



**HAL**  
open science

# La pliométrie aquatique : Une alternative efficace pour diminuer les contraintes imposées par la pliométrie classique ?

Mathilde Trouvé

## ► To cite this version:

Mathilde Trouvé. La pliométrie aquatique : Une alternative efficace pour diminuer les contraintes imposées par la pliométrie classique ?. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03125074

**HAL Id: dumas-03125074**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03125074>**

Submitted on 29 Jan 2021

**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.

**La pliométrie aquatique :  
Une alternative efficace pour diminuer les  
contraintes imposées par la pliométrie  
classique ?**

**TROUVÉ Mathilde**

Directeur de Mémoire : Mme THOMAS-VOLLARO Nathalie

## Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier toutes les personnes ayant contribué à la rédaction de ce mémoire.

Dans un premier temps, je voudrais exprimer mes remerciements à ma maîtresse de mémoire Madame THOMAS-VOLLARO Nathalie, cadre de santé au centre de rééducation Saint Martin sud, pour son implication, ses conseils et son soutien tout au long de cette année.

Je tiens également à remercier toute l'équipe pédagogique et les intervenants professionnels de l'Institut de Formation en Masso-kinésithérapie, qui ont été présents et qui m'ont fourni tous les outils nécessaires à la réussite de mes études.

Je souhaiterais également adresser mes remerciements à Francis VANTARD, qui m'a aidé dans la recherche de ma problématique et la mise en place de ce mémoire, qui a de plus été un tuteur de stage en or. Et plus généralement à toute l'équipe de L'atelier santé avec qui mes études ont pris une autre dimension.

Je remercie particulièrement mes parents Valérie et Christophe, sans qui je n'aurais pu suivre cette formation et réaliser ce métier. Alors merci pour m'avoir toujours soutenue dans mes choix, pour m'avoir encouragée face à chaque épreuve. Leurs conseils, encouragements et soutien attentionnés m'ont été une aide précieuse pour la réalisation de ce cursus.

Un grand merci à Thomas pour son soutien infailible tout au long de mes études. Merci pour tes nombreuses lectures et relectures.

Enfin, je tiens à remercier mes amis et spécialement mes camarades de promotion pour leur temps, leurs conseils, leur aide et leur soutien dans la rédaction de ce mémoire. Merci pour toutes ces heures passées ensemble.

A toutes les personnes citées et ceux que je ne n'ai pas pu citer, je vous adresse mes remerciements les plus sincères, je suis honorée et fière de partager ces moments à vos côtés. Vous avez tout mon respect et toute ma gratitude.

## Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Préface.....	1
1.2	Rappel anatomique .....	1
1.2.1	Système Osseux et articulaire .....	1
1.2.2	Système Musculaire .....	4
1.3	La pliométrie.....	6
1.3.1	Description de la technique .....	6
1.3.2	Les buts.....	8
1.3.3	Les principes .....	8
1.3.4	La réalisation des séances .....	9
1.4	Quelles sont les contraintes engendrées par la pliométrie ? .....	10
1.5	L'apport du milieu aquatique .....	10
1.6	Les facteurs étudiés.....	12
1.7	L'hypothèse théorique .....	13
1.8	Objectifs de la revue.....	14
2	Méthode.....	15
2.1	Critères d'éligibilité des études sélectionnées.....	15
2.1.1	Schéma d'études .....	15
2.1.2	Population .....	16
2.1.3	Intervention.....	16
2.1.4	Critères de jugement.....	17
2.2	Méthodologie de recherche.....	17
2.2.1	Bases de données investiguées.....	17
2.2.2	Equation de recherche .....	18
2.3	Extraction et analyse des données.....	19
2.3.1	Sélection des études .....	19
2.3.2	Extraction des données .....	20
2.3.3	Analyse Validité interne .....	20
2.4	Méthode de synthèse des résultats .....	21
3	Résultats.....	22
3.1	Description des études incluses et exclues.....	22
3.1.1	Diagramme de flux .....	22

3.1.2	Etudes incluses.....	24
3.1.3	Etudes exclues.....	25
3.2	Description et analyse des biais retrouvés .....	26
3.2.1	Analyse PEDro .....	26
3.2.2	Analyse de la pertinence clinique .....	28
3.3	Les effets de la pliométrie aquatique sur les principaux critères de jugements .....	29
3.3.1	Les effets sur le critère de jugement principal : la douleur .....	29
3.3.2	Les effets sur le critère de jugement secondaire : l'efficacité .....	32
3.4	Synthèse des résultats.....	36
4	Discussion.....	37
4.1	Analyse et interprétation des résultats obtenus .....	37
4.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	40
4.3	Force du niveau de preuves des résultats et biais potentiels de la revue .....	42
4.3.1	Niveau de preuves.....	42
4.3.2	Biais potentiels .....	43
5	Conclusion .....	45
5.1	Implication pour la pratique clinique .....	45
5.2	Implication pour la recherche .....	45
6	Bibliographie .....	47
7	Annexes .....	50

# 1 Introduction

## 1.1 Préface

Le sujet de cette revue de littérature est de voir si l'apport du milieu aquatique à la pliométrie classique permet de diminuer les contraintes entraînées habituellement par sa réalisation sur le sol. Le but est également de voir si la réalisation dans l'eau ne diminue pas son efficacité. L'apport de ce milieu, s'il se révèle positif, pourrait avoir un intérêt aussi bien dans la rééducation des pathologies sportives (avec une pratique de la pliométrie plus précocement), que dans la réathlétisation avant un retour sur terrain, par un travail plus poussé de l'excentrique et de la force explosive. Mais il pourrait aussi avoir un intérêt dans la prévention des blessures, qu'elles soient dans le sport par un manque de préparation, ou dans la pratique de la pliométrie classique que l'on sait contraignante pour les muscles et les articulations.

Cette introduction commencera donc par un rappel succinct de l'anatomie du membre inférieur et de la physiologie musculaire pour mieux comprendre les explications sur la pliométrie qui arriveront ensuite. Puis nous verrons les effets que peut apporter le milieu aquatique. Nous expliquerons également les différents facteurs étudiés que l'on retrouvera dans nos études. Nous finirons par voir l'hypothèse théorique ainsi que l'objectif de cette revue. Tout cela dans le but que le lecteur possède les bases de chaque concept et notion abordés tout au long de la revue, lui permettant ainsi d'avoir une bonne compréhension.

## 1.2 Rappel anatomique

Nous allons réaliser un rappel succinct de l'anatomie du membre inférieur. Nous ne nous concentrerons que sur le membre inférieur car c'est lui qui reçoit le plus de contraintes dans la pliométrie que nous allons étudier.

Les différentes structures, qu'elles soient osseuses, articulaires, ligamentaires ou musculaires seront décrites. Néanmoins, toutes les fonctions, actions et insertions non pertinentes ne seront pas détaillées, cependant pour certaines d'entre elles nous irons plus loin lorsque cela pourra aider à la compréhension de la revue.

Pour la rédaction de cette partie nous nous baserons sur l'ouvrage Dufour 2015 [1] ainsi que sur l'atlas d'anatomie de A.M Gilroy [2].

### 1.2.1 Système Osseux et articulaire

Le système osseux du membre inférieur commence par la ceinture pelvienne qui permet de rattacher le membre inférieur au tronc par l'intermédiaire de l'os coxal, qui est un os pair et non symétrique. Il est articulé à l'arrière avec le sacrum (qui se prolonge par le coccyx) et se rejoint vers l'avant pour former le pubis. On retrouve ensuite le fémur venant s'articuler avec l'os coxal, qui est un os long formant le squelette de la cuisse. Plus distalement, on retrouve la patella qui est os plat, sésamoïde (faisant partie intégrante de l'appareil extenseur du

genou). S'articulant avec le fémur on trouve le tibia et la fibula formant le squelette du segment jambier.

Puis, enfin les os du pied que nous pouvons décomposer en 2 groupes : le tarse ou arrière-pied et l'avant pied. Le tarse est composé de 7 os qui sont le talus et le calcaneus formant le tarse postérieur, tandis que le cuboïde, le naviculaire et les 3 cunéiformes forment le tarse antérieur.

Les 5 métatarsiens et leur 3 phalanges correspondantes, sauf pour l'hallux qui n'en possède que 2, forment quant à eux l'avant pied.

Chacunes de ces structures forment des articulations que nous allons à présent décrire. Pour chaque articulation, nous parlerons, des éléments osseux en présence, des surfaces articulaires, des moyens d'union ainsi que de leurs systèmes ligamentaires.

### ➤ Articulation de la Hanche

L'articulation de la hanche ou articulation coxo fémorale, est la plus grosse articulation du corps humain. Elle est située à la racine du membre inférieur (MI), elle permet de gérer l'orientation du MI dans l'espace. Elle est portante et nécessite une excellente stabilité. C'est une articulation congruente mettant en relation : l'acétabulum, la tête du fémur, le labrum et le ligament transverse. C'est une articulation sphéroïde qui a donc 3 degrés de liberté permettant les mouvements de Flexion/Extension – Abduction/ Adduction – Rotation interne/ Rotation externe.

Les moyens d'union de cette articulation sont les suivants : la capsule (formée de 3 types de fibres ayant des orientations différentes), le ligament de la tête, le ligament ilio-fémoral et le pubo-fémoral sont qualifiés de ligaments antérieurs tandis que le ligament ischio-fémoral est qualifié de postérieur.

### ➤ Articulation du genou

L'articulation du genou est composée de 2 articulations : la fémoro-patellaire et la fémoro-tibiale. Elles sont indissociables tant anatomiquement que fonctionnellement. Nous avons donc 3 os en présence : le fémur, le tibia et la patella.

L'articulation fémoro-patellaire met en relation la trochlée du fémur avec la patella. C'est une articulation de type ginglyme qui ne possède qu'un degré de liberté. L'articulation fémoro-tibiale quant à elle met en relation les condyles fémoraux avec le plateau tibial. Cette articulation a quant à elle 2 degrés de liberté. Dans cette articulation intervient une autre structure fibro-cartilagineuse : les ménisques. Ces derniers jouent un rôle important dans la mobilité et la stabilité du genou. Ils ont une forme triangulaire et s'interposent entre les condyles fémoraux et le plateau tibial.

Ces 2 articulations indissociables fonctionnent ensemble pour donner au genou 2 types de mouvements : Flexion/Extension – Rotation interne/Rotation externe. Les moyens d'unions de cette articulation sont : la capsule, les ménisques, la synoviale et les ligaments.

Pour le système ligamentaire, on retrouve au niveau du genou :

- Le système collatéral : avec les 2 ligaments collatéraux tibial (interne) et fibulaire (externe). Ils permettent de limiter les mouvements en valgus/varus.
- Le système central : avec le ligament croisé antérieur (LCA), limitant les mouvements de tiroir antérieur et de rotation interne, et le ligament croisé postérieur (LCP) limitant les mouvements de tiroir postérieur. Les ruptures du ligament croisé sont très fréquentes chez les sportifs [3,4].
- Le système sagittal : composé des ligaments patellaire, poplité oblique et poplité arqué.
- Les rétinaculum patellaires : médial et latéral

Le genou est une articulation très sollicitée dans la pratique sportive et souvent mise à rude épreuve avec l'articulation de la cheville, que nous allons décrire juste après. Elle doit faire preuve de stabilité et de mobilité. De plus dans tous les sports de contact, de pivot ou avec des sauts elle peut recevoir des contraintes importantes. Cette articulation est souvent impliquée dans les blessures.

#### ➤ L'articulation de la cheville

L'articulation de la cheville ou Talo crurale est liée à la mobilité. Elle est composée de 3 structures : le tibia (avec la malléole interne), la fibula (avec la malléole externe) et le talus. C'est une articulation ginglyme offrant à la cheville 1 degré de liberté en Flexion dorsale/ Flexion plantaire.

Les moyens d'union de la cheville sont : la capsule, la synoviale et les ligaments.

Les ligaments retrouvés au niveau de la cheville sont au nombre de 3 :

- Le ligament collatéral fibulaire (externe) : composé de 3 faisceaux antérieur, moyen et postérieur.
- Le ligament collatéral tibial (interne) : composé de 2 plans : un profond avec une faisceau antérieur et postérieur et un plan superficiel appelé plus communément le ligament deltoïdien.
- Le ligament fibulo-talo-calcaneén

La cheville est anatomiquement et fonctionnellement liée à une autre articulation qui est l'articulation tibio-fibulaire. Elle est composée d'une articulation supérieure (au niveau du genou) qui est une surface plane (permettant glissement et bâillement), tandis que l'articulation inférieure (au niveau de la cheville) est une syndesmose (ayant une action de pince permettant des mouvements d'écartement/ rapprochement). Cette articulation possède des ligament tibio-fibulaire inférieur et supérieur.



### ➤ Les articulations du pied

Elles sont très nombreuses et nous les détaillerons très succinctement :

- La subtalaire : entre le talus et le calcanéus, cette articulation est une trochoïde. On trouve les ligaments talo-calcaneen interosseux, latéral, médial et latéral. Elle permet la stabilité à la mise en charge du corps
- La transverse médiale du tarse entre le naviculaire, le talus et le fibrocartilage glénoïdien. Elle est sphéroïde et les ligaments en présence sont les ligaments : calcaneéo-naviculaire plantaire, faisceau médial du ligament bifurqué et le Talo naviculaire dorsal.
- La transverse latérale du tarse entre le calcanéus et le cuboïde dont le système ligamentaire est composé du ligament calcaneéo-cuboïdien plantaire, le ligament plantaire long, le faisceau latéral du ligament bifurqué et le calcaneéo-cuboïdien dorsal
- La tarsométatarsienne met en relation le tarse antérieur (3 cunéiformes et le cuboïde) avec la base des métatarsiens. Au niveau ligamentaire, on retrouve les ligaments inter-métatarsiens, les inter-cunéens et cunéo-cuboïdiens, les cunéo-naviculaires plantaires et les cuboïdo-naviculaires et les ligaments interosseux.
- Les 5 métatarso-phalangienne composée pour 4 d'entre elles de la tête des métatarsienne et la glène des bases des 1ères phalanges et les fibrocartilages glénoïdiens correspondants. Pour l'articulation de l'hallux, on retrouve les mêmes éléments avec la présence supplémentaire des os sésamoïdes. Pour cette articulation, les ligaments sont les ligaments collatéraux
- Les interphalangiennes : composée de la tête des phalanges avec la base de la suivante ainsi que du fibrocartilage. Les ligaments en présence sont les mêmes que pour les métatarso phalangiennes à savoir, les ligaments collatéraux.

### 1.2.2 Système Musculaire

Dans cette partie, nous ne nous attarderons pas sur la myologie précise du membre inférieur en détaillant chaque muscle en présence. Nous ferons un rappel sur les principaux groupes de muscles présents et nous nous intéresserons à la physiologie musculaire. Avant de nous pencher sur le système musculaire propre au membre inférieur rappelons que le muscle est un tissu formé de fibres musculaires douées de contraction permettant de produire un mouvement[5]. Les muscles ont un rôle important dans diverses fonctions essentielles à la vie de l'organisme. En fonction de leurs fibres et de leur type de contraction, on peut les classer en 4 groupes : les muscles lisses, les muscles striés cardiaques, les muscles striés squelettiques et les muscles striés à insertions conjonctives. Chaque muscle possède des caractéristiques fonctionnelles et anatomiques différentes. En ce qui concerne le membre inférieur, les muscles présents sont les muscles striés squelettiques.

Les muscles du MI assurent 2 principales fonctions : une fonction antigravitaire et d'appui pour la stabilité et la solidité de la posture et une fonction dynamique de locomotion et de mobilité dans l'espace. [6]

Le tableau ci-dessous résume les principaux muscles du MI en fonction de leur groupe de fonction. Il est volontairement succinct et ne présente pas la subtilité de chacun, il a pour but de résumer les principaux muscles en présence. Pour le pied, il n'y a que les mouvements d'inversion et éversion qui sont décrits. Les muscles intrinsèques du pied et leurs mouvements sont volontairement écartés.

Articulations	Groupe de fonctions	Muscles
Hanche	Fléchisseurs	Iliaque / Psoas / Droit fémoral / TFL / Sartorius
	Extenseurs	Grand fessier
	Abducteurs	Moyen Fessier/ TFL
	Adducteurs	Court/long/ grand ADD / pectinée / Gracile
	Rotateurs médiaux	TFL / Petit Fessier / Semi tendineux
	Rotateurs latéraux	Grand Fessier / Piriforme / Obturateur interne et externe / Jumeaux supérieur et inférieur / Carré fémoral
Genou	Fléchisseurs	Ischio- Jambier /Sartorius/ Gracile / poplité / Gastrocnémiens
	Extenseurs	Quadriceps / TFL (verrouillage du genou)
	Rotateurs médiaux	Sartorius / Semi tendineux / Gracile / polité / Vaste médial du quad
	Rotateurs latéraux	TFL / Biceps fémoral / vaste latéral du quad
Cheville	Flexion plantaire	Triceps sural / Long fléchisseur de l'hallux et des orteils / Tibial postérieur / long fibulaire
	Flexion dorsale	Tibial Antérieur / Long extenseur des orteils et de l'hallux
Pied	Inversion (FP + ADD + Supi)	Triceps sural / Tibial postérieur / Long fléchisseur de l'hallux et des orteils
	Eversion (FD + ABD + pro)	Long extenseur des orteils / 3 <sup>ème</sup> fibulaire

Tableau 1: Rappel des principaux muscles en présence dans le MI.

Le muscle strié squelettique possède 4 propriétés : Elasticité, excitabilité, contractibilité et tonicité [7]:

- La contractibilité : c'est la faculté que possède le muscle à se raccourcir, à rapprocher ses extrémités et donc de déplacer les éléments d'une structure
- L'excitabilité : c'est la faculté du muscle à répondre à un stimulus
- La tonicité : c'est la faculté de maintien, en dehors de tout mouvement, d'un état de tension
- L'élasticité : c'est la faculté que possède le muscle de se laisser allonger par traction et de revenir à sa position initiale.

Les muscles permettent la mobilisation des segments osseux, à l'origine du mouvement. Ils représentent 40% de la masse corporelle et servent de transducteur d'énergie chimique en énergie mécanique. On retrouve un cycle permanent de dégénération et régénération des fibres musculaires. Le muscle est composé d'un squelette tendino-aponévrotique (plus rigide, variable selon les muscles), d'un tissu contractile (avec des fibres musculaire), d'un tissu conjonctif (vasculaire, nerveux). Chaque fibre musculaire est composée de myofibrilles contenant des myofilaments protéiques assurant la contractilité et les fibres sont regroupées en faisceaux. Chaque myofilament est composé d'actine et de myosine regroupées en sarcomères avec des stries Z. La traction de l'actine sur la myosine permet la contraction. [8]

On trouve 4 types de contractions :

- Concentrique : le muscle se contracte et se raccourcit. Les insertions musculaires se rapprochent.
- Excentrique : Le muscle se contracte pour freiner un mouvement ou une charge, il travaille en s'allongeant.
- Isométrique : Le muscle se contracte contre une résistance fixe et sans mouvement. Les insertions ne se déplacent pas, on est dans une contraction statique.
- Pliométrique : C'est la combinaison des régimes concentrique et excentrique. Nous expliquerons plus en détail dans la partie juste en dessous.

### 1.3 La pliométrie

#### 1.3.1 Description de la technique

La pliométrie est une technique de musculation apparue dans les années 60 en Russie. D'abord très décriée car elle engendrait plus de risques de blessures, elle s'est démocratisée dans les années 70/80 avec de nombreuses recherches permettant de mettre en avant son efficacité dans l'amélioration de la puissance et de la vitesse développées par un muscle. La pliométrie est maintenant une technique très utilisée dans la rééducation du sportif. La contraction pliométrique est un type de contraction qui est très répandue dans le geste sportif, et donc le travail de ce geste permet d'habituer et de préparer le muscle à l'effort. La pliométrie permet de décupler la force musculaire pour produire un mouvement plus puissant sur une période très courte. Elle permet d'améliorer l'explosivité et la vitesse du mouvement.

Gilles Cometti décrit la pliométrie en ces termes : « On parle d'une action musculaire pliométrique lorsqu'un muscle qui se trouve dans un état de tension est d'abord soumis à un allongement et qu'ensuite il se contracte en se raccourcissant sur une très courte durée ». [9]

La pliométrie est donc un type de travail musculaire associant sur une courte durée et sur un même muscle, une contraction excentrique (allongement dynamique et rapide) suivi d'une contraction concentrique de ce même muscle (phase de raccourcissement).

Cet enchaînement de contraction est également connu sous le nom de cycle d'étirement-raccourcissement ou « the stretch-shortening cycle » [9,10] (figure 1).

Ce cycle est toujours précédé d'une phase de pré-activation lorsque le muscle se prépare à la mise en charge. Ensuite lors de la phase de mise en charge, le muscle s'étire pour absorber l'énergie, avec une contraction en parallèle pour éviter qu'il ne s'étire trop et éviter la chute du corps. Puis s'en suit immédiatement la phase de raccourcissement, ce qui permet au muscle de propulser le corps vers le haut ou l'avant. [10]

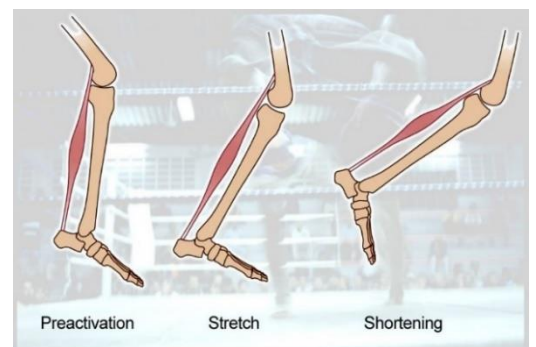


Figure 1: Illustration du cycle Étirement-raccourcissement [10]

Toujours selon G. Cometti [9] et C. Bosco [11] , le gain de force amené par la pliométrie est expliqué par 2 phénomènes :

- L'intervention du réflexe myotatique
- Le rôle joué par l'élasticité musculaire

Le réflexe myotatique ou réflexe d'étirement est un réflexe musculaire d'origine neurologique. Son rôle est de protéger le corps face à un étirement ou à un changement trop brusque ou involontaire de la longueur du muscle. Il induit une contraction musculaire réflexe pour protéger le muscle et l'articulation[12]. Ce réflexe est possible grâce aux fuseaux neuromusculaires situés sur le muscle, ce sont des capteurs qui transmettent les informations sur la longueur des muscles, c'est-à-dire de leurs états d'étirement et de contractions. [13] Un changement brutal de longueur du muscle stimule les fuseaux neuromusculaires qui envoient les informations permettant de déclencher le réflexe myotatique.

Les muscles, qui sont composés de fibres musculaires possèdent également des composantes élastiques, qui sont au nombre de 2 :

- La composante élastique en parallèle qui correspond aux enveloppes musculaires. Mais celle-ci n'intervient que lorsque les muscles sont au repos
- La composante élastique série (CES) : qui est localisée dans les tendons et dans la matière contractile. C'est cette partie qui nous intéresse.

Selon S Farcy [14] : « La CES est composée d'une fraction active située au niveau des ponts actine-myosine et d'une fraction passive correspondant au tendon et à l'aponévrose. Son rôle est d'assurer la qualité de la transmission de force musculaire au système squelettique et d'améliorer la production de force par sa capacité de stockage-restitution d'énergie. ». L'augmentation de la tension sur la CES entraînée par un étirement préalable permet au CES d'emmagasiner plus d'énergie que si la contraction est précédée d'un travail isométrique, elle agit comme un ressort. Physiologiquement, la CES permet à la fois de fournir de l'énergie mécanique permettant à un muscle de se raccourcir à une vitesse plus importante que la vitesse maximale de sa composante contractile et de sauvegarder de l'énergie pour la transférer vers les sarcomères. [15]

Les effets produits par la CES peuvent varier en fonction de la raideur myotendineuse, c'est une caractéristique propre du système musculaire. Il s'agit de la capacité du muscle à résister à une déformation élastique. L'inverse de la raideur est la compliance.

Lorsque la CES est en association avec une structure compliant, la force restituée lors d'un étirement sera plus importante que pour une structure raide. A l'inverse lorsque la CES est en association avec une structure plus raide, elle permet une meilleure transmission de la force supplémentaire développée par le muscle et elle réduit le délai d'étirement et de raccourcissement, ce qui permet une restitution d'énergie potentielle plus importante. Donc la raideur myotendineuse en association avec l'élasticité musculaire est un apport important pour la pliométrie.

Selon C Bosco[16], plus le temps de couplage est court, plus la restitution d'énergie potentielle est importante. Le temps de couplage est le temps qui s'écoule entre la phase d'étirement et la phase de raccourcissement. D'où l'importance de la réalisation rapide des enchainements. Et donc si on applique c'est deux aspects (le reflexe myotatique et l'élasticité musculaire) au cycle Etirement-raccourcissement, cela nous donne que plus la vitesse entre l'étirement et le raccourcissement est courte plus l'énergie potentielle emmagasinées dans le CES sera restituées et aura un impact positif sur le travail réalisé par le muscle.

Si on résume, la pliométrie est donc un enchainement de contraction excentrique puis concentrique dans un temps très court. On trouve donc une première phase d'étirement avec une accumulation d'énergie, puis le déclenchement du réflexe nerveux myotatique et pour finir la restitution de l'énergie par la phase de contraction concentrique.

Dans la littérature, on retrouve de nombreuses études montrant l'efficacité de la pliométrie dans la hauteur de saut, la vitesse de course, la force, le couple de force. [17–20]

### 1.3.2 Les buts

G. Cometti nous résume les effets de la pliométrie sur le muscle, elle permettrait [9] :

- « De développer des forces supérieures à la force maximale volontaire (1,5 fois voire 2 fois la force maximale volontaire)
- De diminuer les inhibitions sur le réflexe myotatique.
- D'élever le seuil des récepteurs de golgi.
- D'améliorer la sensibilité du fuseau neuromusculaire.
- De diminuer le temps de couplage
- D'augmenter la raideur musculaire. »

Le but de la pliométrie est donc de préparer au mieux le muscle a des réactions brutales de changement de longueur tel qu'il peut être contraint dans la pratique sportive. Elle permet :

- Augmenter la sollicitation nerveuse pour la vitesse de réaction
- Améliorer la force explosive
- Améliorer l'endurance
- Augmenter l'agilité et la proprioception

### 1.3.3 Les principes

La pliométrie est une technique très efficace mais elle peut aussi être délétère pour les articulations et peut créer des DOMS. Elle peut entrainer des risques traumatiques dus à la répétition et à l'intensité des chocs.[21]

Il faut la pratiquer en ayant conscience des choses à faire et ne pas faire. Nous allons voir les principes à appliquer pour éviter le risque de blessures [22]:

- Ce travail se fait de préférence avec le poids de corps, donc sans charge, et une simple variation de la hauteur suffit à augmenter son efficacité
- Faire attention aux défauts techniques et à la qualité des bonds : gainage du ventre maîtrisé, bon placement du corps lors de l'élévation, appuis corrects sans s'écraser, il faut bien amortir.
- Une préparation physique complète est nécessaire
- Respecter une progression dans la difficulté des exercices : commencer avec des bonds horizontaux (cerceaux, foulées) pour augmenter progressivement la hauteur de chute (bancs, haies)
- Pas d'utilisation abusive/exclusive de la pliométrie
- Arrêter la pliométrie 15 jours avant un objectif (compétition) car ce type de travail est très traumatisant pour les fibres musculaires (DOMS).

#### 1.3.4 La réalisation des séances

Pour une bonne application de la pliométrie et pour un programme efficace et sécuritaire pour les patients, il faut prendre en compte les facteurs intrinsèques suivants [23] :

- Age des sujets :
- Poids des sujets
- Le ratio de force
- Etat et programme actuel de musculation et vitesse de course
- L'expérience
- Les blessures antérieures ou actuelles
- Une bonne surface pour la pratique

Chaque séance doit être effectuée en présence d'un kiné ou d'un coach et chaque sujet doit être surveillé pour éviter le risque de blessure. Chaque programme qui s'étend sur plusieurs semaines doit prendre en compte[23] :

- L'échauffement : il doit être bien conduit
- La période de l'année : en fonction des compétitions de chacun
- La fréquence
- La progression en intensité et en volume
- Le repos
- La fatigue

## 1.4 Quelles sont les contraintes engendrées par la pliométrie ?

Depuis le début, nous parlons beaucoup de contraintes sans avoir explicité de quelles contraintes nous parlons. Nous allons le faire dans cette partie.

Commençons d'abord par rappeler brièvement les 4 phases que l'on retrouve dans un saut : l'élan, l'impulsion, la suspension et la réception. Dans le cas de la pliométrie, on ne retrouve que le cycle : impulsion/suspension/réception.

Dans un saut on retrouve 3 types de contraintes au niveau du membre inférieur, notamment pour les structures osseuses et ligamentaires :

- En compression : Ce sont des forces qui s'exercent l'une contre l'autre dans les articulations porteuses. Elle résulte du poids du corps et des tensions musculaires mises en jeu pour l'équilibrage et la propulsion. Lors d'un saut les contraintes en compression supportées sont égales à 20x le poids du corps. Cette contrainte se retrouve essentiellement dans la phase de réception lors de l'impact du corps au sol.
- En traction : il s'agit d'une force d'étirement sur les structures. Ce sont les ligaments les plus atteints. Les ligaments sont flexibles et souples mais peu extensibles et peu élastiques, ils n'ont donc pas une capacité d'étirement énorme. Ils peuvent être atteints dans les mécanismes entorses, c'est-à-dire lorsque les ligaments subissent un étirement trop brusque. Le genou ainsi que la cheville sont des articulations particulièrement touchées par ce risque d'entorse. [24]
- En cisaillement : lorsque les forces s'exercent de manière parallèle à l'articulation. Cette force touche notamment les ligaments croisés.

D'un point de vue musculaire, les contraintes pouvant être retrouvées après un entraînement pliométrique sont celles liées à un entraînement sportif intensif. Dans les lésions musculaires on retrouve celles par mécanisme direct (avec hématome et dilacération des fibres musculaires) ou indirect (lorsque que le muscle est soumis à une contraction brutale dépassant ses limites). Dans le cadre de la pliométrie ce sont les lésions indirectes que nous pouvons retrouver. Pour classer ces lésions nous nous basons sur la classification de Durey et Rodineau [25] qui couvre tous les stades lésionnels, du grade 0 caractérisé par la DOMS au grade 4 qui représente la déchirure complète (CF Annexe 1).

## 1.5 L'apport du milieu aquatique

Maintenant que nous avons vu les principes de la pliométrie, nous allons voir ce que peut apporter l'environnement aquatique. Dans cette partie nous allons rappeler les principes hydrodynamiques et hydrostatiques qu'apporte le milieu aquatique.

L'exercice aquatique est une forme d'exercice qui se développe de plus en plus dans le contexte de la rééducation. Ce milieu apporte des avantages mécaniques spécifiques au travers des principes hydrostatiques et hydrodynamiques. [26]

➤ L'effet thermique

L'eau a une grande capacité à retenir et à maintenir la chaleur, c'est un milieu qui permet de transmettre de l'énergie. Cet effet peut être appliqué pour diminuer les risques d'inflammation et les risques de fatigue. La chaleur apportée par l'eau va permettre une vasodilatation des vaisseaux et donc un apport en oxygène plus important au niveau des cellules et notamment des muscles. On trouve également un relâchement des tensions, permettant de plus grandes amplitudes. Le milieu aquatique permet une augmentation du seuil de la douleur ce qui permet au sportif d'aller chercher plus loin que lors de la réalisation des exercices en milieu sec.

Mais l'eau chaude (>32°) peut aussi entraîner une augmentation de la température corporelle entraînant une augmentation de la transpiration et de la déshydratation, elle entraîne une fatigue plus rapidement. A contrario, une eau froide peut entraîner une hypothermie.

Il faut donc que la température du bassin soit correcte (entre 27 et 28°) pour permettre une réalisation de la pliométrie dans les meilleures conditions.[27]

➤ L'effet hydrostatique

L'eau agit sur le corps comme un compresseur, elle entraîne une force de compression sur les parties du corps immergées. Cette action est en lien avec la pression hydrostatique, qui est la pression que l'eau exerce sur un corps immergé. Elle dépend de la profondeur d'immersion, plus la profondeur est grande, plus la pression sera élevée. Cette pression peut amener 2 effets :

- Les fluides sont amenés de la périphérie vers le centre, ce qui peut avoir un effet de drainage veino-lymphatique et elle peut également entraîner une action de massage.
- Lorsque l'immersion se fait au niveau des épaules, la poitrine est compressée également, et donc elle augmente le travail respiratoire.

La pression hydrostatique peut également entraîner une stimulation extéroceptive, ce qui entraîne une déstabilisation du corps dans l'eau obligeant à améliorer son positionnement. Cet effet permet de travailler l'équilibre.

➤ L'effet hydrodynamique

L'eau agit comme une résistance. Le fait que la résistance dans l'eau soit supérieure à celle de l'air n'est pas due uniquement à la densité mais aussi à la viscosité dynamique qui est la propriété de résistance à l'écoulement. Lorsqu'un corps bouge dans l'eau, il est confronté à 3 résistances :

- Résistance de forme : Elle est causée par le mouvement du corps dans l'eau qui entraîne une augmentation de la pression en avant corps du sujet, dans le sens du mouvement et une pression plus basse à l'arrière du sujet. La résistance augmente proportionnellement avec la force que le corps exerce sur l'eau, c'est-à-dire que plus le sujet effectuera un mouvement rapide avec une grande partie de son corps, plus la résistance sera importante.



- Résistance de vague : cette résistance est créée lorsque le corps rentre en contact avec les vagues qu'il a lui-même causé par sa progression dans l'eau.
- Résistance de friction : sûrement la plus importante des trois, il s'agit de la résistance causée par le contact direct de l'eau sur le corps du sujet. Plus la surface immergée sera importante plus cette résistance sera élevée.

➤ Le principe d'Archimède

Ce principe évoque le fait que tout corps partiellement ou totalement immergé dans un fluide, subit une force verticale de bas en haut et opposé au poids du volume de fluide déplacé. Cette loi provoque donc une diminution du poids du corps sur les articulations.

L'eau permet de contrebalancer la gravité grâce à sa haute densité. La densité est le ratio entre la substance (kg) et l'espace qu'il occupe (m<sup>3</sup>). Chaque corps plongé dans l'eau va flotter, ce qui permet de travailler en apesanteur.

## 1.6 Les facteurs étudiés

Dans notre étude, nous nous concentrerons dans un premier temps sur la contrainte engendrée sur les muscles et les articulations. Nous aurons des articles qui porteront sur :

- La douleur musculaire existante après les séances qui sera objectivée grâce à l'Echelle Visuelle Analogique (EVA)
- L'atteinte musculaire qui sera mesurée grâce à des analyse de sang dans lesquelles les thérapeutes regarderont le taux des enzymes créatine kinase (CK), Lactate Déshydrogénase pour les 2 principales et sur le Sérum Urea (SU).

Nous allons expliquer chacun des termes précédents pour une meilleure compréhension de la revue :

- **L'Echelle Visuelle Analogique (EVA)** : c'est une échelle d'auto-évaluation. Elle permet d'évaluer la douleur, qu'elle soit aiguë ou chronique. Elle est sensible, fiable et reproductible. Elle se présente sous la forme d'une réglette en plastique de 10cm avec un curseur. Dessus y figurent les chiffres de 0 à 10, 0 étant « l'absence de douleur » et le 10 « douleur maximale imaginable ». Les patients doivent placer le curseur en fonction de leur douleur ressentie. La position du curseur permet au soignant d'évaluer l'intensité de la douleur. [28]
- **La créatine Kinase (CK) ou Créatine Phosphokinase (CPK)** : C'est une enzyme située au niveau des muscles squelettiques, mais on la retrouve aussi au niveau du cœur et du cerveau. La CK a une action importante dans le métabolisme énergétique. Son rôle, au niveau des cellules musculaires est de reconstituer les réserves énergétiques utilisables par la cellule pour son énergie et sa respiration. Cette enzyme est un marqueur de la lyse des cellules musculaires lorsqu'on la retrouve dans le sang. La concentration normale de CK est comprise entre 30 et 170 U/L. [29] Dans notre étude le but sera d'évaluer l'augmentation de la CK dans le groupe Aquatique VS le groupe Sol.

- **Lactate déshydrogénase (LDH)** : La LDH est une enzyme cytoplasmique retrouvée dans plusieurs tissus. C'est un enzyme de la glycolyse (permet de transformer le sucre en énergie). C'est un marqueur des lésions tissulaires, l'augmentation de son taux dans le sang est marqueur de la lyse tissulaire. Tout comme la CK l'intérêt de notre revue sera d'évaluer son augmentation dans les analyses de sang.

Il est bon de savoir que ces 2 enzymes augmentent forcément de manière légère lors de l'activité physique, puisque l'on a régulièrement une atteinte musculaire. Le but sera donc d'observer si elles augmentent moins dans le groupe aquatique que dans le groupe sol.

- **Sérum Urée (SU)** : C'est une molécule qui provient du processus de dégradation des protéines musculaires. Elle se retrouve normalement dans les urines mais elle peut aussi être retrouvées dans le sang. Cette molécule sert également de marqueur pour les insuffisances rénale. Sa norme est de 2 à 8 mmol/l. [30]

Dans un deuxième temps notre étude portera sur l'efficacité de la pliométrie aquatique, pour cela chaque étude possède ses critères d'efficacité, nous nous baserons sur les principaux qui sont :

- La hauteur de saut
- La force maximale
- La vitesse au sprint

## 1.7 [L'hypothèse théorique](#)

Cette revue de littérature se base sur l'hypothèse théorique selon laquelle la réalisation de séances de pliométrie dans un milieu aquatique pourrait entraîner une diminution des contraintes sur les articulations et les muscles tout en restant efficace.

En effet, la réalisation dans milieu aquatique et notamment grâce à ses propriétés hydrodynamique et hydrostatique paraît être un apport intéressant. La flottabilité en association avec le principe d'Archimède permettrait ainsi de diminuer le poids du corps sur les membres inférieurs et diminuerait la force des impacts lors de la réception des sauts dans l'eau au niveau articulaire, ce qui permettrait de diminuer les contraintes en compression au niveau des os. La flottabilité pourrait également permettre de diminuer les contraintes en traction sur les ligaments en amenant un support du poids du corps et donc diminuerait la mise en tension et le travail de ceux-ci. Et pour finir la poussée d'Archimède pourrait apporter de l'aide aux muscles en aidant le sujet à remonter à la surface lors des sauts.

Tandis que les effets hydrodynamiques pourraient ajouter une résistance supplémentaire lors de la réalisation des sauts, dû aux mouvements du corps contre l'eau. Cette résistance ajoutée pourrait majorer les effets de la pliométrie qui contrebalancerait l'aide apporté par le principe d'Archimède.

## 1.8 Objectifs de la revue

Afin de déterminer l'objectif de la revue, nous utiliserons le modèle PICO. Ce modèle permet de formuler une question de recherche structurée et claire [31], il est défini par les termes suivants :

- **Population** : sujets jeunes, sans blessure, sans niveau d'activité précis
- **Intervention** : réalisation d'un programme de pliométrie aquatique
- **Comparateur** : Comparaison avec un entraînement pliométrique normal sur sol
- **Outcome** (critère de jugements) : La contrainte et l'efficacité

Chaque partie de ce modèle sera repris dans la méthode et sera détaillée tout au long de la revue.

L'objectif prépondérant de cette revue sera d'établir si la réalisation de la pliométrie dans un milieu aquatique permet de diminuer les contraintes tout en restant efficace.

De notre introduction se dégage donc notre problématique qui sera :

**La pliométrie aquatique : une alternative efficace pour diminuer les contraintes imposées par la pliométrie classique ?**

## 2 Méthode

### 2.1 Critères d'éligibilité des études sélectionnées

#### 2.1.1 Schéma d'études

Afin d'étudier si la pliométrie aquatique permet de diminuer les contraintes imposées par la pliométrie classique tout en restant efficace, les études incluses doivent permettre de démontrer l'efficacité d'un traitement par rapport à un autre traitement.

Le schéma d'étude le plus approprié pour cela est l'essai clinique randomisé.

En effet, le but d'un essai clinique randomisé est d'évaluer la tolérance ou l'efficacité d'un traitement, d'une intervention ou d'une stratégie. Ce sont des études prospectives. Pour un essai clinique bien mené il est nécessaire de maîtriser 4 notions :

- Comparaison : L'évaluation se fait à l'aide d'un comparateur (qui permet d'évaluer si notre traitement est meilleur qu'un autre).
- Signification : il faut que la différence entre les traitements soit statistiquement significative et non simplement due au hasard.
- Causalité : est-ce que la différence observée est imputable au traitement ? Pour cela, il est nécessaire que les 2 groupes (traités/contrôle) ne soient différents que par le traitement reçu.
- Randomisation : signifie que les groupes et la répartition dans les groupes sont faits de manière aléatoire [32]

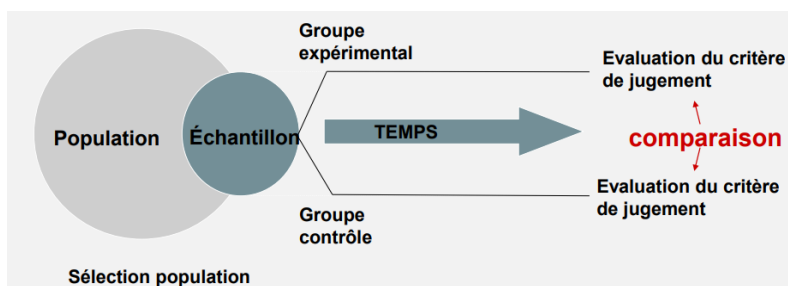


Tableau 2: Principe des Essais cliniques randomisés

Tous les modèles d'études ont des niveaux de preuves différents, pour cela la HAS a établi un classement selon le niveau de preuve (du plus faible au plus haut)[33] :

- Série de cas / Rapport d'observation
- Etudes transversales / Etudes croisées
- Etudes de cas
- Etudes de cohorte ou de suivis
- Essais contrôlés / randomisés
- Revue Systématique
- Méta-analyse

On observe que l'essai clinique randomisé a un bon niveau de preuve, c'est donc ce schéma que nous rechercherons pour l'inclusion des articles.

Mais il faut quand même rester vigilants car une étude avec un haut niveau de preuve peut néanmoins présenter des biais méthodologiques importants. Il faudra donc vérifier la qualité méthodologique des études.

Les études de cohortes, les études de cas, études transversales et les séries de cas ne seront pas incluses dans la revue car elles ne répondent pas à une question thérapeutique et n'ont pas un niveau de preuve suffisamment élevé.

La littérature de synthèse ne sera pas incluse dans cette revue, malgré son niveau de preuve important, car elles ont un risque de biais important et les études individuelles constituent un meilleur apport pour réaliser une revue de littérature.

Pour finir seules les études de moins de 20ans seront incluses, pour être en adéquation avec les données scientifiques actuelles.

### 2.1.2 Population

Cette revue s'intéresse à une population mixte. Tous les participants pourront être inclus, quel que soit le sexe, l'âge, la corpulence et le niveau sportif de chacun.

Néanmoins, des critères d'inclusion et d'exclusion pour la sélection des patients devront être explicitement cités dans chaque article.

Les critères d'inclusion des sujets seront les suivants : qu'ils n'aient pas eu de blessures dans les 6 derniers mois, qu'ils soient volontaires pour participer, et pour les femmes il ne faut pas qu'elles soient enceintes. De plus, les participants ne devront pas avoir déjà participé à un programme de pliométrie.

### 2.1.3 Intervention

L'intervention réalisée est un programme de pliométrie. Les participants aux études doivent être répartis aléatoirement dans les groupes. Chaque participant est assigné à un groupe et réalisera soit un programme classique de pliométrie au sol, soit un programme de pliométrie aquatique, dans une piscine.

Dans les études sélectionnées, la pliométrie aquatique doit au moins être comparée à la pliométrie classique.

A cette configuration « duo » peut s'ajouter un groupe contrôle, qui ne réalisera aucun exercice de pliométrie. On aurait donc une comparaison entre des données recueillies dans la pliométrie aquatique, la pliométrie classique et l'absence d'exercice.

Dans toutes les études, le programme de pliométrie s'étend au moins sur 5 semaines (minimum requis pour rentrer dans la revue) et peut aller jusqu'à 10 semaines d'entraînement. Le nombre minimum de sessions sur l'ensemble du programme est de 16 sessions d'entraînement.

Les entraînements pliométriques seront strictement identiques entre les groupes, mis à part l'environnement dû au milieu aquatique.

L'intensité évolue pour chacune des études progressivement au fur et à mesure des semaines, l'augmentation se fait soit en intensité, soit en nombre de répétitions.

#### 2.1.4 Critères de jugement

Le but de cette revue étant de définir si la pliométrie aquatique est une alternative efficace à la pliométrie classique pour diminuer les contraintes musculaires, les 2 critères de jugements seront :

- **Critère principal : La contrainte musculaire.** Les articles seront sélectionnés uniquement s'ils introduisent une mesure de la contrainte musculaire. Cette contrainte peut se traduire soit par l'atteinte musculaire (quantifiée à l'aide de prise de sang), soit par la douleur musculaire post entraînement (quantifiée par une échelle visuel analogique).
- **Critère secondaire : L'efficacité de la pliométrie aquatique.** Dans chacun des articles, l'efficacité sera évaluée au travers de différentes modalités (hauteur de saut maximale, force maximale, vitesse...).

## 2.2 Méthodologie de recherche

### 2.2.1 Bases de données investiguées

Pour cette revue, les bases de données investiguées seront : PubMed / Cochrane/ Google scholar/ Research gate. Les recherches s'effectuent en langue anglaise et en langue française.

C'est sur le site PubMed que la majorité des études seront trouvées car c'est une plateforme qui regroupe énormément d'articles médicaux mais aussi paramédicaux, publiés dans le monde entier, ce qui permet d'avoir une vision globale de tous les articles accessibles.

Pour PubMed et Cochrane ce sont des bases de données pour lesquelles nous avons pu sélectionner le filtre « essai cliniques randomisé » permettant de filtrer automatiquement les articles et de n'avoir que des articles avec un schéma d'études qui correspond à notre objectif.

Quant aux sites Research gate et Google scholar, ils nous ont permis d'obtenir les articles souhaités en PDF quand ceux-ci n'étaient pas disponibles sur PubMed et Cochrane. La plateforme de Research gate nous a permis d'avoir un contact direct avec les auteurs et de faire les demandes pour obtenir les articles en entier directement par le site.

Pour réaliser des recherches complètes et efficaces et regrouper tous les articles correspondants à notre problématique, la mise en place d'une équation de recherche est nécessaire et elle est décrite dans le paragraphe suivant.

### 2.2.2 Equation de recherche

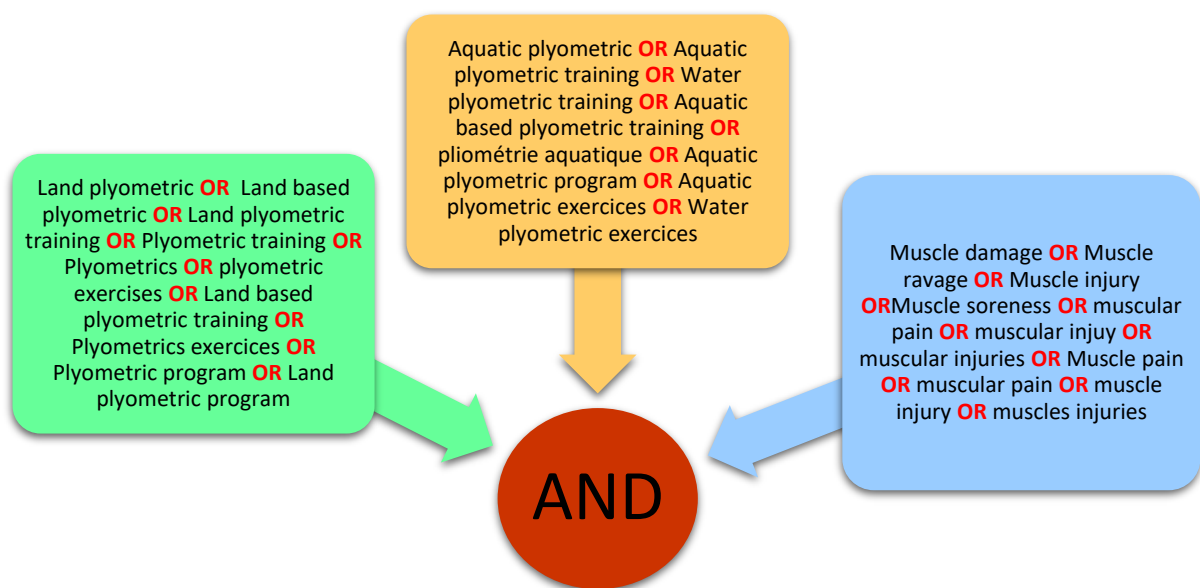
L'équation de recherche a pour but de cibler un maximum les mots clefs de la problématique pour trouver les articles s'y rapportant le plus et éviter de se retrouver avec un nombre trop considérable d'articles inutiles.

Pour cette revue, notre équation de recherche s'est décomposée en 3 parties : la pliométrie au sol, la pliométrie aquatique, et la douleur/contrainte musculaire.

Pour chaque partie, il s'agit de regrouper par l'opérateur booléen « OR » un maximum de synonymes se rapportant au thème. La présence de l'opérateur permet que pour chaque partie, lorsque l'un des synonymes mis en association est présent, l'article contenant le terme ressorte. Les synonymes sont traduits en anglais, sont mis au pluriel, au singulier et sont mis en association avec plusieurs concepts, pour sortir un maximum de combinaison possible et balayer toutes les possibilités présentes dans chaque article.

Chaque partie est ensuite regroupée avec l'opérateur « AND », ce qui permet d'avoir une équation de recherche la plus précise possible. Le navigateur recherchera donc les articles où il y aura la présence dans un articles d'un des synonymes de chaque partie.

Notre équation de recherche est schématisée par la figure ci-dessous :



Équation 1: Equation de recherche

Une fois notre équation entrée dans PubMed, la recherche se fera dans la section « Title/abstract ».

## 2.3 Extraction et analyse des données

### 2.3.1 Sélection des études

Une fois l'équation de recherche entrée dans les bases de données, plusieurs articles ressortent et il faut procéder à une sélection pour obtenir les articles utiles pour notre revue. Cette sélection se fait en 4 étapes :

1. *Suppression des doublons* : Les différentes bases de données investiguées ont donné, à la suite de l'équation de recherche, un certain nombre d'articles. Il a donc fallu repérer et supprimer les articles présents en double dans les sélections.
2. *Lecture du titre de l'article* : Une fois les articles sélectionnés, une analyse du titre est nécessaire pour exclure ceux qui ne correspondent pas aux critères d'inclusion. Les articles ne donnant aucune information sur les critères au travers de leur titre seront laissés pour ne pas réaliser d'exclusions trop rapides et nous priver d'articles potentiellement utiles.
3. *Lecture de l'abstract* : La sélection se poursuit par l'analyse du résumé donnant des informations sur la population, la durée, le modèle d'étude, les critères de jugement qui seront vérifiés.
4. *Lecture du texte en entier* : la dernière étape de la sélection des articles est la lecture du texte permettant de décider de l'inclusion définitive des articles dans la revue. Elle comporte une analyse qualitative de l'article.

Au vue de l'obtention d'un grand nombre d'articles, différentes sélections ont été appliquées afin d'affiner les recherches. Pour cela, des critères spécifiques d'inclusion et d'exclusion ont été mis en place.

L'application de ces critères d'inclusion a été mise en place pour chacune des 4 étapes de sélections citées précédemment. Les critères se font de plus en plus précis, permettant l'inclusion d'article répondant au mieux à la problématique.

Ces critères d'inclusions appliqués pour chaque étape sont synthétisés dans le tableau suivant.

Etapes	Critères d'inclusions	Critères D'exclusions
1ere	Suppression des doublons	
2 <sup>ème</sup> : Lecture du titre	<ul style="list-style-type: none"><li>• Notion de pliométrie aquatique</li><li>• Notion de plyométrie au sol</li><li>• Notion Contrainte / Efficacité</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pas de comparaisons entre les 2 techniques</li><li>• Comparaison avec d'autres surfaces</li></ul>
3 <sup>ème</sup> : Lecture de l'abstract	<ul style="list-style-type: none"><li>• Programmation dans le temps</li><li>• Publication de -20ans</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unique comparaison avec groupe contrôle et non des 2 technique entre elle</li><li>• Pas d'évolution dans le temps (Mesure instant T)</li><li>• Nombre de sujets trop faible</li></ul>
4 <sup>ème</sup> Lecture du texte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Score Pedro &lt; 5</li><li>• Essais clinique randomisés</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revue de littérature et méta-analyse</li><li>• Pas de mesure de la contrainte</li></ul>

Un article sera inclus s'il répond à tous les critères d'inclusion.

Un article sera exclu s'il ne répond à aucun critère d'inclusion ou s'il possède un critère d'exclusion.



### 2.3.2 Extraction des données

Après l'inclusion des articles, ils seront analysés et le recueil des données sera systématiquement ordonné sous forme de tableau afin de mettre en évidence les similitudes et les différences de chaque article.

Auteurs/ Année	Population / Groupes	Critères éligibilité	Critères de jugements		Programme
			Principal	Secondaire	

Tableau 3: Extraction des données

Les études seront classées dans l'ordre alphabétique des auteurs avec leur date de parution afin de les retrouver plus facilement. Les données concernant la population, les groupes et les critères d'éligibilité seront synthétisées afin de voir les similitudes et les différences de chaque étude.

Les critères de jugement seront également mis en évidence dans le tableau pour les comparer plus aisément. Enfin le programme de pliométrie, qui sera appliqué à chaque groupe sera aussi précisé ainsi que sa durée et sa fréquence.

Pour ce qui concerne les études exclues, un tableau synthétisera également les raisons de leurs exclusions avec le nombre d'études correspondant.

### 2.3.3 Analyse Validité interne

Pour évaluer la qualité méthodologique des études, une analyse critique des articles a été réalisée. Pour les essais cliniques randomisés, l'outil le plus adapté est l'échelle PEDro. Cette évaluation valide et fiable sera utilisée pour chaque étude[34].

Cette échelle comporte 11 items qui permettent de savoir si l'article possède une bonne validité externe et interne ainsi qu'une bonne interprétabilité des résultats.

Selon Pedro, « l'objectif de l'échelle PEDro est d'aider à identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne, et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables ». [35]

Le critère 1 correspond à la validité externe et ne rentre pas en compte dans le calcul du score de Pedro. Les critères 2 à 9 se rapportent à la validité interne et les critères 10 et 11 concernent l'interprétabilité des résultats. La grille est consultable en *annexe 2*.

Pour répondre aux différents critères de cette grille et être notées positivement, il faudra que les informations nécessaires à la validation de l'item soient décrites explicitement dans l'article, sinon le point ne sera pas attribué.

Cette grille permet également d'analyser les biais potentiels des études. Les items 2 à 4 correspondent au biais de sélection, les items de 5 à 7 au biais d'évaluation, l'item 8 se rapporte au biais de suivi et le 9 au biais d'attrition. Quant aux items 10 et 11, ils concernent les biais d'interprétation des résultats. Moins on a de critères validés dans une catégorie, plus on a un risque de retrouver un biais dans notre étude.

L'échelle PEDro ne permet pas de mesurer la « validité » des conclusions de l'article, ce n'est pas parce que l'étude possède un bon score PEDro, qu'elle est cliniquement utile[35].

Les études sélectionnées seront donc toutes analysées par l'intermédiaire de cette échelle et les résultats de cette analyse méthodologique seront synthétisés sous forme de tableau.

L'application de l'échelle PEDro sera accompagnée d'une analyse de la pertinence clinique des articles. Nous regarderons si la taille de l'effet du traitement est suffisamment importante, si les résultats et critères de jugements sont pertinents pour pouvoir porter un jugement sur ce résultat.

#### 2.4 Méthode de synthèse des résultats

Pour chacune des parties du modèle PICO, une analyse détaillée et précise de chaque étude incluse a été réalisée. Elle se présente sous la forme de tableaux et ce recueil de données se trouve en *Annexe 4*.

Pour les participants, un tableau a été réalisé mettant en évidence les informations suivantes : le nombre, le sexe, l'âge, la taille et le poids de chacun des sujets de chaque groupe et pour chaque étude.

Dans la partie intervention, seront présentés la durée du programme de pliométrie, le nombre de séances réalisées par semaine ainsi que le nombre de sessions totales d'entraînement dont auront bénéficié les sujets. Il y aura également dans le tableau, un résumé du programme de chaque article.

Pour ce qui concerne la partie comparateurs, un tableau indiquera si les études ont une configuration duo (Aquatique VS sol) ou trio (Aquatique VS Sol VS Contrôle).

Et enfin la dernière partie du modèle PICO portant sur les critères de jugements sera également représentée par un tableau détaillant les aspects, les outils et les modalités de mesures des critères de jugements principal et secondaire de chaque étude.

L'analyse des résultats portera d'abord sur le critère de jugement principal : la contrainte musculaire. Cette partie sera scindée en 2 selon la modalité d'analyse de chaque article (EVA ou analyse de sang). Puis elle portera sur le critère de jugement secondaire : l'efficacité. Pour cette partie les résultats seront présentés étude par étude. Cette analyse des résultats se présentera sous forme de diagramme.

## 3 Résultats

### 3.1 Description des études incluses et exclues

#### 3.1.1 Diagramme de flux

Le processus de sélection des études a été expliqué précédemment. Le diagramme de flux ci-dessous représente de manière graphique le cheminement pour obtenir les 5 études utiles pour la revue de littérature.

Lors des recherches sur les bases de données, nous avons obtenu 51 articles. Après sélections nous avons éliminé 24 doublons, laissant encore 27 articles.

La deuxième étape de la sélection basée sur la lecture des titres des articles a permis d'éliminer 10 articles, souvent dû à une comparaison avec d'autres surfaces ou parce qu'il n'y avait pas de comparaison entre les 2 techniques. Cette 2<sup>ème</sup> étape a permis de garder 17 articles.

La troisième étape représentant la lecture intégrale du texte a permis d'éliminer 7 articles, car ceux-ci présentaient souvent un critère d'exclusion, ce qui fait un total de 10 articles restants. L'analyse plus approfondie des articles représentant la 4<sup>ème</sup> étape, 5 articles sont exclus car ils ne prennent pas en compte la mesure de la contrainte. Quant à l'analyse qualitative des 5 articles restants, ils ont tous respecté les critères d'inclusions.

Pour cette revue de littérature nous avons donc 5 articles inclus.

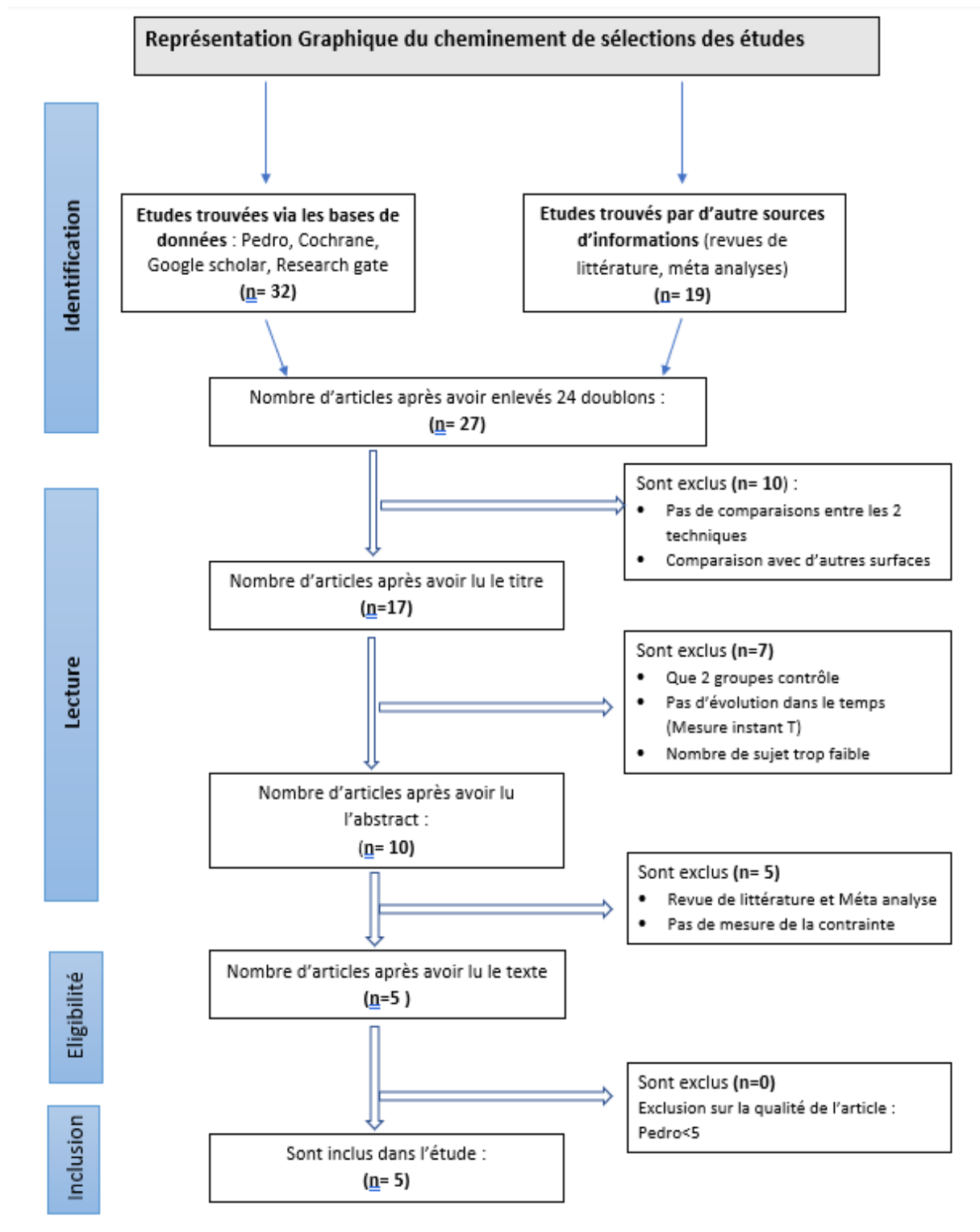


Figure 2: diagramme de flux

### 3.1.2 Etudes incluses

Suite aux recherches sur les différentes bases de données, 51 études ont donc été sélectionnées, et après l'application des critères des exclusions et d'inclusion précédemment cités, seules 5 ont été gardées pour intégrer la revue.

Les 5 études sont toutes des essais cliniques randomisés publiés en anglais depuis moins de 20 ans et comparent les contraintes engendrées entre un programme de pliométrie aquatique et un programme de pliométrie au sol tout en prenant en compte l'aspect efficacité.

Les caractéristiques détaillées de chaque étude répondant au modèle PICO sont retrouvées analytiquement en *annexe 3*.

Auteurs et dates	Titres	Objectifs
<b>Miller. Michael G, 2002</b> [36]	Comparisons of Land-Based and Aquatic-Based Plyometric Programs During an 8-Week Training Period	Comparer les effets de la PC VS PA sur les performances, la douleur musculaire et l'amplitude de mouvement
<b>Jurado-Lavanant. A, 2015</b> [37]	The Effects of Aquatic Plyometric Training on Repeated Jumps, Drop Jumps and Muscle Damage	Comparaison des effets sur le saut en hauteur, sauts répétés, et les dommages musculaires
<b>Robinson. Leah e, 2004</b> [38]	The effects of land vs aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women	Comparaison des changements sur les performances et les douleurs musculaires entre les 2 groupes
<b>Wertheimer Vlatka, 2002</b> [39]	Muscle Damage Indicators after Land and Aquatic Plyometric Training Programs	Comparer l'évolution à long terme après 8 semaines d'entraînement des dommages musculaires entre les 2 groupes via les indicateurs suivants : Lactate déshydrogénase (LDH), Créatine kinase (CK) et sérum urea (SU).
<b>Yaser Shiran. M, 2008</b> [40]	The effect of Aquatic and land plyometric training on physical Performance and muscular Enzymes in Males Wrestler	Comparaison des 2 techniques sur la performance et les blessures musculaires dans un club de lutteur

Tableau 4: *Références des études incluses*

Pour ce qui concerne la population, cette revue prend en compte à la fois des sujets masculins (n= 125) et féminins (n=52), soit un total de 177 participants. Les sujets sont jeunes et de corpulence standard avec une moyenne d'âge de : 21,2 ans, une taille moyenne (hommes et femmes confondues) de 172,5 cm et un poids moyen de 72,4 kg sur l'ensemble des études. Les sujets sont tous actifs, mais pas spécialement sportifs, sauf pour l'étude de Yaser shiran [40] qui concerne un club de lutteurs.

Pour ce qui est de l'intervention, tous les programmes de pliométrie sont identiques entre les 2 groupes. Pour 2 des 5 études [36,40] , il y a la présence d'un groupe contrôle, pour lequel aucun programme ne sera effectué.

Lorsque les patients intègrent les études, c'est le cas pour 3 des 5 études, ils s'engagent à ne pas modifier leurs habitudes d'activité. Ils doivent maintenir les activités qu'ils avaient avant de rentrer dans l'étude, mais ne doivent pas intégrer de nouvelles activités.

Pour l'études de Robinson [38], les patients ont été priés d'arrêter toutes activités en parallèle de l'étude.

Pour l'étude de Yaser Shiran [40], les lutteurs continuaient leurs entrainements collectifs classiques.

Pour les critères de jugements, en ce qui concerne la contrainte musculaire 2 études sont évaluées avec l'EVA [36,38] et 3 sont évaluées par le biais de l'analyse du dosage de la Créatine kinase, des Lactates déshydrogénase (LDH) et du Serum uréa [37,39,40].

Pour le critère de jugement secondaire, chacune des études se base sur ses propres critères pour évaluer l'efficacité, seule l'étude de Yaser Shiran [40] ne réalise aucun test fonctionnel permettant de l'évaluer.

Les données principales des études ont été extraites et sont synthétisées dans un tableau permettant de mettre en évidence les similitudes et les divergences.

Auteurs/ Année	Population / Groupes	Critères éligibilité	Critères de jugements		Programme
			Principal	Secondaire	
<i>Miller. Michael G, 2002</i>	40 sujets Mixtes 3 groupes Contrôle (n=14) Aquatique (=13) Sol (=13)	Pas de blessures Volontaire Sédentaire mais aussi actifs	Douleur musculaire (EVA)	Amplitude articulaire Force Saut vertical Force musculaire Couple de force	8 semaines 2x /sem soit 16 sessions Identiques Aux mêmes horaires 80 -120 touches
<i>Jurado- Lavanant. A, 2015</i>	65 hommes 3 groupes Contrôle (n=25) Aquatique(n=20) Sol (n=20)		Analyse de sang : CK	Répétition sauts Sauts verticaux	10 semaines, 2x/sem soit 20sessions Identiques
<i>Robinson. Leah e, 2004</i>	32 femmes 2 groupes Aquatique (n=16) Sol (n=16)	Pas enceinte En bonne santé Actives physiquement Pas de blessures (6mois précédents)	Douleur musculaire et sensibilité	Force de pointe Couple de force MI Vitesse en sprint	8 semaines 3x/semaines soit 24 sessions Identique
<i>Wertheimer Vlatka, 2002</i>	20 Hommes 2 groupes Aquatique(n=10) Sol (n= 10)	Pas de blessures dans les six derniers mois	Analyse de Sang : CK et LDH	Vitesse de sprint Changement de direction Force explosive Hauteur saut	8 semaines 2x par semaines soit 16 sessions Programme identique 150 à 200 touches
<i>Yaser Shiran. M, 2008</i>	21 hommes 3 groupes Contrôle (n=7) Aquatique (n=7) Sol (n=7)	Minimum 4ans d'entrainement Possibilité de soulever 1,5 -2x le poids de son corps en squat.	Analyse de sang : LDH et CK	Force Rapidité Agilité	5 semaines 3x par semaines soit 16 sessions de 40 à 45min Identiques

Tableau 5: Tableau présentant les différentes caractéristiques des études

### 3.1.3 Etudes exclues

Pour donner suite à la recherche sur les bases de données, 51 études sont sorties, suite à l'exclusion des doublons, il en est resté 27. Suite à l'applications des critères d'inclusions et d'exclusions, 22 études ont été exclues.

Le nombre d'articles exclus selon les critères sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Exclusion	Critères D'exclusions	Nombre d'exclus
Lecture du titre	Pas de comparaisons entre les 2 techniques	5
	Revue de littérature	2
	Comparaison avec d'autres surfaces	3
Lecture de l'abstract	Que 2 groupes contrôle	3
	Pas d'évolution dans le temps (Mesure instant T)	3
	Pas de programme de plyométrie mais 1 séance	
	Nombre de sujet trop faible	1
Lecture du texte	Ne prennent pas en compte la contrainte	5
<b>Total</b>		<b>22</b>

Tableau 6: Tableau résumant les articles exclus

### 3.2 Description et analyse des biais retrouvés

#### 3.2.1 Analyse PEDro

Comme décrit précédemment, toutes les études ont été analysées par le biais de l'échelle PEDro afin d'analyser la validité interne. L'échelle PEDro est donc constituée de 11 items, sachant que l'item 1 ne rentre pas en compte dans le score total. Plus le score est élevé, plus la qualité méthodologique de l'article est bonne[35].

Chaque étude a donc été analysée par le biais de l'échelle Pedro, dont les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Auteurs	Items											Score total / 10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Miller. Michael G, 2002	x	x	x	x				x	x	x	x	7
Jurado-Lavanan. A, 2015		x		x				x	x	x	x	6
Robinson. Leah e, 2004	x	x	x	x				x	x	x	x	7
Wertheimer Vlatka, 2002	x	x		x				x	x	x	x	6
Yaser Shiran. M, 2008	x	x		x				x	x	x	x	6

Tableau 7: Analyse PEDro

Nous allons maintenant analyser la présence des biais à l'aide des résultats obtenus. [41]

#### ➤ Validité externe : Item 1

La validité externe permet de s'assurer que le résultat de l'étude n'est pas unique en son genre mais qu'il peut être généralisé dans la vie réelle.

4 des 5 études ont décrit explicitement les critères d'éligibilité des participants.

➤ **Biais de sélection** : items 2 à 4

Ce biais intervient quand les populations étudiées ne sont pas comparables.

Toutes les études ont été randomisées (critère 2) et avaient des groupes similaires en regard des indicateurs pronostiques les plus importants (critère 4).

En revanche, on observe que 3 des 5 études présentent un **biais de sélection faible** en regard de la non-assignation secrète des patients dans les groupes (critère 3). [37,39,40]

➤ **Biais d'évaluation** : items 5 à 7

Ce biais intervient quand les sujets (critère 5), thérapeutes (critère 6) et examinateurs (critère 7) ne sont pas en aveugle, et donc que le critère de jugement n'est pas recherché de la même manière avec objectivité.

On observe que ces 3 critères ne sont respectés dans aucun des articles. En effet, il paraît évident que les sujets et les kinésithérapeutes savent si le programme se fait dans l'eau ou sur le sol. Par contre les examinateurs auraient pu être en aveugle.

On retrouve donc un risque **de biais de dévaluation élevé** dans toutes nos études.

➤ **Biais de suivi et d'attrition** : items 8 et 9

Ces biais concernent les sujets perdus de vue (critère 8) pour lesquels les résultats n'ont pas été inclus ou en intentions de traiter (items 9). Il faut dans les articles, que tous les sujets aient reçu le traitement et que leurs résultats soient interprétés ou en intention de traiter.

Pour toutes les études aucun sujet n'a été perdu de vue et donc toutes les données ont pu être intégrées au résultat, il y a donc **aucun biais de suivi ou d'attrition**.

➤ **Biais d'interprétation** : items 10 et 11

Pour chaque étude, les résultats des tests ont précisé aussi bien les résultats intergroupe (critère 10), que la mesure de la taille de l'effet du traitement et de l'estimation de la variabilité (critère 11).

On ne retrouve donc **aucun biais d'interprétation**, ce qui veut dire que les études incluses apportent suffisamment d'informations statistiques pour que les résultats soient interprétés et reproduits.

En conclusion, on observe que l'ensemble de nos articles ont un score  $\geq 6/10$ . Le principal biais retrouvé dans l'analyse interne des articles est celui de l'évaluation. On peut en conclure que nos articles ont une bonne construction méthodologique.

Cependant l'analyse de la qualité méthodologique de l'article n'est pas suffisante, il faut à cela rajouter l'analyse de la pertinence clinique.



### 3.2.2 Analyse de la pertinence clinique

La pertinence clinique se base sur la taille de l'effet et la précision du résultat ainsi que sur l'applicabilité du résultat.

L'estimation de la taille de l'effet doit être suffisamment précise pour pouvoir raisonnablement éliminer le fait que l'effet serait petit, et donc sans intérêt en pratique [41]. En effet, il faut que l'échantillon sur lequel les études se sont basées pour produire leurs études soit généralisable avec des critères d'inclusion et d'exclusion définis permettant d'intégrer une population la plus représentative possible.

« L'effet a été déterminé par rapport à un comparateur adapté. Les patients de l'essai doivent être représentatifs des patients vus en pratique courante afin d'assurer l'extrapolabilité du résultat à la pratique : même définition de la maladie, pas de sélection excessive sur le sexe, l'âge, les comorbidités, etc. Le but est d'obtenir un échantillon relativement représentatif de la population ciblée »[41].

#### ➤ Taille de l'effet et précision du résultat

Concernant la taille de l'effet, les études présentent une taille d'échantillon assez faible allant de 20 sujets dans l'étude de Wertheimer à 65 sujets dans l'étude de Jurado-Lavanant.

On retrouve dans nos études 70% d'hommes et 30% de femmes et une moyenne d'âge de 21ans. Tous les sujets sont sains et les critères d'inclusions sont larges.

La taille de l'effet est faible car le nombre de sujets est faible mais le panel sélectionné n'est pas restrictif et peut donc correspondre à différentes populations.

Pour chaque étude, les résultats sont décrits sous forme de tableaux et de graphiques, dans lesquels sont toutes indiqués les moyennes avec les déviations standards. Les intervalles de confiance sont cependant manquants. Les résultats montrent une comparaison intergroupe avec une estimation de la variabilité. La précision des résultats retrouvée dans chaque étude permet de pouvoir porter un jugement sur ce résultat.

#### ➤ Applicabilité du résultat

Les critères d'éligibilité ont tous été renseignés dans les études. La population sur laquelle a été réalisée les tests est composée de jeunes d'une vingtaine d'années, sans blessure et sans pathologie associée. Ils ont des niveaux sportifs différents pour chacun, sauf dans l'étude de Yaser Shiran qui concerne des lutteurs. Ces caractéristiques peuvent être applicable à un grand nombre de personnes dans le cadre de prévention de blessure ou de fin de rééducation.

Le contexte de soins, à savoir une piscine avec une immersion au moins à la hanche et un gymnase, est expliqué dans chaque étude. Néanmoins on peut retrouver un manque d'informations sur le contenu précis des programmes dans 2 études [38,39] alors que les programmes des autres études [36,37,40] sont très bien décrits.

### 3.3 Les effets de la pliométrie aquatique sur les principaux critères de jugement

Dans cette partie, nous allons regarder les différents résultats de nos essais cliniques randomisés. Rappelons que pour cette revue, le critère de jugement principal est la contrainte musculaire tandis que le critère de jugement secondaire porte sur l'efficacité de pratiquer la technique en milieu aquatique.

#### 3.3.1 Les effets sur le critère de jugement principal : la douleur

➤ Pour les 2 études ayant testé la douleur musculaire par EVA :

❖ Miller [36]

Pour l'étude de Miller, la douleur a été analysée par l'intermédiaire de l'EVA. Elle a été demandée à chaque sujet après chaque session à 24,48 et 72h. Après plusieurs analyses par le logiciel ANOVA, les résultats indiquent qu'il n'y a pas de différence significative entre les 3 groupes sur l'ensemble des 8 semaines de programme. La douleur rapportée par les sujets ne montre pas de différence significative.

❖ Robinson [38]

Dans l'étude de Robinson, la douleur a été analysée par l'intermédiaire de l'EVA. Rappelons que l'étude a analysé la sensibilité musculaire des muscles testés, à savoir le biceps fémoral, le droit fémoral et les gastrocnémiens. Cette analyse de sensibilité a été testée avant la première séance, puis à chaque augmentation de l'intensité de l'entraînement, à savoir à la semaine 3 et 6.

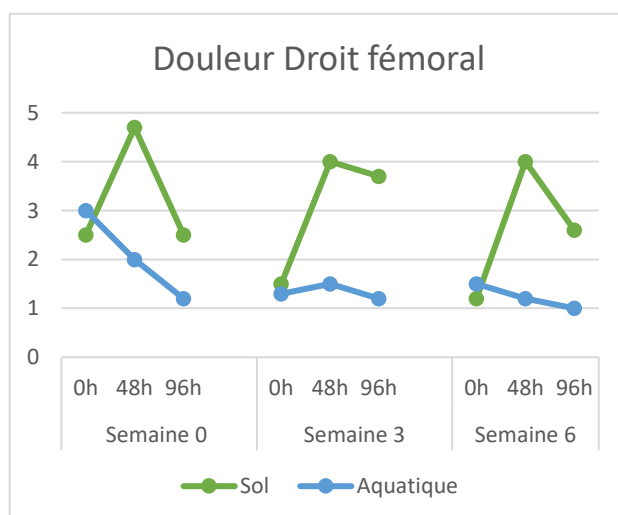


Figure 3: Résultats des tests sur la douleur du droit fémoral

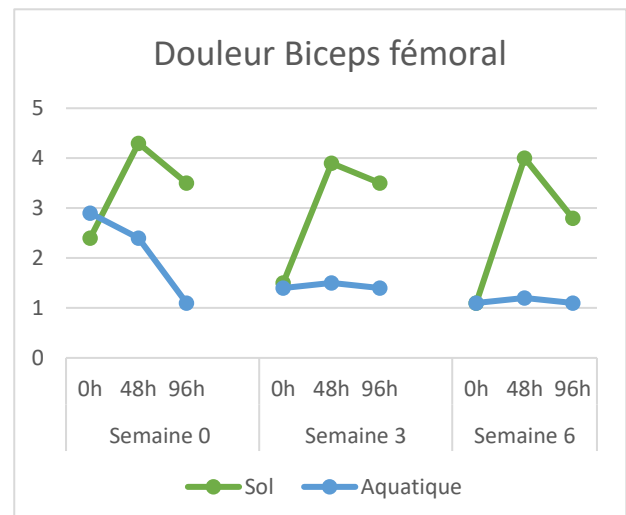


Figure 4: Résultats des tests sur la douleur du biceps Fémoral

Concernant les graphiques, l'article nous renseigne que la valeur  $p$  est  $< 0,001$  pour chaque donnée indiquée dans le tableau. Ce qui nous indique que les résultats sont statistiquement significatifs et ne dépendent pas du hasard.

On observe donc une baisse significative des douleurs musculaires ressenties pour chaque augmentation d'intensité du programme avec des différences intergroupes de **-2,2p** (p) pour GA pour le droit fémoral, **-2,2p** pour GA pour le biceps fémoral et **-3,3p** pour GA pour les gastrocnémiens.

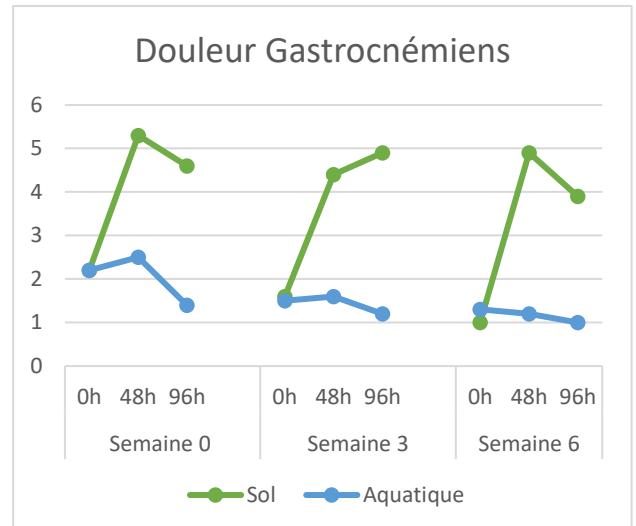


Figure 5: Résultats des tests sur la douleur des gastrocnémiens

➤ Concernant les articles ayant testé la douleur musculaire par analyse de sang

❖ Jurado [37]

Pour l'étude de Jurado, rappelons que les analyses ont porté sur le taux de Créatine kinase qui a été testé avant la première séance, et 48h après la 10<sup>ème</sup> et la 20<sup>ème</sup> session.

Pour cette étude, les résultats seront présentés sous forme de graphique

En ce qui concerne les résultats, les auteurs utilisent le coefficient Kappa de Cohen (K) qui est un indice statistique variant entre 0 et 1 habituellement, mais pouvant être négatif. Il est utilisé pour évaluer le degré d'accord / concordance entre deux évaluateurs. Cet indice traduit un niveau de concordance important lorsqu'il se rapproche de 1 (Cf Annexe 4) Ce coefficient prend en compte le fait que les résultats ne sont pas imputables au hasard. [42]

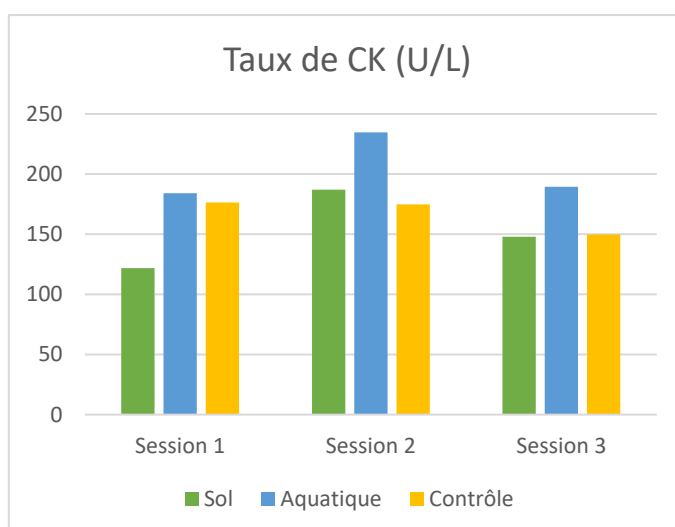


Figure 6: Taux de Créatine kinase dans chaque groupe

Les auteurs nous indiquent une différence intra groupe  $\Delta(\%)$  de :

- Sol : **15,0** avec  $K=0,05$
- Aquatique : **3,2** avec  $K= 0,37$
- Contrôle : **-11,9** avec  $K= -0,23$

Sur ces valeurs, les  $p$  sont  $> 0,05$  et donc les données ne sont pas statistiquement significatives. De plus le pourcentage d'effet positif/ trivial/ négatif est incertain pour le groupe aquatique et possible pour le groupe contrôle et le groupe sol.

Pour les comparaisons inter groupes, on obtient les résultats suivants :

- Sol VS CG → **K=0,59** (effet favorable)
- Aquatique VS Contrôle → **K= 0,34** (effet possible)
- Aquatique VS Sol → **K=-0,20** (effet incertain)

❖ **Wertheimer** [39]

Concernant cet article, les analyses se sont portées sur le taux de Créatine kinase, le taux de LDH et le taux de Serum Uréa. Rappelons que dans cette étude, les analyses de sang ont été effectuées 1heure avant et 24h après la première (session 1) et la dernière session (16).

Pour cette étude, les résultats sont présentés sous forme de graphique en fonction des concentrations indiquées dans l'article.

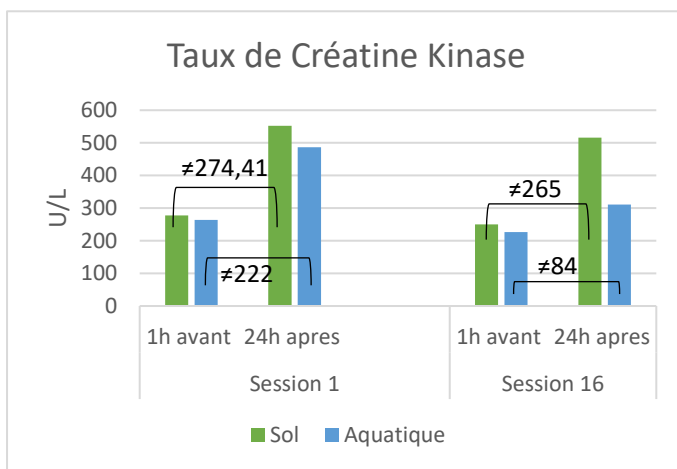


Figure 7: Graphique représentant le taux de créatine kinase

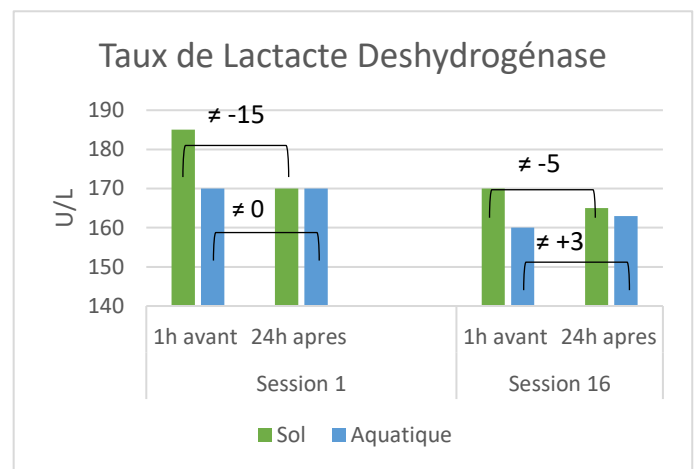


Figure 8 : Graphique représentant le taux de LDH

Concernant l'interprétation des résultats, en ce qui concerne :

- **La CK** : Les auteurs nous précisent que les résultats indiqués sont significatifs avec **p<0,05**. Il y a une différence significative entre les 2 groupes.

Différences intergroupes : Session 1 (S1) + **52,09 U/L** dans le groupe Sol (GS) par rapport (p/r) au groupe Aquatique (GA) et session 16 (S16) + **181 U/L** dans le GS p/r au GA.

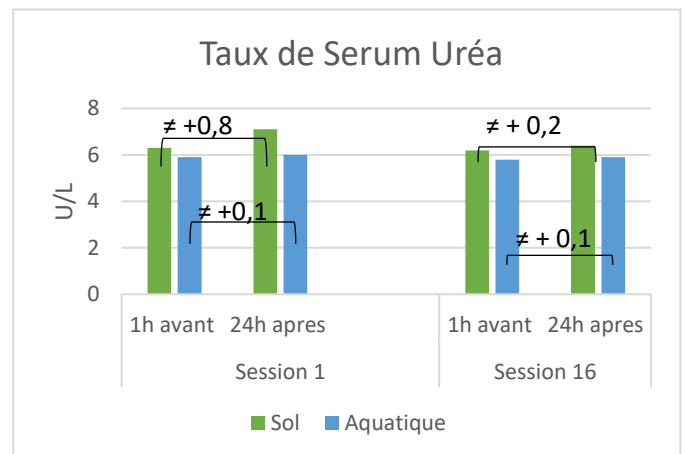


Figure 9: Graphique représentant le taux de Serum Urea

- **La LDH** : Les auteurs nous indiquent qu'il n'y a aucune différence significative avec **p> 0,05**

Différences intergroupes : Pour la S1 **-15 U/L** pour le GS et pour S16 **-8 U/L** pour le GS.

- **Le SU** : Seule la différence intra et intergroupe de la première session présente un résultat significatif avec un **p< 0,05**.

Différences intergroupes : Pour la S1 + **0,7 U/L** pour le GS et pour la S16 : **+0,1U/L** pour GS avec **p<0,05** uniquement pour la S1.

❖ Yaser Shiran [40]

Dans cette étude, les auteurs se sont intéressés aux taux de Créatine kinase et de Lactate déshydrogénase. Les tests ont été effectués avant la première séance et après la dernière. Les résultats sont présentés sous forme de graphique.

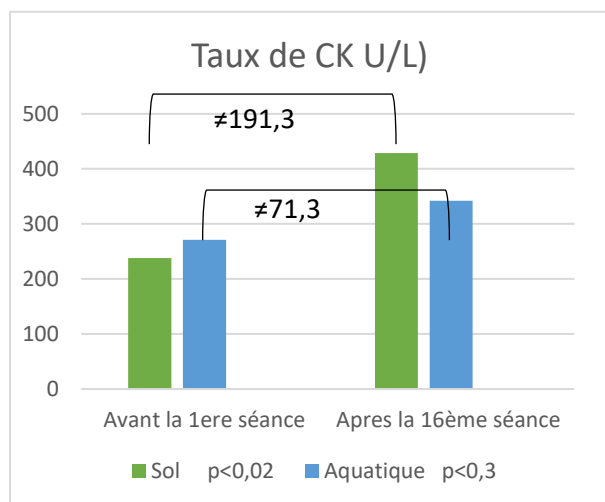


Figure 10: Taux de CK

On observe à l'aide de ses 2 graphiques une augmentation du taux de CK dans les 2 groupes. L'augmentation est très importante dans le groupe sol et elle est statistiquement significative ( $p < 0,02$ ). Quand a la valeur p du groupe aquatique, elle est  $> 0,05$ .

La figure 10 nous montre néanmoins une élévation moins importante du taux de CK dans le groupe aquatique par rapport au groupe sol.

Les différences intergroupes sont : + 120 U/L pour le GS p/r au GA avec  $p > 0,05$

Pour le taux de LDH, on observe une diminution importante du taux de LDH dans les 2 groupes. Néanmoins le p étant  $> 0,05$ , ces résultats ne sont pas statistiquement significatifs.

La différence intergroupe est une diminution de -63,3 U/L du GA p/r au GS.

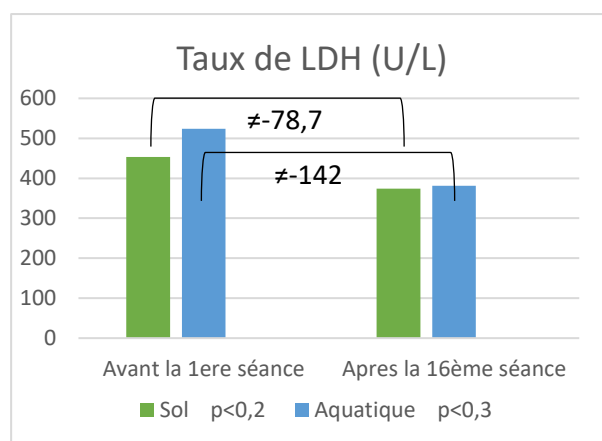


Figure 11: Taux de LDH

### 3.3.2 Les effets sur le critère de jugement secondaire : l'efficacité

Concernant le critère de jugement secondaire qui est l'efficacité, chaque article s'est basé sur des tests fonctionnels différents, néanmoins on retrouve des similitudes dans nos articles. L'analyse de l'efficacité portera donc, quand elle est présente dans l'article, sur :

- La hauteur de saut maximale (retrouvée dans 3 articles)
- Force musculaire (retrouvée dans 2 articles)
- La vitesse (retrouvée dans 2 articles)

Rappelons que pour l'une de nos études, celle de Wertheimer, aucun test fonctionnel se rapportant à l'efficacité n'a été effectué.

L'analyse porte donc sur 4 articles et elle s'effectuera dans l'ordre alphabétique des auteurs.

❖ **Miller**[36]:

Dans l'étude de Miller, les critères d'efficacité sont la **hauteur de saut** et la **force musculaire**. Les résultats seront présentés sous forme de graphique.

Les auteurs nous précisent que pour ces valeurs, seule la différence (**+ 87,3 W**) de force dans le groupe pliométrie aquatique est statistiquement significative.

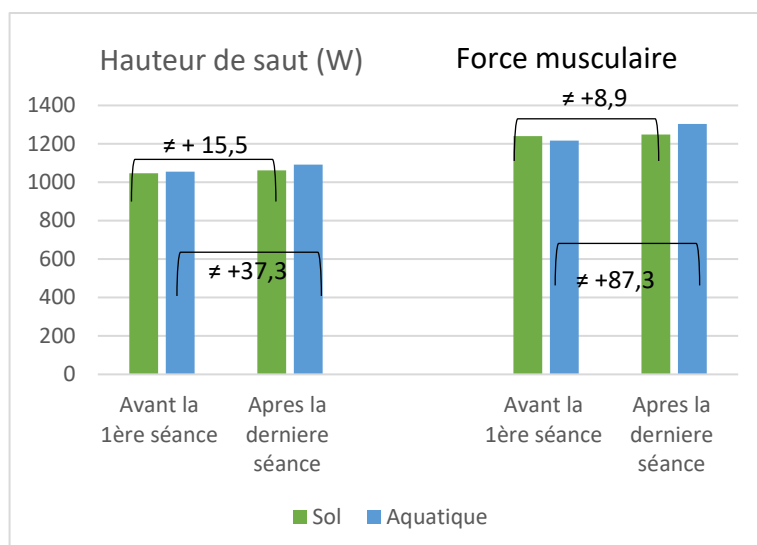


Figure 12: Graphique représentant les tests fonctionnels

Les différences intergroupes sont :

- Pour la hauteur de saut : **+ 21,8 W** pour le GA p/r au GS
- Pour la force : **+87,3 W** pour le GA p/r au GS

❖ **Jurado**[37]

Pour cette étude, les paramètres évalués sont la **hauteur de saut** au travers de 3 analyses : sauts répétés (10 à la suite), et sauts verticaux en partant de block de 30 puis 50 cm. Les données sont analysées avec les graphiques suivants entre la semaine 0, la semaine 5 et la semaine 10.

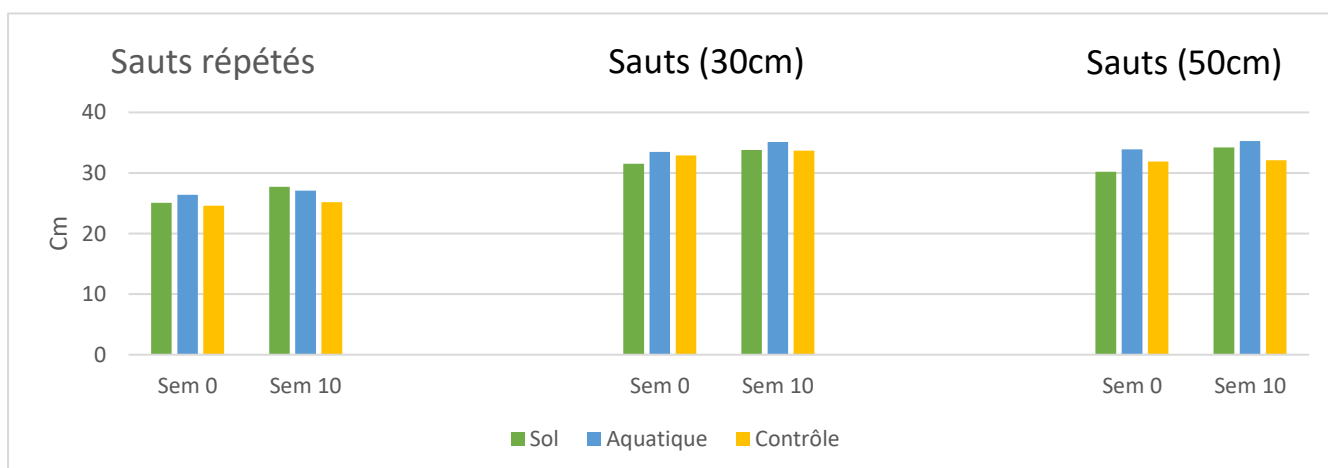


Figure 13: Graphique présentant les résultats en cm des groupes

Dans cette étude les auteurs nous indiquent que la valeur du  $p < 0,01$  est valable pour les résultats de la semaine 5 et 10 dans le groupe sol pour les 3 critères. Pour le groupe aquatique, le  $p$  est  $> 0,05$ .

Pour les différences intragroupes  $\Delta(\%)$  (les données significatives sont en gras) :

- Sauts répétés : **GS : 11,7 avec  $k = 0,53$**  – GA : 2,3 avec  $k = 0,20$  – GC : 1,3 avec  $k = 0,16$
- Sauts 30 cm : **GS : 7,4 avec  $k = 0,51$**  – GA : 5,1 avec  $k = 0,30$  – GC : 2,8 avec  $k = 0,16$
- Sauts 50 cm : **GS : 13,4 avec  $k = 0,71$**  – GA : 3,6 avec  $k = 0,27$  – GC : 1,6 avec  $k = 0,07$

L'indicateur du pourcentage d'effet positifs/ trivial / négatifs nous indique que pour les trois critères dans le groupe GS les pourcentages sont favorables à une amélioration tandis que dans le groupe aquatique les pourcentages sont possibles ou incertains.

Pour les résultats intergroupes les données sont indiquées en termes d'effets positif / trivial ou négatif. Les résultats nous montrent que les effets dans le GS sont favorables par rapport au GA ou au GC pour les 3 critères. Tandis que les effets apportés par le GA sont soit possibles soit incertains.

De plus les auteurs nous indiquent que les différences entre le groupe contrôle et le groupe sol sont statistiquement significatifs alors que les différences entre le groupe sol et le groupe aquatique ne le sont pas.

#### ❖ Robinson [38]

Concernant cette étude, les variables prises en compte sont la **hauteur** et la **vitesse**. Les tests ont été réalisés au début du programme, au milieu (semaine 3) et à la fin (semaine 6).

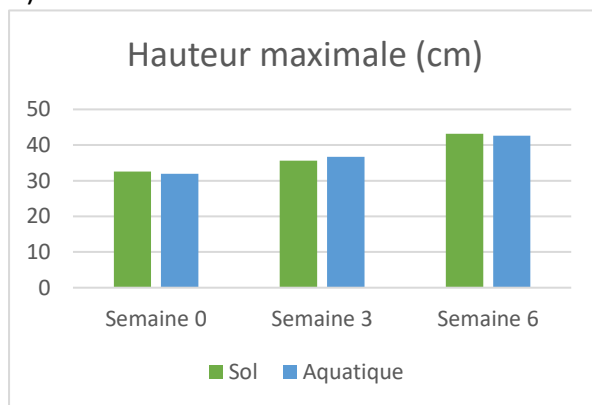


Figure 14: Résultats Hauteur Maximale

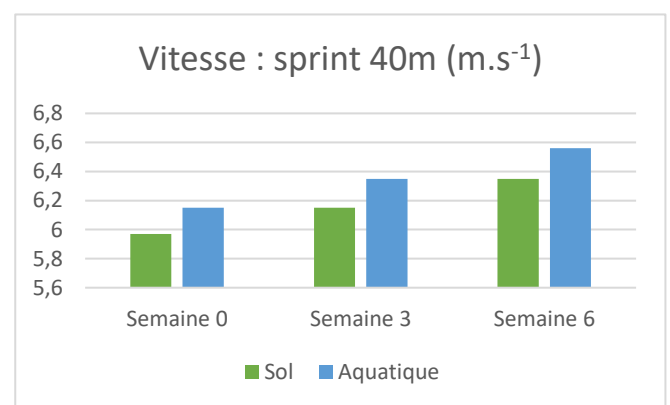


Figure 15: Résultats Vitesse

On observe dans cette étude que la hauteur de saut maximal augmente de la même manière dans les 2 groupes avec une différence intra groupe de **+10,6cm** dans le groupe sol et une différence de **+10,7cm** dans le groupe aquatique. De plus les auteurs nous indiquent que les valeurs sont statistiquement significatives avec un **p<0,01**.

Quant à la variable vitesse, on observe également une augmentation de la vitesse dans les 2 groupes avec une différence intra groupe de **+0,38** dans le groupe sol et de **+0,41** dans le groupe aquatique. De même que pour la variable hauteur, les auteurs nous indiquent que les résultats sont statistiquement significatifs avec un **p<0,01** également.

Tandis que pour les différences intergroupes : on trouve pour la hauteur de saut : **+ 0,1cm** dans le GA et pour la vitesse : **+ 0,3 m.s<sup>-1</sup>** dans le GA

❖ Yaser Shiran [40]

Pour l'étude de Yaser Shiran, les variables étudiées sont la force en kg et la vitesse sur le sprint 10m et 20m. Les tests sont faits avant la première séance et à la fin du programme.

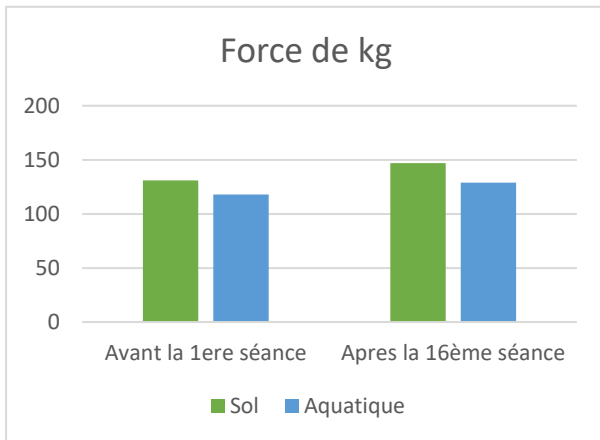


Figure 16: Evolution de la force

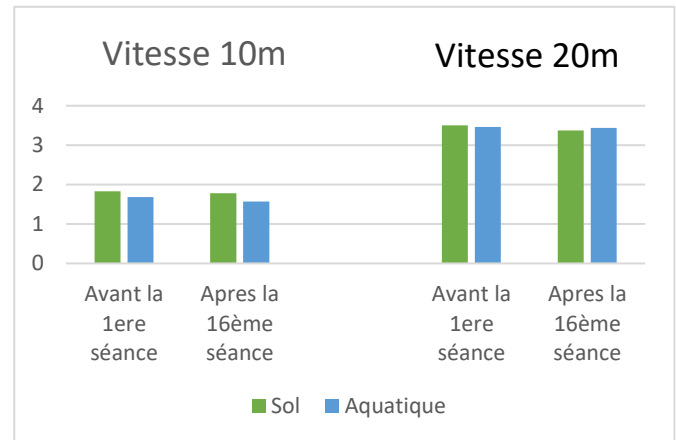


Figure 17: Evolution de la vitesse sur 10 et 20m

Pour ces résultats, les auteurs nous précisent que les valeurs de **p sont <0,05** pour la force dans les 2 groupes. Pour la variable vitesse, **le p est < à 0,05** dans le sprint 10m mais pas pour le 20m dans le groupe aquatique et pour le groupe sol, le **p <0,05** pour le sprint 20m mais pas pour le 10m.

Pour la force on observe une augmentation de **16,4kg** dans le groupe sol, tandis que le groupe aquatique a une augmentation de **11,3kg**.

Pour la vitesse on constate une diminution de la vitesse de **-0,11s** dans le groupe aquatique et de **-0,5s** dans le groupe sol pour le 10m, tandis que pour le 20m les diminutions sont **-0,03s** dans le groupe aquatique et **-0,13s** dans le groupe sol.

Pour les différences intergroupes on retrouve :

- Pour la force : **+ 5,1 kg** dans le GS p/r au GA
- Pour le 10m : une amélioration de **-6s** dans le GA p/r au GS
- Pour le 20m : une amélioration **-10s** dans le GS p/r au GA



### 3.4 Synthèse des résultats

Nous allons synthétiser dans le tableau ci-dessous, les résultats observés par l'analyse des graphiques. Les résultats porteront sur les différences observées entre le groupe sol et le groupe Aquatique. De plus nous indiquerons si les différences sont significatives ou non.

Contrainte / douleur		Efficacité		
	Résultats	Significativité	Résultats	Significativité
<i>Miller. Michael G, 2002</i>	Pas de différences sur la douleur	Non	↗ similaire pour la force et la hauteur	Oui pour la force dans GA
<i>Jurado-Lavanant. A, 2015</i>	↗ plus importante du taux de CK dans le GS VS GA	Non	↗ plus importante de la hauteur dans GS	Oui pour GS Non pour GA
<i>Robinson. Leah e, 2004</i>	↘ Douleurs musculaires	Oui	↗ similaire pour la hauteur et la vitesse	Oui
<i>Wertheimer Vlatka, 2002</i>	↘ du taux de CK dans GA	Oui		
	↘ du taux de SU dans GA	Oui		
	↗ taux de LDH dans GA	Non		
<i>Yaser Shiran. M, 2008</i>	↗ plus importante du taux de CK dans le GS VS GA	Non	↗ plus importante de force dans le GS	Oui pour la force
	↘ plus importante du taux de LDH dans le GA VS GS		Oui	↘ plus importante dans le GA pour le 10m
			↘ plu importante dans le GS pour le 20m	Non pour GA Oui pour le GS

Tableau 8: Synthèse des résultats - GA : groupe Aquatique – GS : groupe Sol – CK : créatine kinase – SU : serum Uéa – LDH : lactate déshydrogénase

## 4 Discussion

### 4.1 Analyse et interprétation des résultats obtenus

Rappelons que le but de cette revue de littérature est de voir si la pliométrie aquatique permet de diminuer les contraintes musculaires imposées par la pliométrie classique.

Pour notre critère de jugement principal, qui est la contrainte, un résultat est considéré comme positif lorsque l'on a :

- Une baisse de valeur sur l'EVA
- Une baisse ou une augmentation moins importante du taux de CK / LDH ou SU dans le sang

#### ❖ L'échelle EVA :

Deux études ont utilisé cet outil de mesure :

- Pour l'étude de Miller [36], les résultats indiquent qu'il n'y **aucune différence** entre les 2 groupes. Les valeurs rapportées par les sujets après les entraînements sont sensiblement les mêmes dans les 2 groupes.
- Pour l'étude de Robinson [38], les valeurs rapportées par les sujets montrent une différence intergroupe très importante sur les 3 muscles testés avec des différences allant de **-2points** sur l'échelle à **-3,3points** en faveur du groupe aquatique.

Sur ces 2 articles, seul celui de Robinson a une différence suffisamment importante pour la considérer comme statistiquement significative avec  $p < 0,001$ .

#### ❖ L'analyse de sang :

Trois des études sélectionnées se sont basées sur les marqueurs sanguins CK, LDH et SU. Nous allons traiter les résultats des études en fonction de l'évolution des taux sanguins des marqueurs et non étude par étude. Nous retrouvons donc :

- Pour la Créatine kinase : les 3 études ont mesuré les taux,
  - Dans l'étude de Jurado [37], on a une augmentation importante de **15% dans le GS** par rapport au GA qui a une augmentation de 3,2%.
  - Dans l'étude de Wertheimer [39] on trouve également une augmentation de **+128U/L dans le GS** par rapport au groupe aquatique sur l'ensemble du programme.
  - Dans l'étude de Yaser Shiran [40] on observe également une augmentation de **+120U/L dans le GS** par rapport au GA.

Cependant ces résultats sont à prendre avec précaution car seules les études de Jurado et Wertheimer présentent une significativité importante dans les comparaisons intergroupes avec un effet possible à favorable pour Jurado et un  $p < 0,05$  pour l'étude de Wertheimer.

- Lactate déshydrogénase : Seule 2 études ont étudié ce marqueur
  - Dans l'étude de Wertheimer [39], on observe une **absence de différence** significative entre les 2 groupes avec une légère augmentation de 8U/L sur l'ensemble du programme dans le groupe sol. Mais les auteurs précisent qu'elle est trop faible pour être prise en considération.
  - Dans l'étude de Yaser Shiran[40], on observe une augmentation du taux de LDH de **+ 63,3 U/L dans le groupe sol** par rapport au groupe aquatique.

Néanmoins les résultats de ces études ne sont pas statistiquement significatifs car ils ont tous deux un  $p > 0,05$ .

- Sérum Urée : Seule une étude a pris en compte ce marqueur. Il s'agit de l'étude de Wertheimer [39] dans laquelle on observe une augmentation de **+0,7U/L** dans le groupe sol par rapport au groupe aquatique avec un  $p < 0,05$

Au vu des résultats, on constate donc que l'application en milieu aquatique permet de diminuer de manière importante, ou du moins de limiter l'élévation taux de production de CK, de LDH et de SU et donc de diminuer la destruction des cellules musculaires.

Mais il est bon de rappeler que sur ces 6 résultats, seul 3 sont statistiquement significatifs et montrent donc que les résultats observés ne sont pas dû uniquement au hasard.

Concernant le critère de jugement secondaire, nous allons regarder les résultats en fonction de chaque critère. Rappelons que pour cette revue, nous nous sommes intéressés à trois paramètres d'efficacité, que sont la hauteur de saut, la force musculaire, la vitesse :

- La hauteur de saut est un paramètre retrouvé dans 3 des 4 articles (l'étude de Wertheimer ne comprenait aucun test fonctionnel).
  - Dans l'étude de Miller [36], on trouve une augmentation de **+ 21,8 W pour le groupe aquatique** par rapport au groupe sol.
  - Dans l'étude de Jurado [37][10], on trouve une augmentation de la hauteur moyenne de **+7,20cm** sur l'ensemble des tests et sur l'ensemble de la durée du programme **dans le groupe sol** par rapport au groupe aquatique.
  - Dans l'étude de Robinson[38], on trouve une augmentation quasi identique entre les 2 groupe avec **+0,1cm dans le groupe aquatique**.

Pour le paramètre hauteur de saut, les résultats montrent chacun, un résultat positif, Miller mais le  $p$  est  $> 0,05$ , un résultat négatif, Jurado avec un  $p < 0,01$  pour le groupe sol, et un résultat identique pour Robinson avec  $p < 0,01$ .

- La force musculaire retrouvée dans 2 des 4 articles
  - Dans l'étude de Miller [36], on trouve une augmentation de **+ 87,3W pour le groupe aquatique** par rapport au groupe sol
  - Dans l'étude de Yaser Shiran[40], on observe un gain de **5,1kg dans le groupe sol** par rapport au groupe aquatique.

Il est bon de préciser que pour ces 2 études que les différences intergroupes sont statistiquement significatives avec  $p < 0,01$  pour Miller et  $p < 0,05$  pour Yaser Shiran.

- La vitesse retrouvée dans 2 des 4 articles
  - Pour Robinson[38], on observe un gain de **0,3 m.s<sup>-1</sup> dans le groupe aquatique** par rapport au groupe sol.
  - Pour Yaser shiran [40], on trouve une amélioration de **-0,6s dans le groupe aquatique** sur le 10m et une amélioration de **-10s dans le groupe sol** pour le 20m.

Pour ce qui est de la significativité, dans l'étude de Robinson les résultats sont significatifs avec  $p < 0,01$  et dans l'étude de Yaser Shiran le  $p$  est  $< 0,05$  pour le 10m dans le groupe aquatique et dans le 20m pour le groupe sol.

Tableau 9: Résultats intergroupes des critères de jugements

	Contrainte				≠ significative intergroupe ?	Efficacité			≠ significative intergroupe ?
	EVA	CK	LDH	SU		Hauteur	Force	Vitesse	
<i>Miller. Michael G, 2002</i>	×				Non	v	v		Hauteur : Non Force : Oui
<i>Jurado-Lavanant. A, 2015</i>		v			Oui	×			Oui
<i>Robinson. Leah e, 2004</i>	v				Oui	×		v	Oui
<i>Wertheimer Vlatka, 2002</i>		v	×	v	Oui				
<i>Yaser Shiran. M, 2008</i>		v	v		Non		×	10m : v 20m : ×	Oui

Dans ce tableau, les résultats sont positifs (v) lorsqu'ils sont en faveur du groupe aquatique. Lorsque le résultat est en faveur du groupe pliométrie classique, les résultats seront représentés comme négatifs (×).

Les différences significatives intergroupes se rapportent aux valeurs permettant de dire si le résultat est positif ou négatif et donc aux différences intergroupes.

Les principaux résultats que nous avons décrit précédemment peuvent nous permettre de répondre aux deux hypothèses émises au départ pour répondre à notre problématique :

- La pliométrie aquatique permet-elle de diminuer les contraintes ?
- Cette application en milieu aquatique est-elle tout aussi efficace ?

Les différents effets bénéfiques que nous pouvons observer, notamment sur la contrainte musculaire peuvent s'expliquer par les nombreuses propriétés physiques de l'eau, qui sont susceptibles d'accroître les effets des exercices aquatiques.

Tout d'abord la pression hydrostatique soutient le poids du corps, permettant de transférer plus facilement le poids du corps. La flottabilité entraîne une décharge du poids du corps et notamment sur les articulations permettant d'augmenter la souplesse et la mobilité des mouvements. L'apport des différentes résistances par l'environnement aquatique permet d'augmenter la force à mettre en œuvre pour réaliser un mouvement tout en soulageant le poids du corps.

Le milieu aquatique agit comme un environnement de micro gravité activant, comme expliqué dans l'introduction, le système proprioceptif du sujet. En effet la pression hydrostatique qui agit comme un agent déstabilisant oblige le sujet à maintenir son équilibre et donc à corriger son placement. Cette correction de placement permet de limiter les douleurs et/ou les mauvaises réalisations. Cette déstabilisation entraîne également une contraction intense du sujet pour maintenir son équilibre, ce qui augmente l'attention du sujet sur ses mouvements. En effet, la réalisation d'exercices de pliométrie dans un milieu aquatique nécessite en permanence des ajustements posturaux, des contractions volontaires et apportent des informations sensorielles supplémentaires.

Le milieu aquatique agit aussi comme un environnement sécurisant, les sujets n'ont pas peur de chuter et donc réalisent des mouvements plus amples et plus rapide. L'apport du milieu aquatique peut donc être une alternative permettant de diminuer les contraintes.

Pour ce qui concerne l'efficacité du milieu aquatique, les études montrent des résultats assez différents avec des paramètres en faveur de la pliométrie aquatique et d'autres en faveur de la pliométrie sur le sol. La différence de résultats peut résulter des différentes hétérogénéités des études sur les programmes au sein même des études et de la durée des protocoles. Malgré les différences observées, on peut tout de même dire qu'un programme de pliométrie aquatique, s'il n'améliore par les paramètres d'efficacité par rapport au sol, reste tout du moins efficace.

#### [4.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique](#)

Avant de savoir si les résultats de cette revue peuvent être appliqués en pratique clinique, il est nécessaire de faire un point sur les conditions de la pratique aquatique.

Pour une bonne réalisation d'une activité aquatique, notamment de la pliométrie, certaines conditions doivent être respectées :

- Respect des contre-indications à l'hydrothérapie pour les patients souffrants de problèmes infectieux, d'incontinence urinaire, d'insuffisance cardio respiratoire...
- Application des règles d'hygiènes strictes et mise en place de contrôles réguliers de la qualité de l'eau

- Eau a température précise avec une profondeur de bassin à hauteur de la taille
- Accès sécurisé au bassin avec surveillance d'un kinésithérapeute tout au long de la séance.

Il est de fait que l'environnement aquatique est couteux et demande de la surveillance et de l'entretien. Néanmoins cet aspect n'est évoqué dans aucun des 5 articles. Sur les 5 articles, seuls 2 renseignent sur la température et 4 renseignent sur la hauteur de l'immersion (*cf Annexe 5*). Or des informations précises sur les conditions de pratique sont indispensables et peuvent influencer les résultats, notamment en fonction de la hauteur d'immersion.

En effet, la profondeur du bassin est une clé importante car elle indique le pourcentage de charge porté par le patient lors des exercices et donc de la contrainte potentielle que reçoivent les articulations et les muscles. De plus, la résistance augmente avec la profondeur de l'eau, ce qui permet d'augmenter la force à développer pour réaliser un exercice. En fonction des bassins, les sujets des études peuvent avoir réaliser le programme dans un milieu plus facile que d'autres.

La présence de personnel est importante pour la bonne réalisation des séances. En effet, les exercices en milieux aquatiques sont souvent nouveaux pour les patients. Il faut donc que le masseur-kinésithérapeute augmente sa surveillance et veille à la sécurité des patients. Cette pratique implique également que les soignants présents aient un niveau de formation suffisante sur le milieu aquatique pour pouvoir guider et sécuriser au mieux le déroulement du programme.

Nous pouvons à présent évaluer l'applicabilité des résultats en pratique clinique de cette revue.

Tout d'abord concernant la population incluse dans les études, nous avons pu observer que nous avons une population jeune de corpulence normale, composée de plus de sujets de sexe masculin, que de sujets de sexe féminin. Les participants des études incluses dans la revue, sont des personnes actives, de tous niveaux sportifs, sauf pour l'étude de Yaser Shiran où il s'agit d'un club de lutteurs [40].

Néanmoins si la variété de l'échantillon de population est présente (avec des critères d'inclusion large), la taille de l'échantillon reste faible et donc les résultats sont à interpréter avec précautions quant à la généralisation de cette pratique en centre ou en cabinet libéral.

En réunissant toutes les études, on peut constater une hétérogénéité sur plusieurs aspects :

- La taille des échantillons est faible avec un maximum de 65 personnes dans l'étude de Jurado [37]. Cette taille réduite d'échantillon peut influencer la taille et la certitude des effets.
- Les programmes dans chaque étude sont différents, notamment sur le nombre de séance par semaine et sur la durée du programme entraînant une différence du nombre de sessions allant de 16 à 24 sessions. Les effets de chaque étude auraient pu

être différents si l'on avait ajouté ou enlevé des sessions pour harmoniser et obtenir le même programme pour notre revue.

- Les outils pour quantifier la douleur et/ou les dommages musculaires ne sont pas similaires. Rappelons que pour 2 des 5 études les auteurs ont utilisé l'EVA tandis que dans les 3 autres études, les auteurs ont eu recours à des analyses sanguines. Il est bon de souligner que l'EVA, même si elle constitue un outil de mesure fiable et valable, reste une méthode subjective car les mesures viennent des patients. Ceux-ci auront tendance à trouver de l'amélioration car leur inconscient sait que c'est ce que l'on attend ou peuvent être biaisés par les autres participants.

Concernant notre intervention, la pliométrie est une technique qui ne nécessite pas de matériel spécifique, mise à part la disposition d'un bassin et la présence d'un kinésithérapeute expérimenté. En effet, les exercices sont réalisés avec le poids du corps et pour les exercices qui ont comme position de départ une position élevée par rapport au sol, l'utilisation d'une « boîte de pliométrie » peut être nécessaire, mais peut facilement être remplacée par du matériel déjà présent dans le cabinet ou dans la balnéo. Cette technique pourrait donc avoir un bon rapport bénéfice/risque et cout /efficacité pour les cabinets déjà dotés d'un bassin.

La pliométrie est une technique dont les explications et l'apprentissage peuvent se traduire en termes simples, facilement compréhensibles pour les patients. La pliométrie regroupe un grand nombre d'exercices permettant de varier les séances. Il est facile de créer de nouveaux exercices en respectant les bases et les principes de cette technique. De plus, tout programme de pliométrie effectué sur le sol peut être reproduit dans la piscine, il est donc possible de réaliser les mêmes exercices en bénéficiant des propriétés physiques de l'eau.

On peut donc dire que les exercices aquatiques apportent des avantages supplémentaires que l'on ne retrouve pas dans une rééducation classique.

#### 4.3 Force du niveau de preuves des résultats et biais potentiels de la revue

##### 4.3.1 Niveau de preuves

Nous allons maintenant regarder la qualité des preuves apportées par notre revue. En effet, selon la Haute Autorité de Santé, pour qu'une revue de littérature soit de bonne qualité il est nécessaire « que la synthèse des études publiées ait suivi une méthode explicite et valide d'élaboration. L'appréciation de la qualité de cette revue de synthèse repose sur un certain nombre d'items. » [43] On retrouve dans ces items : l'explication de l'hypothèse à tester ainsi qu'une exposition claire et précise des objectifs, une description précise de la méthodologie de sélection incluant une présentation des sources de données, des critères d'inclusion et d'exclusion. On retrouve également la description de la méthode d'analyse des résultats observés comprenant la précision des modalités de cette analyse ainsi que la méthode utilisée pour analyser les résultats. Et pour finir les items portent sur les résultats, et notamment sur la présentation des résultats ainsi qu'une discussion sur la validité des études sur lesquelles les preuves de la revue sont fondées, et sur l'applicabilité des résultats, en particulier si la

conclusion permet de répondre aux questions du lecteur. Ces conditions précises et exigeantes, retrouvées dans notre revue, permettent d’apporter de la qualité à notre synthèse.

Dans ses recommandations, la HAS a également fourni un tableau permettant d’évaluer la qualité des preuves des revues.

NIVEAU DE PREUVE SCIENTIFIQUE FOURNI PAR LA LITTÉRATURE	GRADE DES RECOMMANDATIONS
<p><b>Niveau 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Essais comparatifs randomisés de forte puissance</li> <li>- Méta-analyse d’essais comparatifs randomisés</li> <li>- Analyse de décision basée sur des études bien menées</li> </ul>	<p><b>A</b></p> <p>Preuve scientifique établie</p>
<p><b>Niveau 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Essais comparatifs randomisés de faible puissance</li> <li>- Études comparatives non randomisées bien menées</li> <li>- Études de cohorte</li> </ul>	<p><b>B</b></p> <p>Présomption scientifique</p>
<p><b>Niveau 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Études cas-témoin</li> </ul> <p><b>Niveau 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Études comparatives comportant des biais importants</li> <li>- Études rétrospectives</li> <li>- Séries de cas</li> <li>- Études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale)</li> </ul>	<p><b>C</b></p> <p>Faible niveau de preuve scientifique</p>

Tableau 10: Tableau des recommandations de la HAS sur le niveau de preuve fourni par la littérature

Suivant ce tableau, notre revue est de grade B, c’est donc une présomption scientifique. En effet, les études incluses dans notre revue sont des essais comparatifs randomisés de faible puissance (« un niveau intermédiaire est donné à une étude de protocole similaire mais présentant une puissance nettement insuffisante (effectif insuffisant ou puissance insuffisante) et/ou des anomalies mineures »[33,43]). Cette revue a donc un niveau de preuve de niveau 2.

#### 4.3.2 Biais potentiels

Les preuves apportées par notre revue doivent être analysées soigneusement, car nous retrouvons dans nos études un biais d’évaluation important, ainsi qu’une taille d’échantillon faible.

En effet, dans tous nos articles nous retrouvons un biais d’évaluation important avec un non-aveuglement des patients, thérapeutes et évaluateurs. Si le respect de ce critère pour les 2 premiers groupes est difficile à mettre en place, le non-aveuglement des évaluateurs est pourtant possible mais non appliqué dans nos articles. Ce biais affaiblit le niveau de preuve de notre revue. Pour améliorer la qualité des futures revues, il faudrait prioritairement diminuer les biais d’évaluation.

La taille d’échantillon est également faible pour permettre de rendre les résultats statistiquement significatifs et ainsi d’attribuer les résultats uniquement au programme mis en place et non simplement au hasard. Ce faible échantillon de sujets représente également un frein à la généralisation des effets sur une plus grande population.



Il est également important de noter l'absence des intervalles de confiance dans nos articles (ils n'ont pas été donnés et les données recueillies par les auteurs ne nous ont pas permis de les calculer), ce qui est un indicateur important pour l'analyse des résultats et cela aura permis une meilleure critique.

De plus, pour certaines de nos études, les programmes de pliométrie ne sont pas décrits précisément rendant leur reproduction difficile, la description des bassins (taille/température) dans lesquels ont été organisés les programmes sont également manquantes dans les études (seulement 2/5 ont une description précise). Ces informations sont pourtant utiles pour une réalisation et une reproduction des programmes ainsi qu'une meilleure compréhension des résultats.

Peut s'ajouter aux biais présents dans cette revue une hétérogénéité sur les outils de mesure de la contrainte, en effet 2 des 5 articles ont eu recours à l'utilisation de l'EVA, échelle pouvant présenter des biais propres aux patients car elle représente une mesure subjective. Il serait nécessaire que les auteurs nous précisent si les patients ont été avertis de l'attente des évaluateurs quant aux chiffres qu'ils obtiennent, car si ceux-ci savent que l'on attend une diminution, cela trouble l'objectivité de la mesure. De plus l'EVA permet de mesurer une douleur musculaire tandis que les tests sanguins apportent une réponse sur la destruction des cellules musculaires.

Nous retrouvons également un biais de sélection faible pour 3 de nos 5 études [37,39,40] se rapportant à la non-assignation secrète des patients dans les groupes.

Les résultats présentés peuvent donc être influencés par la présence de biais, une taille d'échantillon faible ainsi qu'un manque de précision sur les programmes et les conditions de réalisation. La correction de ces problèmes présents dans notre revue, entrainerait des résultats d'une efficacité et d'un niveau de preuves plus élevé, permettant ainsi de renforcer la pertinence clinique et la qualité de la revue.

Dans ses recommandations, la HAS préconise également l'utilisation de l'échelle AMSTAR [44] permettant d'évaluer la qualité méthodologique d'une revue, nous l'avons remplie pour compléter et approfondir notre évaluation de la qualité de notre revue. « La grille AMSTAR est composée de 11 items portant sur l'objectif de la revue, la stratégie de recherche documentaire, le processus de sélection des études, les caractéristiques des études retenues, l'évaluation de la qualité des études, la méthodologie employée pour la synthèse des résultats. » [45]

Vous trouverez en *Annexe 6* les résultats de chaque item. Notre revue rempli 6 items sur 11, ainsi le niveau de preuves de notre revue est de **qualité intermédiaire**.

Comme expliqué précédemment (*cf chapitre 4.3.1*), les protocoles des études sont « adaptés pour répondre à la question posée mais présentent une puissance insuffisante et/ou des anomalies mineures ». [33]. Notre revue est donc de grade B, de qualité intermédiaire.

## 5 Conclusion

### 5.1 Implication pour la pratique clinique

Cette revue systématique composée de cinq essais cliniques randomisés a pour objectif de déterminer si la pliométrie aquatique permet de réduire les contraintes imposées par la pliométrie classique, sur sol, tout en restant efficace. Il est démontré dans cette revue que la mise en place d'un programme de pliométrie en milieu aquatique permettrait de diminuer les contraintes musculaires par rapport à un programme de pliométrie réalisé sur le sol.

Cette diminution des contraintes pourrait s'expliquer en partie par les différentes propriétés de l'eau, susceptibles de diminuer le poids du corps des sujets pendant la réalisation des exercices. Ce qui permettrait de diminuer la force des impacts au niveau des articulations. Ce milieu aquatique apporte également différentes résistances propres à cet environnement qui ne sont pas retrouvées sur le sol, où les exercices se réalisent avec le poids du corps.

Les études analysées dans cette revue suggèrent que l'apport du milieu aquatique peut être une excellente alternative dans la rééducation des patients, mais peu d'entre elle apportent la certitude qu'elle est plus efficace que l'application sur le sol.

La pliométrie dans l'eau apparait donc comme un outil intéressant pour les kinésithérapeutes, puisqu'elle permet d'obtenir des résultats similaires à une pratique sur le sol, tout en engendrant significativement moins de contraintes sur le système musculosquelettique.[46] De plus, elle apporte un milieu sécuritaire pouvant diminuer le risque de mauvaise réception ou de chute.

Maintenant que nous avons la preuve des avantages que présente la pliométrie aquatique, il serait intéressant d'introduire la réalisation d'un programme de pliométrie aquatique dans la rééducation d'une plus large catégorie de patients et non uniquement chez les sportifs ou avec les patients en fin de rééducation. L'apport du milieu aquatique pourrait permettre de faire bénéficier à un plus large panel de patients l'efficacité de la pliométrie.

Notre revue est en accord avec deux autres méta-analyses [46,47], qui se sont penchées sur l'efficacité de la pratique de la pliométrie dans l'eau et si pour l'une les résultats sont similaires dans les 2 groupes, dans l'autre on retrouve des améliorations notamment sur la force, la vitesse, la hauteur des sauts dans le groupe aquatique.

### 5.2 Implication pour la recherche

Cette revue présente des forces mais également des limites et peut donc présenter ainsi différentes implications pour les recherches futures. Comme présenté précédemment, il serait nécessaire d'effectuer des essais cliniques avec un échantillon de plus grande taille et une population plus diversifiée notamment dans les niveaux d'âge. Il serait utile que les caractéristiques du bassin, la réalisation des séances, l'assignation secrète des patients soient explicités dans les études afin de diminuer les risques de biais.

De plus, il serait également important de réduire le risque apporté par le biais d'évaluation, notamment en aveuglant au moins les évaluateurs voire les kinésithérapeutes quand cela est possible.

En conclusion, nous avons vu dans cette revue les bienfaits la pliométrie aquatique. Cette pratique, qui apporte un avantage supplémentaire grâce aux différents effets de l'eau, diminue les contraintes imposées au système musculosquelettique.

Au terme de cette revue, nous avons démontré l'apport supplémentaire de cette pratique aquatique par rapport à la réalisation sur le sol, et nous avons évoqué son intérêt dans l'amélioration de l'équilibre avec une sollicitation plus importante de la proprioception.

Il serait désormais intéressant de se demander si la pliométrie aquatique en permettant de travailler la proprioception améliore l'équilibre et permet de limiter le risque de blessures ?

## 6 Bibliographie

- [1] Dufour M. Anatomie de l'appareil Locomoteur : Membre inférieur . Tome 1. 2015.
- [2] Gilroy MA, Macpherson BR. Atlas d'anatomie. 2017.
- [3] Les différents types de muscles - Institut de Myologie n.d. <https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/les-differents-types-de-muscles/> (accessed March 16, 2020).
- [4] MYOLOGIE DU MEMBRE INFÉRIEUR Muscles du bassin, de la région glutéale et de la cuisse. n.d.
- [5] L'Elasticité Musculaire - entraîneursdefootball n.d. <https://sites.google.com/site/entraîneursdefootball/qualites-motrices-du-footballeur-.....nouveau/les-qualites-physiques/evaluation-de-l-elasticite-musculaire> (accessed March 11, 2020).
- [6] Fabien D. Physiologie du Muscle Strié Squelettique « Notions de Physiologie Appliquée » Module Appareil Locomoteur-DFGSM S4. n.d.
- [7] Cometti G. LA DETENTE et LA PLIOMETRIE. n.d.
- [8] Qu'est-ce que la pliométrie? | | Défis n.d. <https://defis.ca/2013/10/30/quest-ce-que-la-plyometrie/> (accessed March 11, 2020).
- [9] BOSCO C, VIITASALO JT, KOMI P v., LUHTANEN P. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 1982;114:557–65. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1982.tb07024.x>.
- [10] La pliométrie : pour gagner en puissance musculaire ! n.d. <https://www.all-musculation.com/programme-musculation/entrainement-pliedrome/definition-pliedrome.html> (accessed March 11, 2020).
- [11] Paulo Fernandes - Lille C. Physiologie des étirements. 2008.
- [12] Farcy S. Compliance de la composante élastique série in vivo : contribution musculaire, tendineuse et aponévrotique et plasticité à la variation de la demande fonctionnelle. n.d.
- [13] Rabital G. Elasticité musculo-tendineuse et raideur musculo-squelettique chez les pongistes de haut niveau. n.d.
- [14] BOSCO C, RUSKO H. The effect of prolonged skeletal muscle stretch-shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure. *Acta Physiologica Scandinavica* 1983;119:219–24. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1983.tb07331.x>.
- [15] Thomas K, French D, R.HAYES P. THE EFFECT OF TWO PLYOMETRIC TRAINING TECHNIQUES ON MUSCULAR POWER AND AGILITY in youth soccer player 2009.
- [16] Quirin S, Müller E, L.Stöggel T. The effect of 16-week PT on explosive action in early to mid-puberty elite soccer player 2014;28:2105–14.
- [17] CHELLY MS, HERMASSI S, AOUADI R, SHEPHARD RJ. Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball player 2014;28:1401–10.
- [18] HERRERO AJ, MARTIN J, MARTIN T, ABADIA O, FERNANDEZ B, GARCIA-LOPEZ D. SHORT-TERM EFFECT OF PLYOMETRICS AND STRENGTH TRAINING WITH AND WITHOUT SUPERIMPOSED ELECTRICAL STIMULATION ON MUSCLE STRENGTH AND ANAEROBIC PERFORMANCE: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL.PART II AZAEL n.d.:1616–22.

- [19] Le régime Pliométrique. n.d.
- [20] Pliométrie - Comment décupler la puissance de vos muscles n.d. <https://entrainement-sportif.fr/pliometrie-plyometrie.htm> (accessed March 12, 2020).
- [21] Allerheiligen B, Rogers R. Plyometrics Program Design.pdf n.d.
- [22] PRATIQUE n.d. <http://www.eurokine.be/eurokine/select/gppj/gp06108.htm> (accessed March 24, 2020).
- [23] Adrien D, Schwitzgubel J, Muff G, Naets E. Prise en charge des lésions musculaires aiguës en 2018. Rev Med Suisse 2018.
- [24] Torres-Ronda L, Schelling I Del Alcázar X. The properties of water and their applications for training. Journal of Human Kinetics 2014;44:237–48. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0129>.
- [25] L'effet de la température de l'eau sur les nageurs | Piscines et Spas Ste-Julienne - Groupe Maître Piscinier n.d. <http://www.piscinesetspastesjulienne.com/leffet-de-la-temperature-de-leau-sur-les-nageurs/> (accessed March 24, 2020).
- [26] L'ÉCHELLE VISUELLE ANALOGIQUE (EVA) n.d. [http://www.antalvite.fr/pdf/echelle\\_visuelle\\_analogique.htm](http://www.antalvite.fr/pdf/echelle_visuelle_analogique.htm) (accessed March 13, 2020).
- [27] Site CHU - Créatine kinase (Sang) n.d. [https://www.chu.ulg.ac.be/jcms/c\\_481327/fr/creatine-kinase-sang](https://www.chu.ulg.ac.be/jcms/c_481327/fr/creatine-kinase-sang) (accessed March 13, 2020).
- [28] La créatinine et l'urée - Page 4 n.d. <http://www.renaloo.com/infos-sante2/la-dialyse/chiffres-a-connaître?showall=&start=3> (accessed March 13, 2020).
- [29] Formulation de la question clinique La méthodologie PICO n.d. <https://kinedoc.org/work/kinedoc/34a8be64-b926-4d87-ae94-9c445e35e768.pdf> (accessed March 14, 2020).
- [30] Eloy P, Bichat H, Bernard C. MÉTHODOLOGIE DES ESSAIS THÉRAPEUTIQUES. 2017.
- [31] HAS. Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique. 2013.
- [32] Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. Physical Therapy 2003;83:713–21. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>.
- [33] Base de Données de la Physiothérapie Fondée sur les Preuves (Français) n.d. <https://www.pedro.org.au/french/> (accessed February 3, 2020).
- [34] Miller MG, Berry DC, Bullard S, Gilders R. Miller. M 2002 : Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. Journal of Sport Rehabilitation 2002;11:268–83. <https://doi.org/10.1123/jsr.11.4.268>.
- [35] Jurado Lavanant A. Jurado- Lavanant. A, 2015 : The Effects of Aquatic Plyometric Training on Repeated Jumps , Drop Jumps and Muscle Damage 2015:1–8.
- [36] Robinson LE, Devor ST, Merrick MA, Buckworth J. Robinson L. 2004 : The effects of land vs aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. Journal of Strength and Conditioning Research 2004;18:84–91.
- [37] Wertheimer V, Antekolovic L, Matkovic BR. Wertheimer V. 2002: Muscle damage indicators after land and aquatic plyometric training programmes. Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine 2018;7:13–9. <https://doi.org/10.26773/mjssm.180302>.

- [38] Shiran MY, Kordi MR, Ziaee V, Ravasi A-A, Mansournia MA. Shiran. MY, 2008 : The Effect of Aquatic and Land Plyometric Training on Physical Performance and Muscular Enzymes in Male Wrestlers. *Research Journal of Biological Sciences* 2008;3:457–61.
- [39] Cucherat M. La lecture critique des essais thérapeutiques *Critical Reading of Therapeutic Trials*. n.d.
- [40] Coefficient Kappa de Cohen (K) :: IRDP :: Institut de recherche et de documentation pédagogique n.d. <https://www.irdp.ch/institut/coefficient-kappa-cohen-2039.html> (accessed March 7, 2020).
- [41] GUIDE D'ANALYSE DE LA LITTÉRATURE ET GRADATION DES RECOMMANDATIONS JANVIER 2000 Service Recommandations Professionnelles. 2000.
- [42] AMSTAR-GRILLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ MÉTHODOLOGIQUE DES REVUES SYSTÉMATIQUES AMSTAR : a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews 1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni? n.d.
- [43] Igourbail. Rapport\_Efficacite des méthodes de mise en oeuvre des RM\_COLG\_29082014. 2014.
- [44] Guex K. Pliométrie en milieu aquatique versus au sol : influence sur la performance du saut *Influence of aquatic versus land plyometric training on vertical jumping performance* 2016.
- [45] Held N, Perrotta A, Busschmann L, Bredin S, Warburton DE. A systematic review of the efficacy of lower body aquatic plyometric training. The development of evidence-based recommendations for practitioners. *Health & Fitness Journal of Canada* 2019;12:17–33. <https://doi.org/10.14288/hfjc.v12i1.266>.

## 7 Annexes

### Annexe 1 : Classification de Durey et Rodineau

Grade	Terme clinique couramment utilisé	Apparence histologique	Apparence échographique
Grade 0	«Courbature»	Atteinte réversible de la fibre musculaire. Pas d'atteinte du tissu conjonctif de soutien	Aspect hyperéchogène global de la loge musculaire
Grade 1	«Contracture»	Atteinte irréversible de la fibre musculaire. Pas d'atteinte du tissu conjonctif de soutien	Zones floues hyperéchogènes sans désorganisation des fascicules musculaires
Grade 2	«Elongation»	Atteinte irréversible d'un nombre réduit de fibres musculaires. Atteinte du tissu de soutien	Zones floues hyperéchogènes avec flammèches de désorganisation des fascicules musculaires
Grade 3	«Claquage»	Atteinte irréversible d'un nombre important de fibres musculaires. Atteinte du tissu de soutien + hématome	Collections liquidiennes au niveau des jonctions myotendineuses ou myoaponévrotiques
Grade 4	«Rupture»	Rupture partielle ou totale d'un muscle	Lésion myotendineuse ou myoaponévrotique complète avec rétraction

### Annexe 2 : Echelle PEDRO

#### Echelle 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 3 : Analyse détaillée de chaque article, pour le modèle PICO.

La population : Détail des caractéristiques physiques de chaque groupe.

	Groupes	Nombre Sexe (F ou M)	Age (années) ± SD	Taille (cm) ± SD	Poids (kg) ± SD
<b>Miller. Michael G, 2002</b>	Sol	14	21,5 ± 3,6	171 ± 11,3	72,2 ± 9,7
	Aquatique	13	22 ± 2,5	170 ± 9,3	74,2 ± 20,2
	Contrôle	13	23 ± 5,5	177,8 ± 10,7	79,8 ± 14,3
<b>Jurado-Lavanant. A, 2015</b>	Général	65 H	21,2 ± 4,9	177 ± 0,06	76,2 ± 10,7
<b>Robinson. Leah e, 2004</b>	Sol	15 F	20,6 ± 0,6	167,2 ± 1,6	68,5 ± 2,3
	Aquatique	16 F	19,8 ± 0,3	168,6 ± 1,5	66,8 ± 2,1
<b>Wertheimer Vlatka, 2002</b>	Sol	10 H	22,33 ± 2,06	180,27 ± 7,31	79,1 ± 9,24
	Aquatique	10 H	21,9 ± 1,73	178,58 ± 6,27	81,68 ± 10,24
<b>Yaser Shiran. M, 2008</b>	Sol	7 H	21 ± 9,5	167 ± 6,6	65 ± 9,51
	Aquatique	7 H	18 ± 4,1	170 ± 3,9	63 ± 3,3
	Contrôle	7 H	22 ± 3,1	170 ± 5,5	70 ± 8,6
<b>Moyenne</b>			21,2	172,5	72,4

L'intervention : Détail de chaque programme de pliométrie en fonction des études.

	Durée (semaines)	Nb séance/ semaine	Nb de sessions	Programme
<b>Miller. Michael G, 2002</b>	8	2	16	Identique pour les exercices, la récupération et le volume Min 80 contacts avec sol – max 120 Intensité augmente avec l'avancée du programme Même horaire entre les 2 groupes
<b>Jurado-Lavanant. A, 2015</b>	10	2	20	Identique pour les exercices 10 séries de sauts verticaux qui augmentent de 10 répétitions à 55 par séries. Même horaires (± 1h)
<b>Robinson. Leah e, 2004</b>	8	3	24	Identique : 3 à 5 set de 10 à 20 répétés de 10 exercices. Nombre augmente après 2 puis 5 semaines
<b>Wertheimer Vlatka, 2002</b>	8	2	16	Identique : en termes de vitesse et de saut. Augmentation progressive jusqu'à 150 à 200 contacts.
<b>Yaser Shiran. M, 2008</b>	5	3	15	Identiques : 4 types d'exercices Intensité augmente progressivement de 80 à 105%



Les comparateurs : Détail pour chaque étude des différents groupes étudiés.

Auteurs	Comparateurs
Miller. Michael G, 2002	Contrôle / Sol / Aquatique
Jurado-Lavanant. A, 2015	Contrôle / Sol / Aquatique
Robinson. Leah e, 2004	Sol / Aquatique
Wertheimer Vlatka, 2002	Sol / Aquatique
Yaser Shiran. M, 2008	Contrôle / Sol / Aquatique

Les critères de jugement : Détails pour chaque étude des critères de jugement étudiés ainsi que de leur mesure.

	Critère principal			Critère secondaire		
	Aspect	Outils	Modalité	Aspect	Outils	Modalité
<i>Miller. Michael G, 2002</i>	Douleur musculaire	VAS (de 1 à 10)	Chaque semaine à 24h/48h/72h post session	Hauteur maximale Force musculaire Couple force Amplitudes articulaires	Vertival Jumping System MKPT Biodex Multijoint System 360° goniometer	Avant la 1 <sup>ère</sup> et après la 16 <sup>ème</sup> session
<i>Jurado-Lavanant. A, 2015</i>	Atteinte musculaire	Analyse de sang : CK	Avant la 1 <sup>ère</sup> session / 48h après sessions 10 et 20	Hauteur maximale Force musculaire	Electronic Contact Mat System (ECMS) ECMS	Avant la 1 <sup>ère</sup> et après la 10 <sup>ième</sup> et la 20 <sup>ième</sup> session
<i>Robinson. Leah e, 2004</i>	Douleur musculaire	VAS avec analyse du seuil sensitif avant	A 0/48h/96h post sessions du DF / BF/ G	Force maximale Vitesse	Isokinetic Strength testing Sprint 40m	Avant la 1 <sup>ère</sup> session et après la 10 <sup>ième</sup> et 24 <sup>ième</sup> sessions
<i>Wertheimer Vlatka, 2002</i>	Atteinte musculaire	Analyse de sang : LDH – CK- Uréa	1h avant et 24h après la 1 <sup>ère</sup> et la 16 <sup>ème</sup> sessions	Absence de test fonctionnels		
<i>Yaser Shiran. M, 2008</i>	Atteinte musculaire	Analyse de sang : CK et LDH	Avant la 1 <sup>ère</sup> et après la 16 <sup>ème</sup> sessions	Force maximale Vitesse Agilité Fatigue	Squat Sprint 5/10/15m T-test Fatigue index	Avant la 1 <sup>ère</sup> et après la 16 <sup>ème</sup> session

Annexe 4 : Le coefficient de KAPPA

K	Interprétation
<0	Désaccord
0-0,2	Accord très faible
0,21-0,40	Accord Faible
0,41-0,60	Accord modéré
0,61-0,80	Accord fort
0,81-1	Accord presque parfait

Annexe 5 : Description des bassins dans les études

Auteurs	Température	Immersion
[10]	NR	Immersion Taille
[10]	27°	Immersion Epaule
[10]	25°-26°	Immersion Taille
[10]	NR	Immersion Taille
<b><i>Shiran et al. 2008</i></b>	NR	

Annexe 6 : Grille Amstar, évaluation de la qualité méthodologique de la revue

## AMSTAR – GRILLE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ MÉTHODOLOGIQUE DES REVUES SYSTÉMATIQUES

AMSTAR : a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews

### 1. Un plan de recherche établi a priori est-il fourni?

La question de recherche et les critères d'inclusion des études doivent être déterminés avant le début de la revue.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

Pour que la réponse soit « oui », il doit y avoir un protocole, l'approbation d'un comité d'éthique ou des objectifs d'étude prédéterminés ou établis a priori.

Commentaire :

### 2. La sélection des études et l'extraction des données ont-ils été confiés à au moins deux personnes?

Au moins deux personnes doivent procéder à l'extraction des données de façon indépendante, et une méthode de consensus doit avoir été mise en place pour le règlement des différends.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

Deux personnes sélectionnent les études, deux personnes procèdent à l'extraction des données, puis elles se mettent d'accord ou vérifient leur travail respectif.

Commentaire :

### 3. La recherche documentaire était-elle exhaustive?

Au moins deux sources électroniques doivent avoir été utilisées. Le rapport doit comprendre l'horizon temporel de la recherche et les bases de données interrogées (Central, EMBASE et MEDLINE, par exemple). Les mots clés et (ou) les termes MeSH doivent être indiqués et, si possible, la stratégie de recherche complète doit être exposée. Toutes les recherches doivent être complétées par la consultation des tables des matières de revues scientifiques récentes, de revues de la littérature, de manuels, de registres spécialisés ou d'experts dans le domaine étudié et par l'examen des références fournies dans les études répertoriées.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

Si on a consulté au moins deux sources et eu recours à une stratégie complémentaire, cocher « oui » (Cochrane + Central = deux sources; recherche de la littérature grise = stratégie complémentaire).

Commentaire :

### 4. La nature de la publication (littérature grise, par exemple) était-elle un critère d'inclusion?

Les auteurs doivent indiquer s'ils ont recherché tous les rapports, quel que soit le type de publication, ou s'ils ont exclu des rapports (de leur revue systématique) sur la base du type de publication, de la langue, etc.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

Si les auteurs indiquent qu'ils ont recherché la littérature grise ou non publiée, cocher « oui ». La base de données SIGLE, les mémoires, les actes de conférences et les registres d'essais sont, en l'occurrence, tous considérés comme de la littérature grise. Si la source renfermait de la littérature grise, mais aussi de la littérature à large diffusion, les auteurs doivent préciser qu'ils recherchaient de la littérature grise ou non publiée.

Commentaire :

### 5. Une liste des études (incluses et exclues) est-elle fournie?

Une liste des études incluses et exclues doit être fournie.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

Il est acceptable de s'en tenir aux études exclues. S'il y a un hyperlien menant à la liste, mais que celui-ci est mort, cocher « non ».

Commentaire :

---

### 6. Les caractéristiques des études incluses sont-elles indiquées?

Les données portant sur les sujets qui ont participé aux études originales, les interventions qu'ils ont reçues et les résultats doivent être regroupées, sous forme de tableau, par exemple. L'étendue des données sur les caractéristiques des sujets de toutes les études analysées (âge, race, sexe, données socio-économiques pertinentes, nature, durée et gravité de la maladie, autres maladies, par exemple) doit y figurer.

**Oui**    **Non**    **Impossible de répondre**    **Sans objet**

Remarque :

*Ces données ne doivent pas nécessairement être présentées sous forme de tableau, pour autant qu'elles soient conformes aux exigences ci-dessus.*

Commentaire :

---

### 7. La qualité scientifique des études incluses a-t-elle été évaluée et consignée?

Les méthodes d'évaluation déterminées a priori doivent être indiquées (par exemple, pour les études sur l'efficacité pratique, le choix de n'inclure que les essais cliniques randomisés à double insu avec placebo ou de n'inclure que les études où l'affectation des sujets aux groupes d'étude était dissimulée); pour d'autres types d'études, d'autres critères d'évaluation seront à prendre en considération.

**Oui**    **Non**    **Impossible de répondre**    **Sans objet**

Remarque :

*Ici, les auteurs peuvent avoir utilisé un outil ou une grille quelconque pour évaluer la qualité (score de Jadad, évaluation du risque de biais, analyse de sensibilité, etc.) ou peuvent exposer les critères de qualité en indiquant le résultat obtenu pour CHAQUE étude (un simple « faible » ou « élevé » suffit, dans la mesure où l'on sait exactement à quelle étude l'évaluation s'applique; un score général n'est pas acceptable, pas plus qu'une plage de scores pour l'ensemble des études).*

Commentaire :

---

### 8. La qualité scientifique des études incluses dans la revue a-t-elle été utilisée adéquatement dans la formulation des conclusions?

Les résultats de l'évaluation de la rigueur méthodologique et de la qualité scientifique des études incluses doivent être pris en considération dans l'analyse et les conclusions de la revue, et formulés explicitement dans les recommandations.

**Oui**    **Non**    **Impossible de répondre**    **Sans objet**

Remarque :

*Voici une formulation possible : « La faible qualité des études incluses impose la prudence dans l'interprétation des résultats ». On ne peut cocher « oui » à cette question si on a coché « non » à la question 7.*

Commentaire :

---

### 9. Les méthodes utilisées pour combiner les résultats des études sont-elles appropriées?

Si l'on veut regrouper les résultats des études, il faut effectuer un test d'homogénéité afin de s'assurer qu'elles sont combinables (chi carré ou  $I^2$ , par exemple). S'il y a hétérogénéité, il faut utiliser un modèle d'effets aléatoires et (ou) vérifier si la nature des données cliniques justifie la combinaison (la combinaison est-elle raisonnable?).

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

*Cocher « oui » si on souligne ou explique la nature hétérogène des données, par exemple si les auteurs expliquent que le regroupement est impossible en raison de l'hétérogénéité ou de la variabilité des interventions.*

Commentaire :

---

### 10. La probabilité d'un biais de publication a-t-elle été évaluée?

Une évaluation du biais de publication doit comprendre une association d'outils graphiques (diagramme de dispersion des études ou autre test) et (ou) des tests statistiques (test de régression d' Egger, méthode de Hedges et Olkin, par exemple).

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

*Si les auteurs ne fournissent aucun résultat de test ni diagramme de dispersion des études, cocher « non ». Cocher « oui » s'ils expliquent qu'ils n'ont pas pu évaluer le biais de publication, parce qu'ils ont inclus moins de 10 études.*

Commentaire :

---

### 11. Les conflits d'intérêts ont-ils été déclarés?

Les sources possibles de soutien doivent être déclarées, tant pour la revue systématique que pour les études qui y sont incluses.

Oui  Non  Impossible de répondre  Sans objet

Remarque :

*On ne peut cocher « oui » que si la source de financement ou de soutien de la revue systématique ET de chaque étude incluse est indiquée.*

Commentaire :

## **Résumé :**

**Contexte :** L'efficacité de la pliométrie et son utilisation en rééducation a depuis longtemps fait ses preuves. La réalisation d'exercices pliométrique est très efficace, mais on sait aussi qu'elle peut engendrer des contraintes importantes, notamment au niveau du système musculosquelettique. L'application de cette technique est donc restreinte à certaines populations ou s'emploie à la fin de la rééducation, alors qu'elle pourrait être bénéfique à un plus grand nombre.

**Objectifs :** Evaluer les effets de la pliométrie en milieu aquatique sur la diminution des contraintes musculaires ainsi que son efficacité par rapport à la pliométrie classique.

**Méthode :** Différentes bases de données (Cochrane / Pubmed/ Research Gate) ont été investiguées afin d'extraire les études éligibles. Les études sélectionnées devaient répondre à au moins un des critères de jugements suivant : la douleur ou l'atteinte musculaire et/ou l'efficacité.

**Résultats :** Suite aux recherches, 5 essais cliniques randomisés ont été inclus. La contrainte musculaire a été évaluée soit à l'aide de l'EVA soit par analyse sanguine testant les marqueurs biologiques de lésion musculaire (Créatine Kinase, Lactate déshydrogénase et Sérum Uréa). Les résultats montrent une diminution de la contrainte en milieu aquatique. Les résultats des tests fonctionnels rapportent une efficacité similaire à la pliométrie classique.

**Conclusion :** La pliométrie aquatique apportent des bienfaits supplémentaires grâce aux propriétés de l'eau. Même si des preuves supplémentaires restent encore à apporter, il semblerait que la pliométrie aquatique serait un bon moyen de diminuer les contraintes imposées par la pliométrie classique.

**Mots clés :** pliométrie au sol, pliométrie aquatique, contraintes, douleur musculaire, efficacité

## **Abstract**

**Context:** The effectiveness of plyometry and its use in rehabilitation has been proven for a long time. While plyometric exercises are very effective, it is also known that they can cause significant strain, especially on the musculoskeletal system. The application of this technique is therefore restricted to a certain population or is used at the end of rehabilitation, when a larger number of people could benefit from it.

**Objectives:** To evaluate the effects of plyometrics in an aquatic environment regarding the reduction of muscular constraints as well as its effectiveness compared to conventional plyometrics.

**Methods:** Various databases (Cochrane / Pubmed / Research Gate) were investigated in order to extract eligible studies. The selected studies had to meet at least one of the following judging criteria: pain or muscular impairment and/or efficacy.

**Results:** As a result of the research, 5 randomized clinical trials were included. Muscle strain was assessed either by EVA or by blood tests testing biological markers of muscle injury (Creatine Kinase, Lactate Dehydrogenase and Serum Urea). The results show a decrease of the stress level in the aquatic environment. The results of the functional tests report an efficiency similar to classical plyometrics.

**Conclusion:** Aquatic plyometrics provide additional benefits due to the properties of water. Even if additional evidence is still required, it seems that aquatic plyometry would be a good manner to reduce the constraints imposed by classical plyometry.

**Keywords:** Land plyometrics, aquatic plyometrics, constraints/ damage, muscle pain, efficiency