among elite collegiate soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2017;57.
- [99] Kruse NT, Barr MW, Gilders RM, Kushnick MR, Rana SR. Effect of different stretching strategies on the kinetics of vertical jumping in female volleyball athletes. *J Sport Heal Sci* 2015;4.
- [100] Jaggars JR, Swank AM, Frost KL, Lee CD. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *J Strength Cond Res* 2008;22.
- [101] Holt BW, Lambourne K. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2008;22.
- [102] Christensen BK, Nordstrom BJ. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and dynamic stretching techniques on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2008;22.
- [103] Pacheco L, Balius R, Aliste L, Pujol M, Pedre C. The acute effects of different stretching exercises on jump performance. *J Strength Cond Res* 2011;25.
- [104] Carvalho FLP, Carvalho MCGA, Simão R, Gomes TM, Costa PB, Neto LB, et al. Acute effects of a warm-up including active, passive, and dynamic stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2012;26.
- [105] Dalrymple KJ, Davis SE, Dwyer GB, Moir GL. Effect of static and dynamic stretching on vertical jump performance in collegiate women volleyball players. *J Strength Cond Res* 2010;24.
- [106] Pagaduan JC, Pojskić H, Užičanin E, Babajić F. Effect of various warm-up protocols on jump performance in college football players. *J Hum Kinet* 2012;35.
- [107] Avela J, Finni T, Liikavainio T, Niemelä E, Komi P V. Neural and mechanical responses of the triceps surae muscle group after 1 h of repeated fast passive stretches. *J Appl Physiol* 2004;96.
- [108] Haute Autorité de Santé : Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique - État des lieux n.d. [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_1600564/fr/niveau-de-preuve-et-gradation-des-recommandations-de-bonne-pratique-etat-des-lieux](https://www.has-sante.fr/jcms/c_1600564/fr/niveau-de-preuve-et-gradation-des-recommandations-de-bonne-pratique-etat-des-lieux).

## ANNEXES

### ▪ Annexe 1 : Échelle PEDro

#### Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>	où:

### ▪ Annexe 2 : Échelle AMSTAR-2

Tableau I. Traduction française de AMSTAR-2.

Items	Cotation
1	Est-ce que les questions de recherche et les critères d'inclusion de la revue ont inclus les critères PICO ?
2	Est-ce que le rapport de la revue contenait une déclaration explicite indiquant que la méthode de la revue a été établie avant de conduire la revue ? Est-ce que le rapport justifiait toute déviation significative par rapport au protocole ?
3	Les auteurs ont-ils expliqué leur choix de schémas d'étude à inclure dans la revue ?
4	Les auteurs ont-ils utilisé une stratégie de recherche documentaire exhaustive ?
5	Les auteurs ont-ils effectué en double la sélection des études ?
6	Les auteurs ont-ils effectuée en double l'extraction des données ?
7	Les auteurs ont-ils fourni une liste des études exclues et justifié les exclusions ?
8	Les auteurs ont-ils décrit les études incluses de manière suffisamment détaillée ?
9	Les auteurs ont-ils utilisé une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue ?
10	Les auteurs ont-ils indiqué les sources de financement des études incluses dans la revue ?
11	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils utilisé des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats ?
12	Si une méta-analyse a été effectuée, les auteurs ont-ils évalué l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves ?
13	Les auteurs ont-ils pris en compte le risque de biais des études individuelles lors de l'interprétation / de la discussion des résultats de la revue ?
14	Les auteurs ont-ils fourni une explication satisfaisante pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue, et une discussion sur celle-ci ?
15	S'ils ont réalisé une synthèse quantitative, les auteurs ont-ils mené une évaluation adéquate des biais de publication (biais de petite étude) et ont discuté de son impact probable sur les résultats de la revue ?
16	Les auteurs ont-ils rapporté toute source potentielle de conflit d'intérêts, y compris tout financement reçu pour réaliser la revue ?

## PROTOCOLE D'ÉCHAUFFEMENT : EFFETS DES ÉTIREMENTS DYNAMIQUES DANS LES PERFORMANCES DE SAUT

### RÉSUMÉ

**Introduction :** La mise en place d'un programme d'entraînement adapté va permettre de préparer les sportifs et d'optimiser leurs performances avant l'effort. Intégrer des étirements dynamiques lors de l'échauffement a permis d'augmenter la force, la puissance et la vitesse des performances de sauts. Cependant, les études scientifiques sont encore trop peu nombreuses et leur niveau de preuve reste à ce jour de trop faible qualité.

**Objectif :** Prouver que lors d'un protocole d'échauffement, les étirements dynamiques s'avèrent plus efficaces que les autres et qu'ils permettent ainsi d'améliorer les performances de saut.

**Méthode :** Nous avons effectué nos recherches sur différentes bases de données : Pubmed, Pedro et Cochrane. Quatre essais cliniques randomisés ont été intégrés à notre revue. Les participants étant tous des jeunes sportifs, ils ont suivi le même protocole expérimental où ils devaient réaliser ou non selon leur groupe, un type d'étirement avant d'effectuer les différents tests de sauts.

**Résultats :** Des résultats statistiquement non significatifs ont été obtenus dans l'ensemble de nos études. Les DS ont permis d'augmenter les performances de CMJ alors que les SS les ont fortement diminués. Les résultats pour le SJ et DJ n'ont montré aucune différence significative bien que les DS aient permis d'obtenir des hauteurs de saut plus élevées par rapport aux autres étirements.

**Discussion :** A ce jour, aucune conclusion ne peut être faite sur l'effet des DS. Les études incluses étaient très hétérogènes et de qualité beaucoup trop faible pour pouvoir interpréter au niveau statistique les résultats obtenus. Des recherches de meilleure qualité méthodologique doivent être faites afin de mettre en évidence l'effet bénéfique des DS sur les performances de sauts.

**Mots clés :** protocole d'échauffement/effets des étirements/étirements dynamiques/performances de saut/saut vertical/jeunes sportifs

## WARM-UP PROTOCOL : EFFECTS OF DYNAMIC STRETCHING ON JUMP PERFORMANCE

### ABSTRACT

**Introduction :** The implementation of an adapted training program will help prepare athletes and optimize their performance before the effort. Incorporating dynamic stretching during the warm-up has been shown to increase strength, power and speed of jumping performance. However, scientific studies are still too few and their level of proof remains too low.

**Objective :** To prove that during a warm-up protocol, dynamic stretching are more effective than other stretches and therefore improves jumping performance.

**Method :** We did our searches on different databases: Pubmed, Pedro and Cochrane. Four randomized clinical trials were included in our review. The participants were all young athletes and followed the same experimental protocol where they had to perform or not, depending on their group, a type of stretching before performing the different jump tests.

**Results :** Statistically insignificant results were obtained in all our studies. DS increased CMJ performance while SS significantly decreased it. The results for SJ and DJ showed no significant difference although DS resulted in higher jump heights compared to the other stretches.

**Discussion :** Actually, no conclusions can be drawn on the effect of the DS. The studies included were very heterogeneous and of much too low quality to be able to interpret the results obtained at the statistical level. Research of better methodological quality must be done in order to highlight the beneficial effect of DS on jumping performance.

**Key words :** warm-up protocol/stretching effects/dynamic stretching/jump performance/vertical jump/young athletes