

Année universitaire 2022-2023

Master 1<sup>re</sup> année

Master STAPS mention : *Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive*

Parcours : *Préparation du sportif : aspects physiques, nutritionnels et mentaux*

## MEMOIRE

TITRE : Les effets d'un programme d'entraînement pliométrique sur les performances de jeunes joueurs de rugby en termes de force et de vitesse.

Par : DIAS SILVA Andreia

Sous la direction de : COQUART Jérémy

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et  
De l'Éducation Physique le :

15/05/2023



« La Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires ; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

## Remercîments

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide lors de mon stage et la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais dans un premier temps remercier la faculté des Sciences du sport et de l'éducation Physique, pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage.

Je voudrais remercier également mon directeur de mémoire, M. Jeremy Coquart qui a su répondre à toutes mes questions et a su me guider tout au long de cette expérience

Je tiens à remercier le Club OMR qui m'a accueilli et m'a ouvert ses portes.

Il m'est impossible d'oublier mes tuteurs de stage, M. Félix Decroocq et M. Yannick Ringot, ils ont pris le temps de m'écouter et de discuter avec moi, qui m'ont encouragé. Leurs remarques et leurs conseils m'ont permis d'envisager mon travail sous un autre angle.

Je tiens enfin à remercier particulièrement, les joueurs du club, qui ont accepté de participer à ce mémoire et qui m'ont accompagné tout au long de cette année.

## Sommaire

### Table des matières

Remercîments .....	3
Sommaire .....	4
Glossaire .....	5
1. Introduction.....	6
2. Revue de la littérature.....	7
2.1 Les demandes physiques du rugby.....	7
2.2 Le profil force vitesse.....	8
2.3 La pliométrie .....	11
2.3.1 Les composantes du CER.....	12
2.3.2 L'entraînement pliométrique .....	18
3. Problématique, objectif(s) et hypothèse(s) .....	19
4. Stage .....	20
4.1 Le milieu professionnel.....	20
4.2 Les sujets.....	20
4.3 Les matériels et techniques de mesure.....	21
4.3.1 Le test .....	21
4.4 Le protocole .....	22
4.4.1 L'Echauffement : .....	23
4.4.2 Les séances .....	24
4.5 L'analyse statistique .....	25
5. Résultats.....	26
5.1 Les caractéristiques des sujets .....	26
5.2 La comparaison.....	27
6. Discussion .....	29
6.1 Interprétation .....	29
6.2 Limites.....	30
6.3 Applications sur le terrain .....	31
6.4 Perspectives.....	32
7. Conclusion .....	32
8. Références bibliographiques.....	33
9. Annexe(s).....	36

10.	Résumé en Français et anglais, et mots clés.....	37
	Français :.....	37
	Anglais: .....	38
	Mots clés .....	38
11.	Les compétences acquises .....	39

## Glossaire

**Km/h** : Kilomètre par heure

**CER** : cycle d'étirement-raccourcissement

**CEL** : Centre d'entraînement labélisé

**FV** : Force Vitesse

**F0** : Force Théorique maximale

**V0** : Vitesse théorique maximale

**Vmax** : Vitesse maximale aérobie

**Pmax** : Puissance maximale

**FNM** : Fuseaux neuro-musculaires

**OTG** : Organes tendineux de golgi

**RAC** : Rotations articulaires contrôlées

**A/R** : Aller/Retour

**D/G** : Droite/Gauche

**N/kg** : Newton par kilogramme

**m/s** : Mètres par secondes

**W/Kg** : Watts par kilogramme

## 1. Introduction

Le rugby tire ses origines de l'initiative d'un étudiant nommé William Webb Ellis, qui en 1823 a modifié les règles du football en prenant le ballon avec ses mains pour marquer un but lors d'un match du collège de Rugby en Angleterre. Thomas Arnold, le directeur de l'établissement, aurait encouragé cette nouvelle pratique sportive au sein de son école, ce qui a conduit à son adoption par d'autres établissements scolaires et clubs sportifs. Le rugby a été codifié pour la première fois en 1846 à Rugby, puis officiellement reconnu en 1871 lorsque les règles du jeu ont été établies. Il est devenu un sport national en Grande-Bretagne et dans ses colonies, (Australie, en Afrique du Sud et en Nouvelle-Zélande), avant de se propager en France grâce aux étudiants et ouvriers britanniques.

Le 26 janvier 1871 marque la création de la Rugby Football Union (RFU) en France, qui a pour but de distinguer clairement le rugby du football. Le premier club de rugby à XV est apparu au Havre en 1872, mais il a fallu attendre jusqu'en 1906 pour que l'équipe de France dispute son premier match international. La Fédération française de rugby (FFR) a quant à elle, été créée en 1920. De nos jours, elle compte plus de 1900 clubs et 26500 licenciés. Ce jeu devenu de plus en plus populaire, notamment grâce à la couverture médiatique. (*« Présentation de la Fédération »*. s. d. *Fédération Française de Rugby*)

Le rugby a connu de nombreux changements depuis ses débuts, non seulement en termes de jeu, mais aussi en ce qui concerne les joueurs.

Les joueurs sont devenus plus grands, plus rapides et plus musclés, *Bevan et al. (2022)* nous confirment cela. La graisse corporelle est passée de 15,4 % en 1999 à 12,3 % en 2019, la vitesse maximale moyenne d'un joueur de rugby était de 8,2 ( $\pm 0,18$ ) m/s en 1999 et de 9,1 ( $\pm 0,10$ ) m/s en 2019. Si nous examinons les différents postes de jeu et que nous comparons les données des quatre premières saisons combinées (1999-2002) avec celles des quatre dernières saisons (2015-2018), nous pouvons observer des différences significatives dans la masse corporelle des joueurs. En effet, la masse corporelle des cinq de derrière (n°11, 12, 13, 14, 15) a augmenté de 4%, celle des demis (n°9,10) a diminué de 0,5%, celle des 3<sup>ème</sup> ligne (n°6,7,8) a augmenté de 2,6% et celle des cinq de devant (n°1,2,3,4,5) de 3,8%.

Lorsque nous nous focalisons sur les changements de vitesse sur les mêmes périodes, la vitesse maximale des cinq de derrière a augmenté de 2,2 %, celle des demis et des 3<sup>ème</sup> ligne de 5,0 %.

C'est pourquoi j'ai été attiré par l'importance de la vitesse dans le rugby et les moyens de l'améliorer. Il existe diverses approches pour développer la vitesse, mais parmi elles, la pliométrie suscite un intérêt croissant de la part des chercheurs.

Cette étude vise à explorer l'impact de la pliométrie sur la force et la vitesse des joueurs de rugby. Nous commencerons par examiner les différents éléments du rugby, du profil force-vitesse et de la pliométrie. Ensuite, nous nous pencherons sur le protocole expérimental mis en place. Enfin, nous analyserons les résultats obtenus à travers ce protocole.

## **2. Revue de la littérature**

### **2.1 Les demandes physiques du rugby**

Le rugby à XV est un sport de contact complexe et physiquement exigeant. Il se caractérise par une répétition d'efforts intenses et de courte durée avec différentes phases de déplacement et de combat comme le placage, le maul, le ruck, ou encore la mêlée. (*Duthie et al., 2003*).

Les progrès récents de la technologie d'analyse fonctionnelle, comme le système de positionnement global (GPS), ont permis aux chercheurs d'obtenir des mesures en temps réel des mouvements pendant les matchs de rugby. Ces dispositifs mesurent le profil d'activité des joueurs de sports collectifs sur le terrain sans entraver les actions normales du jeu.

C'est à travers cette technologie que *Cunniffre et al. (2009)* ont constaté ce qui se produit pendant un match de rugby. Les joueurs professionnels de rugby parcourent en moyenne entre 5000 m et 7000 m pendant le match, dans cette étude les joueurs ont parcouru 6 953 m. Ils ont consacré 72 % du temps à la station debout et à la marche, 18,6 % au jogging, 3,3 % à la vitesse de croisière, 3,8 % à la foulée, 1 % à la course de haute intensité et 1,2 % au sprint.

La majorité des accélérations, modérées à intenses se sont produites sur des intervalles de course de 4 à 6 secondes, avec peu de différence entre les positions des joueurs.



Cependant, les arrières ont parcouru une plus grande distance totale et sont entrées dans les zones de vitesse élevée (plus de 20 km/h) à un plus grand nombre d'occasions (34 vs. 19) que les avants.

Les arrières ont également parcouru une plus grande distance totale en sprintant (> 20 km/h, 524 vs. 313 m) par rapport aux avants.

D'autres études, comme celle de *Dubois et al. (2017)*, ont trouvé des résultats similaires, où en effet, les joueurs arrières ont parcouru une plus grande distance dans les zones de vitesse élevées que les avants. Les avants, quant à eux, ont parcouru de plus grandes distances dans les zones de vitesse modérée (10,2-14,4 km-h-1). Les joueurs de rugby effectuent généralement des sprints de 10 à 20 mètres, le groupe qui a effectué plus de sprints était les arrières, mais dans cette étude, aucune différence significative n'a été constatée entre les deux groupes (avants et arrières) en ce qui concerne les accélérations et les décélérations.

*Duthie et al. (2006)* ont observé lors de son étude que les avants et les arrières ont atteint des vitesses supérieures à 90% de la vitesse maximale ( $V_{max}$ ) pendant la compétition. Il a suggéré que les avants et les arrières devraient s'entraîner à l'accélération et à la vitesse maximale, car la distribution des vitesses atteintes en compétition est similaire pour ces deux groupes de joueurs.

## 2.2 Le profil force vitesse

Nous avons vu précédemment que la qualité de vitesse et plus précisément les sprints sont des qualités fondamentales au rugby indépendamment de leur position sur le terrain.

Le sprint exige des athlètes qu'ils surmontent l'inertie et qu'ils accélèrent à partir d'un départ stationnaire jusqu'à une vitesse maximale élevée. D'un point de vue mécanique, la capacité d'accomplir cette tâche exige de l'athlète qu'il applique une grande quantité de force et de puissance dans la direction horizontale à une vitesse de course croissante (*Samozino 2016*).

Cette capacité à produire une force horizontale à une vitesse de course croissante lors d'un sprint est bien décrite par la relation force-vitesse ( $F/V$ ), (*Rabita 2015*). Il est donc logique de cibler la relation  $F/V$  à l'entraînement.

Cette relation nous fournit des informations importantes, comme la vitesse maximale ( $V_0$ ) calculée par extrapolation à une force nulle, la force maximale ( $F_0$ ) calculée par extrapolation à une vitesse nulle et la puissance maximale de sortie ( $P_{max}$ ), valeur maximale du produit des variables  $F$  et  $V$ , (Rabita 2015; Samozino 2016).

Cette relation entre les paramètres de force et de vitesse est décrite par les scientifiques au niveau de la fibre musculaire depuis les années vingt, grâce notamment à des recherches telles que celles d' Hill (1922).

Lahti et al., (2020) ont également étudié l'importance de ce profil initial. Dans son étude, il a cherché à démontrer que le degré d'adaptation à un entraînement de sprint, ciblé aux extrémités opposées du spectre  $F/V$  serait associé au profil  $F/V$  initial du sprint chez les athlètes de rugby. Il a donc constitué 2 groupes d'athlètes en fonction de leur profil initial de  $F/V$ . Le premier groupe était en entraînement sur traîneau lourd, qui avait pour objectif d'augmenter l'orientation de la force du profil  $F/V$  et d'améliorer l'accélération initiale. Le deuxième groupe était en entraînement par accélération assistée et avait pour objectif s'orienter vers la vitesse en améliorant la force horizontale vers l'autre extrémité du spectre.

Les deux groupes sont parvenus à modifier les profils  $F/V$  dans la direction du spectre souhaité, mais seul le groupe sur traîneau lourd a eu des améliorations intra groupe significatives, ils avaient également eu une corrélation plus forte entre les changements du profil  $F/V$  et leur profil initial (83 % ont répondu dans la direction souhaitée contre 50 % dans le groupe assisté).

Ces résultats montrent donc qu'en prenant en compte la base des propriétés  $F/V$  initiales de l'athlète, l'objectif final serait de modifier sa relation  $F/V$  dans la direction souhaitée en orientant le profil vers la vitesse ou la force ou même conduire à un changement plus équilibré.

Ainsi, il conclut qu'en prenant en considération les propriétés initiales de la relation  $FV$  des athlètes, une approche de groupe peut être remplacée par une approche plus individualisée afin d'améliorer les performances des athlètes à travers différentes méthodes d'entraînement.

Le rugby présente une complexité remarquable, non seulement en termes de règles et de tactiques, mais également en ce qui concerne les caractéristiques propres à chaque position.

Les exigences spécifiques à chaque position ont ainsi un impact significatif sur la force et la vitesse que les athlètes sont capables d'exprimer au cours du match.

L'étude menée par *Watkins en 2021* illustre parfaitement cette complexité. Cette étude a porté sur la performance au sprint et les profils F/V de 176 joueurs de rugby à XV évoluant dans des compétitions amateurs, professionnelles ou internationales.

Les joueurs ont été répartis en 5 groupes de postes différents : les 1<sup>er</sup>/2<sup>ème</sup> lignes (n°1,2,3,4,5), les 3<sup>ème</sup> lignes (n°6,8,7), les demis (n°9 et n°10), les ¾ centres (n°12,13) et les arrières (n°11, 14 et 15). Les résultats obtenus lors de cette étude ont montré que pour toutes les positions, la vitesse de sprint a augmenté et les temps intermédiaires ont diminué de façon linéaire avec l'augmentation du nombre de poste sur toutes les distances. Les arrières (n°11, 14 et 15) avaient la Vmax la plus élevée, atteignant 8,97 m.s<sup>-1</sup> et les temps intermédiaires les plus bas, tandis que les avants (1<sup>er</sup>/2<sup>ème</sup>/3<sup>ème</sup> lignes) avaient un profil à dominante force (F0 > 900N) plus important que tous les autres postes. Les ¾ centres (n°12,13) avaient une plus grande accélération mais une Vmax similaire à celle des 3<sup>ème</sup> lignes (n°6,8,7), alors que ces derniers avaient la puissance maximale la plus élevée de toutes les positions.

*J.B Morin (2015)* a publié une étude sur l'interprétation de ce profil F/V. Il nous indique d'abord que la relation entre la performance au sprint et la production maximale de force horizontale augmente lors des sprints plus courts, 10 à 20m (sprints les plus utilisés au rugby). En termes pratiques, l'auteur conseille aux entraîneurs qui veulent améliorer la performance d'accélération et/ou de sprint de leurs joueurs, de se focaliser sur l'augmentation de Pmax en améliorant les composantes F0 et V0.

Ainsi, il serait pertinent de trouver une méthode d'entraînement qui puisse améliorer à la fois la force et la vitesse. L'étude récente de *Watkins et al., (2020)* nous permet d'avoir quelques pistes à ce sujet. Dans son étude sur des joueurs semi-professionnels de rugby, il remarque tout d'abord qu'un entraînement de pliométrie à faible volume comprenant des exercices verticaux et horizontaux permet d'améliorer la performance au sprint (VO et Vmax ainsi que le temps du sprint). Plus spécifiquement, il a observé que la pliométrie verticale favorisait l'accélération et avait un impact plus important sur la composante force du profil de force-vitesse.

## 2.3 La pliométrie

Le terme « plyométrie » est apparu dans la littérature au milieu des années 60 à travers les travaux de V.M Zaciorskij's, il a utilisé ce terme pour indiquer la plus grande tension exprimée par un groupe de muscles, lorsque le travail musculaire comporte une phase rapide d'étirement suivie d'une phase de contraction tout aussi rapide. (*Zanon, 1989*)

*Jeffreys (2019)* définit la pliométrie comme étant une méthode d'entraînement qui s'appuie sur des mouvements puissants et rapides et qui utilise le cycle d'étirement raccourcissement. (CER). Plus précisément, les muscles subissent une contraction musculaire excentrique rapide (décélération ou phase négative) suivie d'une contraction musculaire concentrique rapide (accélération ou phase positive). (*National Strength & Conditioning Association Journal*)

*Rahimi (2005)* a réalisé une étude sur des étudiants universitaires afin de comparer les effets de 3 protocoles d'entraînement, (entraînement pliométrique, la musculation et leur combinaison) sur la performance de saut vertical, la puissance anaérobique et la force musculaire. 48 étudiants ont donc été séparés dans 4 groupes différents, groupe contrôle, groupe d'entraînement pliométrique, groupe musculation et groupe d'entraînement pliométrique/musculation. Ils ont fait 2 séances d'entraînement par semaine pendant 6 semaines (hors groupe contrôle). Pour tous les tests, les résultats des groupes expérimentaux étaient meilleurs que ceux du groupe de contrôle. La pliométrie a permis d'améliorer la performance de saut vertical, la puissance anaérobique et la force musculaire, mais la pliométrie combinée à la musculation augmenterait davantage leurs performances comparées à la pliométrie seule ou la musculation seule. Ainsi, un entraînement pliométrique couplé à des entraînements de musculation serait plus favorable à l'amélioration des performances des athlètes.

La revue systématique de *Slimani et al, (2016)* a permis d'établir les effets de l'entraînement pliométrique sur la condition physique des athlètes de sports collectifs (Rugby, basketball, football...) Il a conclu que l'entraînement pliométrique permettait d'améliorer les performances de saut vertical, de sprint et l'explosivité et d'agilité.

Il est possible d'améliorer davantage les performances athlétiques en combinant différents exercices pliométriques avec des sauts bilatéraux et unilatéraux, plutôt que de se limiter à un seul type d'exercice pliométrique ou de réaliser un entraînement physique traditionnel tel que la musculation. Les résultats présents dans cette revue suggèrent que l'entraînement pliométrique, s'il est bien conçu et spécifique au sport, peut être considéré comme une modalité d'entraînement sûre et efficace pour améliorer les performances athlétiques.

L'étude de *Gabriela et al. (2021)*, menée auprès d'une équipe féminine de rugby à 7, a également montré des résultats positifs. Cette équipe a suivi un programme d'entraînement de deux séances par semaine pendant huit semaines. L'étude a révélé que la pliométrie peut améliorer les performances athlétiques, comme en témoigne la diminution du temps moyen de sprint de 0,09 seconde (passant de 1,95 à 1,86 secondes), la diminution du temps moyen d'exécution du test de l'Illinois de 0,61 seconde (passant de 17,16 à 16,55 secondes), et l'augmentation de la hauteur de saut de 38,29 à 41,39 cm. En somme, les résultats de l'étude indiquent que la pliométrie est bénéfique pour améliorer l'agilité, la vitesse et le saut.

### 2.3.1 Les composantes du CER

Comme mentionné précédemment, la pliométrie est basée sur l'utilisation du CER. Selon *Nicol (2006)*, la course, la marche et le saut à cloche-pied illustrent de manière typique comment les forces externes (telles que la gravité) allongent les muscles. Pendant cette phase d'allongement, le muscle agit de manière excentrique (décélération ou phase négative), puis subit directement une action concentrique (raccourcissement, accélération ou phase positive). Cette combinaison d'actions excentriques et concentriques constitue un type naturel de fonction musculaire appelé CER.

Il a été démontré par *Dodd et Alvar (2007)*, que l'utilisation de la pliométrie est l'une des modalités les plus courantes pour entraîner le CER. Dans les sports collectifs lors d'activités telles que l'accélération, les changements de direction et les sauts verticaux et horizontaux, le CER est une partie typique de l'activité musculaire.

Nous allons donc approfondir un peu plus cette fonction musculaire.

### 2.3.1.1 La composante mécanique

*Davies et al. (2019)* et *Potach (2004)* décrivent parfaitement dans leurs livres les différentes phases de ce CER.

Nous avons tout d'abord le **pré-étirement excentrique**, également décrit comme la phase de préparation, de précharge, de potentialisation, de contre-mouvement, comme le montre *la figure 1*, plus précisément à la deuxième colonne de la deuxième ligne.

La phase de pré-étirement excentrique d'une activité pliométrique étire le fuseau musculaire de l'unité muscle-tendon et le tissu non contractile à l'intérieur du muscle, ce pré-étirement excentrique renforce la contraction musculaire concentrique qui suit.

Ce constat a été fait par *Bosco et al. en 1982 (1)*, où il explique que l'étirement d'un muscle avant son raccourcissement augmente sa performance pendant la phase positive (concentrique) qui suit. Dans un autre article publié par le même auteur et dans la même année, (*Bosco et al., 1982 (2)*), il ajoute que cet étirement implique que l'énergie potentielle élastique est stockée dans le muscle et cette énergie élastique peut être réutilisée lors du travail concentrique suivant.

Toujours selon, *Davies et al. (2019)* et *Potach (2004)*, la deuxième phase, **la phase d'amortissement (temps de rebond)** est le terme développé pour décrire le temps qui s'écoule entre l'arrêt du pré-étirement excentrique et le début de l'action musculaire concentrique.

Il explique notamment que cette phase est la clé de la pliométrie, car plus la phase d'amortissement est courte, plus le mouvement pliométrique est efficace et puissant, grâce notamment à l'utilisation efficace de l'énergie stockée lors de la transition.

Si la phase d'amortissement est retardée, l'énergie stockée est gaspillée sous forme de chaleur. Plus simplement, si une action concentrique ne se produit pas immédiatement après l'action excentrique, ou si la phase excentrique est trop longue ou encore exige un mouvement trop important autour de l'articulation donnée, l'énergie stockée se dissipe et se perd sous forme de chaleur. Si nous nous référons encore une fois à *la figure 1*, notamment à la troisième colonne de la deuxième ligne, nous pouvons observer cette phase d'amortissement où il n'y a pas d'allongement ou raccourcissement des fibres musculaires, c'est le moment de transition d'une contraction à l'autre.

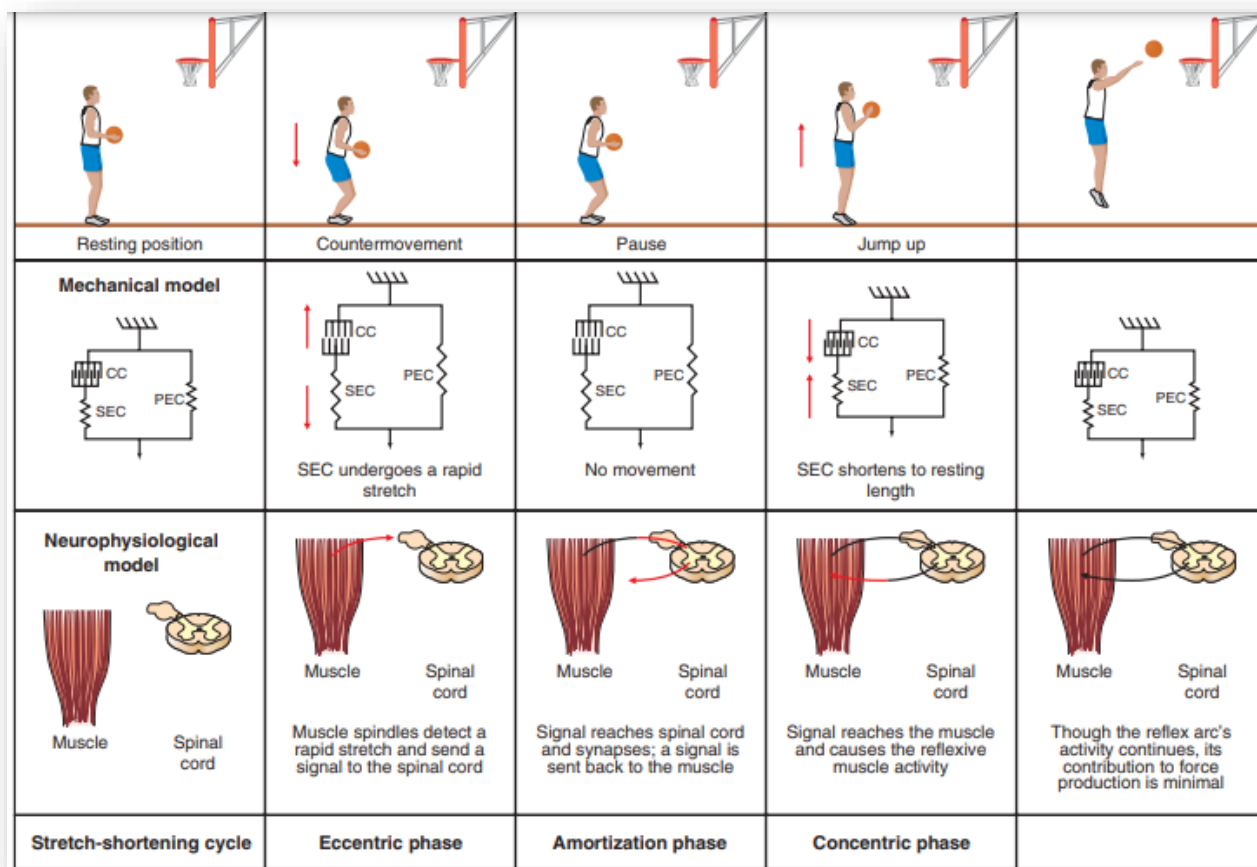
**La phase de raccourcissement concentrique**, est la phase finale du mouvement pliométrique. Elle est la réponse du corps aux événements qui se produisent pendant les phases excentriques et d'amortissement. Si le muscle déclenche immédiatement ensuite une action musculaire concentrique comme montré par la quatrième colonne de la deuxième ligne de la *figure 1*, l'énergie stockée est libérée, contribuant à la production de force totale en ramenant naturellement les muscles et les tendons à leur configuration de repos comme montré par la cinquième colonne de la deuxième ligne de la *figure 1*.

*Cormie et al. 2011*, nous explique dans son étude, que lorsqu'une fibre musculaire est activée, étirée puis immédiatement raccourcie, la force et la puissance générées au cours de l'action concentrique sont supérieures à celles générées par une contraction concentrique seule.

Ceci est dû au fait que la capacité de nos muscles à générer de la force dépend essentiellement de la longueur du sarcomère. Le potentiel le plus élevé de production de force existe lorsque la longueur du sarcomère permet un chevauchement optimal entre les filaments d'actine et de myosine (décrite comme la "longueur optimale"). À cette longueur, l'interaction des ponts croisés est maximale, ce qui permet les niveaux les plus élevés de développement de la tension active. Si la longueur des sarcomères est inférieure ou supérieure à la longueur optimale alors la production de force diminue. Il ajoute que les recherches *in vivo* ont démontré que la longueur des muscles au repos est légèrement inférieure à la longueur optimale et que, par conséquent, la force musculaire peut être augmentée par un léger étirement avant l'activation. Ainsi, l'auteur conclut que les mouvements impliquant un CER produisent une puissance musculaire maximale, ce qui se traduit par une augmentation de la performance.

*Malisoux et al. (2006)* ont mené une étude pour évaluer l'efficacité du CER dans l'amélioration de la puissance des fibres musculaires humaines par le biais d'un programme d'entraînement de 8 semaines. Les résultats de l'étude ont montré que l'entraînement de courte durée impliquant le CER permet d'améliorer les performances fonctionnelles de tous les types de fibres musculaires, en augmentant la vitesse de raccourcissement et la force. Les fibres de type I, de type IIa et IIx ont vu leur puissance s'améliorer de respectivement 25 %, 34 % et 49 % (comparé à l'entraînement de résistance).

D'où l'intérêt d'utiliser des exercices pliométriques pour améliorer la puissance.



**Figure 1 :** Illustration du CES avec les événements du modèle mécanique (ligne deux) et du modèle neurophysiologique (ligne trois) qui se produisent pendant chacune de ses trois phases, excentrique, amortissement et concentrique (ligne quatre)

Source: Potach, David. 2004. « Plyometric and Speed Training ». In, 425-58.

### 2.3.1.2 Composante neurophysiologique

Davies et al. (2015) nous explique que, les organes propriocepteurs du corps sont situés dans les capsules articulaires et les ligaments. Les fuseaux neuro-musculaires (FNM) sont des organes intramusculaires sensibles à la vitesse et à l'ampleur d'un étirement, lorsqu'un étirement est rapide et violente ils déclenchent un mécanisme de protection, le réflexe myotatique, qui se traduit par une contraction réflexe violente des muscles étirés. La stimulation de ces récepteurs peut entraîner une facilitation ou une inhibition des muscles agonistes et antagonistes.



De plus l'intensité du signal envoyé à la moelle épinière par les FNM dépend de la vitesse de l'étirement. Plus l'étirement est rapide, plus le signal neurologique envoyé par les FNM est fort et, par conséquent, plus la contraction musculaire lors du cycle de raccourcissement du mouvement pliométrique est importante.

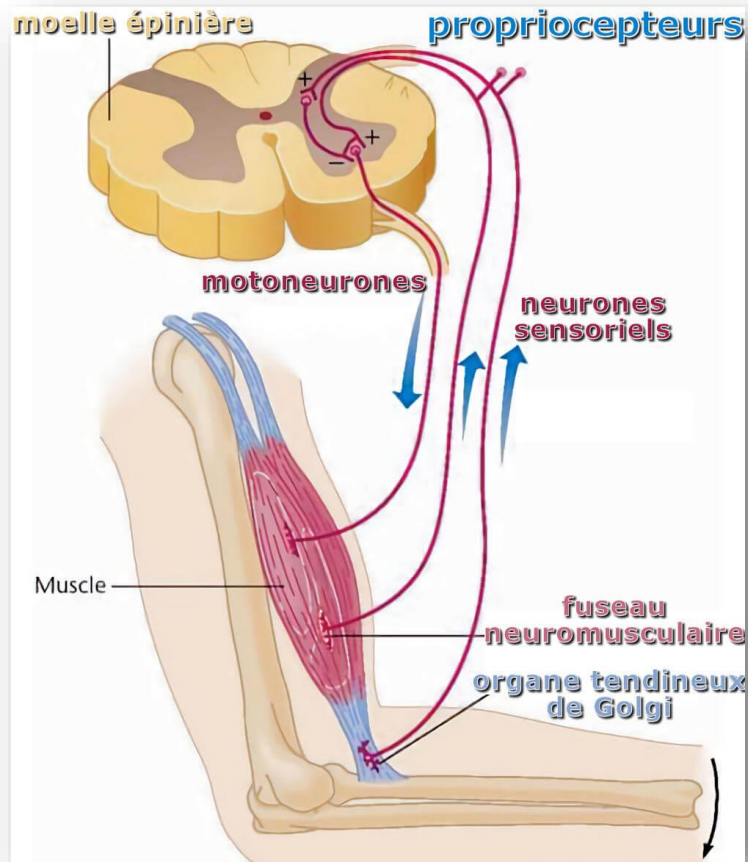
L'auteur ajoute que les organes tendineux de golgi (OTG) constituent un autre mécanorécepteur important impliqué dans le CER de la pliométrie. La fonction du OTG est d'agir comme un réflexe protecteur empêchant une contraction excessive ou une tension trop forte dans le muscle. Ainsi, les OTG aident à moduler les forces pendant les exercices pliométriques.

Par conséquent, le but de l'entraînement pliométrique est d'augmenter l'excitabilité des récepteurs neurologiques pour améliorer la réactivité du système neuromusculaire tout en désensibilisant les OTG, comme le démontre la *figure 2*.

L'entraînement pliométrique augmenterait ainsi les performances neuromusculaires en augmentant la vitesse d'action des muscles. Cette réponse réflexe augmente l'activité du muscle agoniste, ce qui accroît la force produite par le muscle. Comme pour le système mécanique, si une contraction excentrique n'est pas directement suivie par une contraction concentrique, la capacité de potentialisation du réflexe d'étirement est annulée.

*Turner et al. (2010)* expliquent davantage ce phénomène en affirmant que si les exercices et les charges impliqués dans la pliométrie ne sont pas familiers aux athlètes, les OTG peuvent inhiber l'activité des muscles extenseurs lors de la phase de pré-étirement. Toutefois, une fois qu'ils ont suivi un entraînement pliométrique, les effets inhibiteurs des OTG peuvent être réduits, permettant à l'athlète de supporter des forces d'atterrissage élevées sans diminution de la force musculaire.

En fin de compte, la puissance finale est régulée par des réflexes neuronaux subconscients. De plus, l'intensité de chaque réflexe, détermine le résultat final. Par conséquent, l'objectif des sauts de chute, par exemple, peut être d'exposer les athlètes à un étirement musculaire rapide plutôt que de générer immédiatement des forces importantes.



**Figure 2 :** Les fuseaux neuro-musculaires et les organes tendineux de Golgi régulent de manière autonome l'activité des muscles.

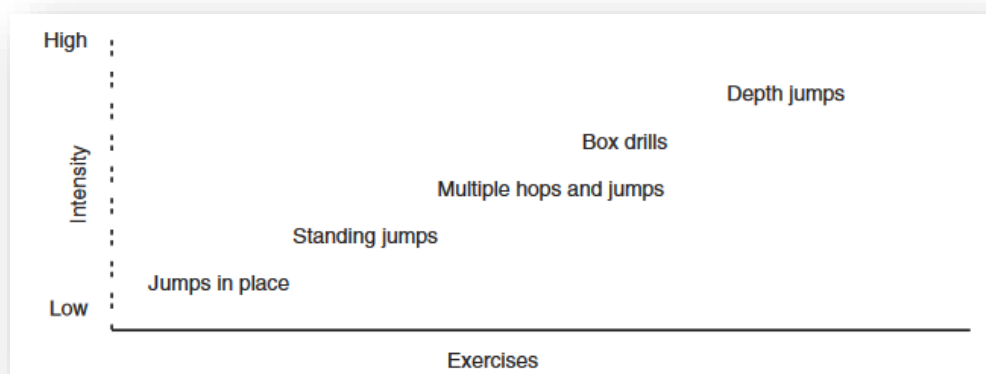
*Source : Propriocepteur : définition et explications*

En somme, la partie du CEL comprend deux éléments distincts : une composante mécanique qui décrit la capacité du muscle à stocker de l'énergie et une composante neurophysiologique qui décrit les réflexes utilisés. Toutes ces étapes sont présentes dans les exercices de pliométrie, et toutes ces composantes peuvent être affectées par les types d'exercices inclus dans une séance d'entraînement pliométrique.

### 2.3.2 L'entraînement pliométrique

#### *L'Intensité*

En pliométrie l'intensité fait référence à la quantité de stress imposée aux muscles, aux tissus conjonctifs et aux articulations et est contrôlée par le type d'exercice à exécuter. D'après l'échelle de *Chu (2013)* un saut sur place est moins intense que des sauts sur box, comme le démontre la *figure 3*.



**Figure 3** : Niveau d'intensité en fonction des exercices

*Source*: Chu, Donald A. 2013. *Plyometrics*. Champaign, IL: Human Kinetics

#### *Le volume*

Le volume d'un entraînement pliométrique est défini par le nombre de contacts au sol dans la séance et il varie en fonction de l'intensité et de l'expertise des athlètes. Plusieurs recommandations ont été formulées, mais les auteurs ne sont pas encore parvenus à un véritable consensus.

Si nous nous basons sur le niveau d'expérience, d'après *Potach (2004)*, les athlètes débutants avec plus de 18 ans, peuvent avoir un volume d'entraînement avec 60 à 100 contacts au sol par séance, tandis que les athlètes ayant plus d'expérience peuvent réaliser 100 à 140 contacts au sol par séance. Si maintenant nous prenons en compte l'intensité des exercices, *Chu, (2013)* explique que pour les athlètes les plus expérimentés, ils peuvent réaliser jusqu'à 400 contacts au sol par séance si les exercices sont de faible intensité et maximum 200 contacts au sol si les exercices sont de haute intensité.

### La récupération

Le temps de récupération dépendre aussi de l'intensité et de l'expertise de l'athlète. Selon *Chu, (2013)* lorsque les athlètes effectuent des exercices pliométriques de haute intensité, le temps entre les séries doit être de 1/5 à 1/10 (rapport travail/repos) et pour les exercices à faible intensité, nous sommes plutôt sur un rapport de 1/1 à 1/2.

À propos du temps de récupération entre les répétitions, *Potach, (2004)* a constaté que pour les exercices à haute intensité, 5 à 10 secondes étaient nécessaires pour récupérer d'une répétition de saut sur box et 20 secondes pour les sauts en contrebas.

Pour créer un programme de pliométrie, il est donc nécessaire de considérer l'âge et le niveau d'expertise des athlètes, ainsi que de planifier une séance progressive et structurée.

Pour conclure, cette revue de littérature nous a permis de comprendre que l'entraînement pliométrique peut avoir un impact positif sur la force, la puissance et la vitesse d'un athlète, et ainsi modifier son profil F/V.

## 3. Problématique, objectif(s) et hypothèse(s)

Nous nous posons donc la question si un programme pliométrique peut améliorer la force et la vitesse des jeunes joueurs de rugby.

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer l'effet d'un programme d'entraînement pliométrique sur les performances de jeunes joueurs de rugby en force et vitesse.

Ainsi, nos hypothèses sont :

- **H0** : Aucune évolution significative n'est observée dans les performances des deux groupes suite au protocole.
- **H1** : Le groupe expérimental maintient ses performances tandis que le groupe contrôle présente une diminution suite au protocole.
- **H2** : Le groupe expérimental améliore ses performances tandis que le groupe contrôle n'a pas d'évolution significative suite au protocole.

## 4. Stage

### 4.1 Le milieu professionnel

J'ai réalisé mon stage au sein du club de rugby Olympique Marcquois Rugby Lille Métropole, situé à Marcq-en-Barœul. Ce club créé en 1971 a vu son équipe sénior monter en national 2 lors de la saison 2021/2022, cet exploit a permis en septembre 2022 la création du centre d'entraînement labellisé (CEL) de l'OMR et ainsi une nouvelle catégorie est née, « L'Équipe espoirs ».

Cette catégorie est composée de joueurs entre 18 et 23 ans et propose une préparation complète avec des entraînements collectifs et individuels afin de mener les joueurs au plus haut niveau. J'ai donc pu effectuer mon mémoire avec l'équipe espoirs du club, les entraînements ont lieu au Stadium de Villeneuve-d'Ascq les lundis, mardis et jeudis avec du renforcement musculaire de 17h à 19h et ensuite entraînement de rugby de 19h à 21h.

### 4.2 Les sujets

Mon étude était composée au départ de 20 joueurs âgés  $19,4 \pm 1,10$ , mesurant  $1,81 \pm 0,07$  et pesant  $87,27 \pm 16,04$ . Ils étaient répartis en deux groupes, un groupe contrôle de 10 joueurs et un groupe expérimental de 10 joueurs également. (Tableau 1)

Les sujets du groupe expérimental ont été sélectionnés dans le cadre du projet du club, à savoir que les joueurs font parties du groupe CEL, groupe avec lequel le club s'apprêtait déjà à réaliser une séance supplémentaire dans la semaine.

Poste	Sujet	Age	Taille	Poids
Pilier	Sujet N°1	18	1,77	99,85
Talon	Sujet N°2	20	1,71	88,05
Talon	Sujet N°3	19	1,75	78,25
Deuxième ligne	Sujet N°4	21	1,92	99,35
3/4 Centre	Sujet N°5	20	1,78	75,15
Deuxième ligne	Sujet N°6	21	1,91	114
Deuxième ligne	Sujet N°7	18	1,93	93,3
3/4 Centre	Sujet N°8	19	1,85	85,2
Arrière	Sujet N°9	19	1,81	100
Arrière	Sujet N°10	19	1,76	71,45
Pilier	Sujet N°11	19	1,9	113,2
3/4 Centre	Sujet N°12	20	1,78	75,85
ailier	Sujet N°13	20	1,82	77,8
Pilier	Sujet N°14	18	1,8	116

10	Sujet N°15	20	1,88	93,65
Arrière	Sujet N°16	19	1,72	63,95
2 <sup>ème</sup> ligne	Sujet N°17	22	1,92	86,65
3 <sup>ème</sup> Ligne	Sujet N°18	18	1,73	76,3
Demie	Sujet N°19	19	1,73	62,65
3/4 Centre	Sujet N°20	19	1,79	74,7
Moyenne		19,40	1,81	87,27
Ecart-Type		1,10	0,07	16,04
Variabilité		5,65	4,08	18,38

**Tableau 1 : Sujets participant au programme**  
*(Poste, Nom, Prénom, Age, Taille et Poids)*

### 4.3 Les matériels et techniques de mesure

Concernant le matériel nécessaire pour cette étude, nous avons tout d'abord utilisé des cellules photoélectriques (marque fusion sport), un métré et des coupelles pour réaliser le test. Afin de déterminer le profil F/V des joueurs nous avons utilisé l'Excel et l'article de *J.B Morin (2015)*. (Cf. annexe « Excel Profil F/V »)

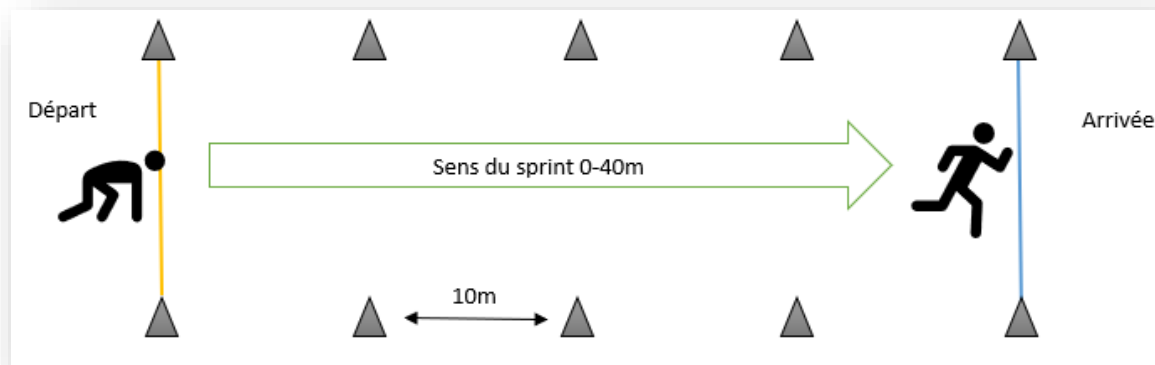
Pour le programme pliométrique nous avons utilisé des coupelles, des box de 15 cm et 30 cm de hauteur, des haies, et des boucliers de rugby.

#### 4.3.1 Le test

Le test que nous avons effectué était un sprint de 40 m afin d'analyser le profil force vitesse des joueurs comme présenté à la *Figure 4*. Le système est composé de 5 cellules photoélectriques placées tous les 10 m, qui se déclenchent une fois que l'athlète traverse le faisceau laser (invisible à l'œil nu). Chaque athlète possède un bracelet contenant ses informations (nom, prénom, poids et taille), lorsque ce dernier est prêt, il badge son bracelet sur un boîtier qui va alors associer ses informations au temps de passage qu'il effectuera au sprint.

Ce système permet d'être plus rapide et plus efficace dans la prise de notes des données étant donné que c'est l'application « Smart speed » qui recueille toutes les informations et les assemble dans un dossier, qui devra ensuite être exporté par les chercheurs. Elle facilite également le repassage du test, puisque une fois les informations saisies sur le bracelet, il suffit à l'athlète de badger à nouveau pour pouvoir refaire son sprint.

Les tests ont été effectués le 17 janvier et le 6 avril sur un terrain synthétique, toujours pendant une semaine sans match afin de laisser les joueurs récupérer. Les joueurs passaient par groupes de 3 ou 4, un échauffement à était réalisé pour chaque groupe avant le but des sprints et chaque joueur avait la possibilité de passer deux fois.



*Figure 4 : Schéma du test réalisé*

#### 4.4 Le protocole

Mon protocole comprenait un programme d'entraînement pliométrie de 20 à 45 min par séance (échauffement compris), une fois par semaine pendant 10 semaines. Il a eu lieu tous les mercredis après-midis du 18 janvier au 26 mars sur un terrain synthétique de l'hippodrome du Croisé Laroche à Marcq-en-Barœul.

Le programme d'entraînement a été construit en tenant compte de ce qui est préconisé par la littérature. Le protocole est donc divisé en trois cycles avec des intensités différentes (légère, modéré et élevé). Le premier cycle est composé de 3 semaines avec un volume faible et modéré, le deuxième cycle est composé de 4 semaines avec un volume modéré à haut et le troisième cycle est composé de 3 semaines avec un volume faible + à modéré comme le démontre la *Figure 5*. Relativement aux exercices choisis, le protocole présente des exercices pliométriques pour le bas du corps avec des sauts horizontaux et verticaux, unilatéraux et bilatéraux ce qui permet d'avoir des meilleurs résultats comme démontrés par *Ramirez-Campillo et al. (2015)*.

Certains exercices sont issus du livre de *Chu (2013)* et du livre de *Radcliffe (2019)*. Le protocole détaillé est en *annexe 3*.

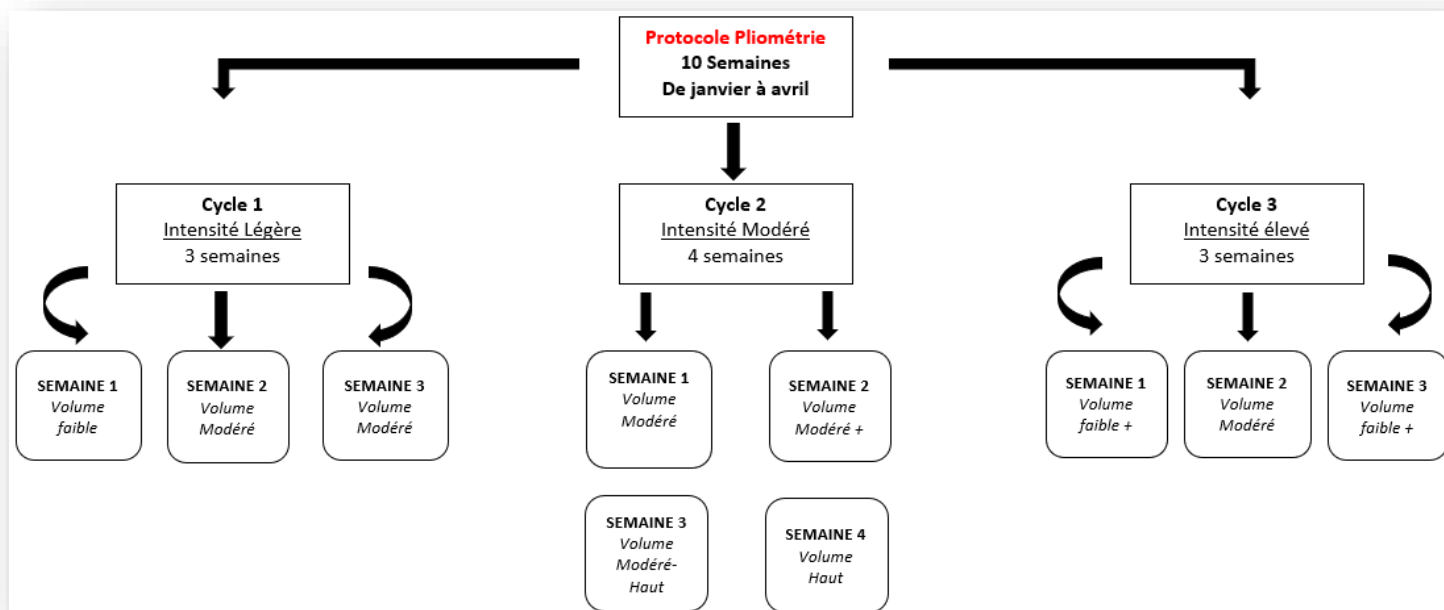


Figure 5 : Schéma du protocole pliométrique

#### 4.4.1 L'Echauffement :

Se réalise sur terrain synthétique sur une distance de 5 à 10m

- Réveil articulaire (cou, épaules, torse, hanche, genoux, chevilles -> RAC)
- Fentes : en Avants à l'aller, en arrière au retour et latérales 1 A/R
- Monté de genoux/ Tallons fesses (2 A/R)
- Pas chassées (1 aller haut/1 retour bas)
- Pas croisées (2 A/R)
- Balance jambe avant / retour lancer jambe en arrière (x2)
- Skipping (2 A/R)
- Course arrière (x2)
- Course à une jambe (aller une jambe, retour l'autre x2)
- Monté de genoux qui progresse en course x3
- Petits sauts (devant/derrière, D/G) + sprint x2



#### 4.4.2 Les séances

Nous avons réalisé au total 10 séances d'entraînement pliométrique, réparties en 3 cycles. Le détail de chaque cycle est présenté dans les *tableaux 2, 3 et 4*.

Cycle 1 : Intensité Légère				
Semaine	Exercice	Volume (Nombre de contacts aux sols)	Nombre de répétitions	Séries/ Repos entre séries
N°1	• Squat Jump	96	8	X2 / 1'30
	• Pogo Jump		6	
	• Square		4-4	
	• Side to side		2	
	• Drop and freeze		6	
	• Single leg push		4-4	
N°2 et 3	• Squat Jump	138	8	X3 / 2'
	• Pogo Jump		6	
	• Square		4-4	
	• Side to side		2	
	• Drop and freeze		6	
	• Single leg push		4-4	

Tableau 2 : Cycle 1 du programme de pliométrie

Cycle 2 : Intensité Modéré				
Semaine	Exercice	Volume (Nombre de contacts aux sols)	Nombre de répétitions	Séries/ Repos entre séries
N°1	• Slit squat jump	138	6	X2 / 2'30
	• Cage hurdles		3	
	• Barrier Hop		2	
	• Drop Jump		6	
	• Double leg jump		3	
	• Side jump		2	
N°2	• Slit squat jump	154	6	X2 / 3'
	• Cage hurdles		3	
	• Barrier Hop		2	
	• Drop Jump		6	
	• Double leg jump		3	
	• Side jump		3	
N°3	• Slit squat jump	154 + change of direction + sprint	6	X2 / 4'
	• Cage hurdles		3	
	• Barrier Hop		2	
	• Drop Jump + change of direction		6	
	• Double leg jump		3	
	• Side jump + sprint		3	

<b>N°4</b>	• Slit squat jump	231 + change of direction + sprint	6	X3 4'30
	• Cage hurdles		3	
	• Barrier Hop		2	
	• Drop Jump + change of direction		6	
	• Double leg jump		3	
	• Side jump + sprint		3	

Tableau 3 : Cycle 2 du programme de pliométrie

Cycle 3 : Intensité élevée				
Semaine	Exercice	Volume (Nombre de contacts aux sols)	Nombre de répétitions	Séries/ Repos entre séries
<b>N°1</b>	• Change of direction	108	2-2	X2 / 2'
	• Drop Jump + Tackle		4	
	• Single leg hops		2-2	
	• Hurdles + Change of direction		2-2	
	• Pyramid box Jump		3	
<b>N°2</b>	• Change of direction	134	2-2	X3 / 3'
	• Drop Jump + Tackle		4	
	• Single leg hops		2-2	
	• Hurdles + Change of direction		2-2	
	• Pyramid box Jump		3	
<b>N°3</b>	• Change of direction	108	2-2	X2 / 2'
	• Drop Jump + Tackle		4	
	• Single leg hops		2-2	
	• Hurdles + Change of direction		2-2	
	• Pyramid box Jump		3	

Tableau 4 : Cycle 3 du programme de pliométrie

#### 4.5 L'analyse statistique

Les données quantitatives sont exprimées en moyenne+/- écart-type et les données qualitatives sont dénombrées.

Nous avons vérifié la normalité des paramètres suivants F0, V0, Pmax et Vmax et temps au sprint avec le test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances par le test de Levene.

Pour comparer les données de notre groupe contrôle et du groupe expérimentale nous avons utilisé le test de Anova à 2 voies à mesures répétées.

La taille de l'effet a été calculé à l'aide du d de Cohen. 0,2 est considéré comme un effet faible, 0,5 comme un effet moyen.

Les valeurs sont considérées significatives pour un  $p < 0,05$ . Nous avons réalisé les statistiques en utilisant Excel.

## 5. Résultats

### 5.1 Les caractéristiques des sujets

A la fin du programme 6 athlètes ont été exclu de l'étude, 3 athlètes par absence aux tests finales (2 athlètes groupe contrôle, 1 athlète groupe expérimentale), 2 par la non-réalisation du protocole (groupe expérimentale) et 1 par blessure (groupe contrôle).

Au sein du groupe expérimentale nous avons divisé le groupe par poste, avants et arrières. Nous avons donc dans le groupe expérimentale 3 avants et 4 arrières.

	Age (années)	Taille (cm)	Masse (kg)
<b>Groupe Contrôle (7)</b>	19,86 ± 0,90	1,82 ± 0,08	91,43 ± 13,75
<b>Groupe expérimentale (7)</b>	19,57 ± 1,27	1,81 ± 0,09	82,52 ± 17,85

*Tableau 5 : Caractéristiques des sujets retenus dans l'étude (Âge, taille et masse)*

	Age (années)	Taille (cm)	Masse (kg)
<b>Avants Groupe expérimentale (3)</b>	19,67 ± 2,08	1,85 ± 0,10	93,73 ± 17,89
<b>Arrières Groupe expérimentale (4)</b>	19,50 ± 0,58	1,78 ± 0,07	74,11 ± 14,28

*Tableau 6 : Caractéristiques des sujets par poste retenus dans l'étude (Âge, taille et masse)*

## 5.2 La comparaison

		F0 (N/kg)	V0 (m/s)	Pmax (W/kg)	Vmax (m/s)	Temps au sprint (s)
GRP Contrôle	Avant	11,59 ± 1,11	8,30 ± 0,71	24,00 ± 2,30	8,08 ± 0,63	5,68 ± 0,29
	Après	10,57 ± 0,29	8,46 ± 0,48	22,48 ± 3,98	8,22 ± 0,46	5,68 ± 0,34
GRP Expérimentale	Avant	10,75 ± 1,95	8,31 ± 0,71	22,28 ± 3,93	8,05 ± 0,63	5,76 ± 0,35
	Après	9,97 ± 1,87	8,30 ± 0,60	20,59 ± 3,58	8,03 ± 0,51	5,82 ± 0,25
GRP Expérimentale AVANTS	Avant	12,00 ± 2,68	7,72 ± 0,61	23,33 ± 6,30	7,55 ± 0,58	5,96 ± 0,49
	Après	11,16 ± 1,85	7,88 ± 0,46	22,12 ± 4,70	7,69 ± 0,44	5,90 ± 0,38
GRP Expérimentale ARRIERES	Avant	9,82 ± 0,33	8,75 ± 0,38	21,49 ± 1,59	8,43 ± 0,35	5,62 ± 0,14
	Après	9,08 ± 1,49	8,61 ± 0,54	19,45 ± 2,61	8,28 ± 0,44	5,76 ± 0,13

*Tableau 7 : Tableau récapitulatif des résultats*

Aucune différence significative a été trouvée que ce soit entre groupes ou inter groupe pour chaque paramètre.

Pour la F0 (N/kg) et Pmax (W/kg), le groupe contrôle est passé de 11,59 N/kg à 10,57 N/kg et de 24 W/kg à 22,4824 W/kg et le groupe expérimentale de 10,75 N/kg à 9,97 N/kg et de 22,28 W/kg à 20,59 W/kg.

Mais aucune différence significative n'était trouvée que ce soit entre les groupes (F0 avec  $p=0.363$  ; Pmax avec  $p=0.325$ ), les répétitions (Grp contrôle = 0.147 et 0.399 ; Grp Expérimental = 0.460 et 0.417) ou l'interaction ( $p=0.763$  et 0.900) pour les 2 paramètres.

Pour la V0 et la Vmax, le groupe contrôle est passé d'une V0 de 8,30m/s à 8,46m/s et pour la Vmax de 8,08 à 8,22 tandis que le groupe expérimentale est resté avec des valeurs plus similaires la V0 passant de 8,31 m/s à 8,30 m/s et la Vmax de 8,05 m/s à 8,03 m/s.

Encore une fois aucune différence significative n'était trouvée entre groupes (V0 avec  $p=0.805$  et Vmax avec  $p=0.702$ ), répétitions (Pour V0  $p=0.450$  et  $p=0.527$  pour Vmax) ou interaction ( $p=0.410$  et  $p=0.373$ ) pour les 2 paramètres.

Pour le temps total au sprint de 40m, le groupe contrôle n'a pas eu d'évolution, restant à une moyenne de 5,60s avant et après protocole. Le groupe expérimentale est passé de 5,76s à 5,82s. Les valeurs ne suivant pas la loi de normalité, le tests statistique utilisé était le test non paramétrique de Friedman, aucune différence significative à était constatée pour ce paramètre. (Évolution Grp contrôle  $p=0.99$  ; Grp expérimental  $p=0.743$  ; Grp C/E avant  $p=0.629$  et Grp C/E après  $p=0.406$ )

Si nous nous focalisons maintenant sur les différences entre les postes pour le groupe expérimentale, sur la F0 et Pmax, les avants sont passés de 12 N/kg à 11,16 N/kg et de 23,33 W/kg à 22,12 W/kg, les arrières sont passés de 9,82 N/kg à 9,08 N/kg et de 21,49 W/kg à 19,45 W/kg. L'effectif n'étant pas identique, le test statistique utilisé était le T de student, où nous avons comparé les moyennes avant/après entre les deux groupes et intra groupe. Aucune différence significative à était trouvée entre groupes (Pour F0, Grp Avants/Arrières avant  $p=0.158$  et après  $p=0.159$  ; pour Pmax Grp Av/Ar avant  $p=0.801$  et pour après  $p=0.23$ ) et intra groupe (Pour F0 les avants ont un  $p=0.678$  et les arrières ont un  $p=0.375$  ; pour Pmax les avant ont un  $p=0.587$  et les arrières un  $p=0.375$ ) pour les 2 paramètres.

Pour la V0 et la Vmax la majorité des résultats n'était pas significatifs que cela soit entre groupes (Pour V0, Grp Avants/Arrières après  $p=0.119$  ; pour Vmax Grp Av/Ar avant  $p=0.0521$  et pour après  $p=0.143$ ) ou intra groupe (Pour V0 les avants ont un  $p=0.722$  et les arrières ont un  $p=0.690$  ; pour Vmax les avant ont un  $p=0.743$  et les arrières un  $p=0.612$ )

La seule différence significative trouvé était les valeurs d'avant pour la V0 entre les avants et les arrières avec un  $p=0.038$ . Les arrières avaient donc un V0 significativement plus haute que les avants (8,75m/s contre 7,72m/s des arrières).

Concernant le temps au sprint les arrières sont passés de 5,62s à 5,76s et les avants sont passés de 5,96s à 5,90s. Encore une fois, ces évolutions n'étaient pas significatives entre groupes (Grp Avants/Arrières avant  $p=0.234$  et après  $p=0.521$ .) mais également intra groupe (les avants ont un  $p=0.872$  et les arrières ont un  $p=0.191$ ).

## 6. Discussion

### 6.1 Interprétation

Le constat initial suggère que mon protocole pliométrique n'a eu aucun impact sur les différentes variables mesurées. Les données ne montrent pas de différence significative entre le groupe expérimental et le groupe contrôle ou encore entre les avants et les arrières.

Ces résultats divergents des conclusions de précédentes études menées par *Gabriela (2021)* et *Slimanie (2016)*, qui ont montré une amélioration de la force et de la vitesse après un entraînement pliométrique. La présente étude ne confirme pas également les observations antérieures de *Watkins (2020)* concernant l'amélioration de certains paramètres du profil F/V tels que la V0, la Vmax et le temps de sprint à l'aide d'un protocole pliométrique.

Les 10 séances de pliométrie ne semblent pas avoir produit d'effet sur les performances des joueurs alors que la littérature suggère des effets significatifs à partir de 8 sessions de pliométrie (*Slimanie, 2016*). Des études sur les effets à court terme de l'entraînement pliométrique, telles que celle menée par *Maciejczyk et al. (2021)*, ont montré des améliorations significatives de l'agilité et des capacités de saut avec un protocole plus court de 4 semaines. Cependant, ils ont réalisé deux séances par semaine, soit un total de huit sessions, ce qui correspond au nombre recommandé par *Slimani*. Par ailleurs, l'impact de la fréquence d'entraînement a également été étudié par *Ramirez-Campillo et al. (2018)*, qui ont démontré qu'un seul entraînement par semaine de pliométrie peut produire des résultats seulement si le volume de cette séance est similaire à celui des 2 séances combinées. Dans notre étude, bien que nous ayons effectué 10 séances d'entraînement, la grande différence réside dans le fait que nous n'avons réalisé qu'une seule session par semaine, contrairement aux deux séances habituellement utilisées dans d'autres études.

Cette différence de fréquence d'entraînement a très certainement eu une influence significative sur les résultats, étant donné que le rappel des habiletés est bénéfique pour l'apprentissage et l'amélioration des performances.

Pour ce qui concerne les différences entre les postes, même si aucune différence significative n'a été trouvée, nous pouvons constater que les avants ont une F0 et Pmax plus élevée que les arrières ( 12N/Kg contre 9,82N/Kg et 23,33 W/Kg contre 21,49W/Kg) et que ces derniers ont

une  $V_0$  et une  $V_{max}$  plus élevée que les avants, (  $8,73\text{m/s}$  contre  $7,72\text{m/s}$  pour la  $V_0$  et  $8,43\text{m/s}$  contre  $7,55\text{ m/s}$  pour la  $V_{max}$ ) ceci est très probablement dû aux particularités de leur poste, les avants ont un profil plus tourné vers la force et les arrières vers la vitesse.

De plus, les valeurs de  $V_{max}$  des arrières ne sont pas très différentes des valeurs trouvées dans l'étude de *Watkins en 2021*,  $8,97\text{m/s}$  pour les athlètes de Watkins et  $8,43\text{m/s}$  pour les athlètes de mon protocole.

Il est important de noter que l'étude de Watkins a été menée auprès d'athlètes professionnels et internationaux, tandis que mon étude a été réalisée auprès de jeunes joueurs de rugby de niveau national 2.

## 6.2 Limites

La principale limite concerne le nombre de séances effectuées, et il est très probable que cela ait eu l'influence la plus significative sur mon protocole. En effet, ce n'était pas mon choix de faire seulement 1 séance par semaine, l'équipe espoirs avait déjà un emploi du temps très chargé. Le seul moment disponible pour ajouter une séance était le mercredi après-midi, mais je n'ai pas pu inclure une deuxième séance, même si les entraînements de pliométrie étaient relativement courts.

La deuxième limite que j'ai rencontrée était liée au terrain, plus précisément le type de terrain et l'espace qui m'était dédié. Un article de *Ramirez-Campillo et al. (2013)* a démontré qu'un entraînement en surface dure était préférable pour un faible volume de pliométrie et que lorsque le volume d'entraînement devient élevé, il est conseillé de passer à un terrain plus souple afin d'avoir un meilleur résultat. Le même auteur a publié une étude en 2020 sur les effets de l'entraînement pliométrique sur surfaces combinées ou sur surface unique sur la condition physique des joueurs de football. Les résultats ont montré que varier les types de surface conduisait à une amélioration de la performance. Nous avons réalisé toutes les séances sur un terrain synthétique, les joueurs avaient donc 4 entraînements sur 4 dans la semaine sur un terrain synthétique.

L'espace aussi n'était pas l'idéal, même si l'entraînement ne prenait pas énormément de place, nous avons seulement l'en butte d'un terrain de rugby, parce que d'autres équipes s'entraînaient sur le terrain, ce qui perturbait parfois notre séance lorsque des ballons arrivaient sur les joueurs. Cette situation est devenue plus problématique vers la fin du protocole, car il y avait des sprints et des changements de direction à effectuer, mais il n'y avait pas suffisamment de longueur pour les réaliser de manière optimale.

Une troisième limitation était liée au matériel disponible. Étant donné que nous nous trouvions dans un lieu d'entraînement différent de notre lieu habituel, nous n'avions pas accès aux mêmes équipements, en particulier pour les box et les haies. Pour les boxs, seules les hauteurs de 15 et 30 cm étaient disponibles, alors que certains athlètes pouvaient sauter plus haut que 30 cm. En ce qui concerne les haies, seules les plus petites étaient disponibles, mais pour les sauts groupés, il aurait fallu les plus hautes pour forcer les joueurs à sauter plus haut et ainsi lever davantage leurs genoux.

Pour finir, il convient d'aborder la question de la motivation des joueurs. Bien qu'ils aient participé aux séances, j'ai constaté qu'il était nécessaire de les rappeler à l'ordre à chaque entraînement, en insistant sur l'importance de s'investir pleinement pour obtenir des résultats. Les joueurs présentaient souvent des signes de distraction, certains exercices étaient effectués rapidement et les temps de récupération n'étaient pas toujours respectés. Ce manque de motivation s'est même traduit par l'exclusion de deux athlètes de l'étude, parce qu'ils ont manqué plusieurs séances d'entraînement.

### **6.3 Applications sur le terrain**

Bien que les résultats obtenus n'aient pas été ceux souhaités, la pliométrie reste une méthode d'entraînement fiable pour les entraîneurs, à condition qu'ils évaluent correctement les athlètes en fonction de leur âge, de leur sexe et de leur niveau de pratique avant de mettre en place un programme.



Il est important de planifier un programme pliométrique qui tient compte de la charge d'entraînement de la semaine, voire celle du cycle d'entraînement dans lequel les joueurs se trouvent, et d'adapter constamment la séance en fonction de l'état physique et émotionnel de l'athlète.

Compte tenu des études, et afin d'avoir des résultats positifs il serait conseillé de réaliser un programme d'entraînement qui comprend 2 entraînements par semaine et de le réaliser dans une salle de sport ou si nous avons la possibilité, utiliser différents types de terrains (synthétiques et herbes).

## **6.4 Perspectives**

De futures recherches sont nécessaires pour déterminer les protocoles d'entraînement pliométrique les plus efficaces pour améliorer la force et la vitesse chez les athlètes, notamment de rugby.

Il serait également nécessaire de mener des recherches sur l'impact de l'entraînement pliométrique sur chaque poste de manière individuelle, afin de mieux comprendre comment il peut améliorer la performance de chaque joueur. Cela pourrait également aider les entraîneurs à concevoir des programmes d'entraînement plus spécifiques et adaptés aux exigences de chaque poste, ce qui pourrait avoir un impact significatif sur la performance globale de l'équipe.

## **7. Conclusion**

L'objectif de cette étude était de savoir si un entraînement pliométrique pouvait impacter la force et la vitesse d'un jeune joueur de rugby. Cette étude n'a pas trouvé d'amélioration significative ni de la force et ni de la vitesse chez les joueurs de rugby étudiés, après un programme d'entraînement pliométrique de dix semaines. Cependant, cela ne signifie pas que l'entraînement pliométrique est inefficace chez tous les joueurs de rugby, d'autres études ont montré des résultats positifs, mais il est important de tenir compte de tous les facteurs qui peuvent influencer les résultats.

## 8. Références bibliographiques

1. 1- Bevan, Trystan, Stephen Chew, Ian Godsland, Nick S Oliver, et Neil E Hill. 2022. « A Game for All Shapes and Sizes? Changes in Anthropometric and Performance Measures of Elite Professional Rugby Union Players 1999–2018 ». *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 8 (1): e001235. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001235>.
2. 2.3.1.1- Bosco, C., A. Ito, P. V. Komi, P. Luhtanen, P. Rahkila, H. Rusko, et J. T. Viitasalo. 1982. « Neuromuscular Function and Mechanical Efficiency of Human Leg Extensor Muscles during Jumping Exercises ». *Acta Physiologica Scandinavica* 114 (4): 543-50. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1982.tb07022.x>.
3. 2.3.1.1- Bosco, C., J. T. Viitasalo, P. V. Komi, et P. Luhtanen. 1982. « Combined Effect of Elastic Energy and Myoelectrical Potentiation during Stretch-Shortening Cycle Exercise ». *Acta Physiologica Scandinavica* 114 (4): 557-65. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1982.tb07024.x>.
4. 2.3.2- Chu, Donald A. 2013. *Plyometrics*. Champaign, IL: Human Kinetics.
5. 2.3.1.1- Cormie, Prue, Michael R. McGuigan, et Robert U. Newton. 2011. « Developing Maximal Neuromuscular Power ». *Sports Medicine* 41 (1): 17-38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>.
6. 2.1-Cunniffe, Brian, Wayne Proctor, Julien S. Baker, et Bruce Davies. 2009. « An Evaluation of the Physiological Demands of Elite Rugby Union Using Global Positioning System Tracking Software ». *The Journal of Strength & Conditioning Research* 23 (4): 1195. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a3928b>.
7. 2.3.1.2- Davies, George, Bryan L. Riemann, et Robert Manske. 2015. « CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE ». *International Journal of Sports Physical Therapy* 10 (6): 760-86. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4637913/>
8. 2.3.1.1- Davies, George, et Bryan Riemann. 2019. « Current Concepts of Plyometric Exercises for the Lower Extremity ». In , 277-304. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22361-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22361-8_13).
9. 2.3.1- Dodd, D. J., & Alvar, B. A. (2007). ANALYSIS OF ACUTE EXPLOSIVE TRAINING MODALITIES TO IMPROVE LOWER-BODY POWER IN BASEBALL PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1177-1182. <https://doi.org/10.1519/00124278-200711000-00033>
10. 2.1- Dubois, Romain, Thierry Paillard, Mark Lyons, David McGrath, Olivier Maurelli, et Jacques Prioux. 2017. « Running and Metabolic Demands of Elite Rugby Union Assessed Using Traditional, Metabolic Power, and Heart Rate Monitoring Methods ». *Journal of Sports Science & Medicine* 16 (1): 84-92. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5358036/>.

11. 2.1- Duthie, G. M., Pyne, D. B., Marsh, D. J., & Hooper, S. L. (2006). Sprint Patterns in Rugby Union Players During Competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 208. <https://doi.org/10.1519/r-16784.1>
12. 2.1- Duthie, Grant, David Pyne, et Sue Hooper. 2003. « Applied Physiology and Game Analysis of Rugby Union ». *Sports Medicine* 33 (13) : 973-91. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333130-00003>.
13. 2.3- Jeffreys, Mark A., Mark B. A. De Ste Croix, Rhodri S. Lloyd, Jon L. Oliver, et Jonathan D. Hughes. 2019. « The Effect of Varying Plyometric Volume on Stretch-Shortening Cycle Capability in Collegiate Male Rugby Players ». *The Journal of Strength & Conditioning Research* 33 (1): 139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001907>.
14. 2.3 ; 6.1- Gabriela, Lepciuc, Dorgan Viorel, et Popescu Veronica. 2021. « EFFECTS OF THE PLYOMETRIC TRAINING PROGRAMME ON THE SPRINT AND THE AGILITY OF RUGBY 7 FEMININE PLAYERS », n° 2.
15. 2.2- Hill, A. V. 1922. « The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed ». *The Journal of Physiology* 56 (1-2): 19-41. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1405410/>.
16. 2.2- Lahti, Johan, Pedro Jiménez-Reyes, Matt R. Cross, Pierre Samozino, Patrick Chassaing, Benjamin Simond-Cote, Juha P. Ahtiainen, et Jean-Benoit Morin. 2020. « Individual Sprint Force-Velocity Profile Adaptations to In-Season Assisted and Resisted Velocity-Based Training in Professional Rugby ». *Sports* 8 (5). <https://doi.org/10.3390/sports8050074>.
17. Maciejczyk, Marcin, Renata Błyszczuk, Aleksander Drwal, Beata Nowak, et Marek Strzała. 2021. « Effects of Short-Term Plyometric Training on Agility, Jump and Repeated Sprint Performance in Female Soccer Players ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (5): 2274. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052274>.
18. 2.3.1.1- Malisoux, Laurent, Marc Francaux, Henri Nielens, et Daniel Theisen. 2006. « Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers ». *Journal of Applied Physiology* 100 (3): 771-79. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01027.2005>.
19. 2.2 ; 4.3 -Morin, Jean-Benoît, et Pierre Samozino. 2015. « Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training ». *International journal of sports physiology and performance* 11 (décembre). <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0638>.
20. 2.3.1- Nicol, Caroline, Janne Avela, et Paavo V. Komi. 2006. « The Stretch-Shortening Cycle ». *Sports Medicine* 36 (11): 977-99. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636110-00004>.

21. 2.3.1.1; 2.3.22.3.1 - Potach, David. 2004. « *Plyometric and Speed Training* ». In, 425-58.
22. 2.2- Rabita, G., S. Dorel, J. Slawinski, E. Sàez-de-Villarreal, A. Couturier, P. Samozino, et J.-B. Morin. 2015. « Sprint Mechanics in World-Class Athletes: A New Insight into the Limits of Human Locomotion ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25 (5): 583-94. <https://doi.org/10.1111/sms.12389>.
23. 4.4- Radcliffe, J. 2019. *Pliométrie : Développez votre explosivité et votre puissance*. 4 TRAINER.
24. 2.3- Rahimi, Mohammad Rahman, et Naser Behpur. 2005. « The effects of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength ». *FACTA UNIVERSITATIS Series: Physical Education and Sport* 3 (mai): 81-91.
25. 6.1- Ramirez-Campillo, R., Álvarez, C., García-Pinillos, F., García-Ramos, A., Loturco, I., Chaabene, H., & Granacher, U. (2020). Effects of Combined Surfaces vs. Single-Surface Plyometric Training on Soccer Players' Physical Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(9), 2644-2653. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002929>
26. 6.1- Ramírez-Campillo, Rodrigo, David C. Andrade, et Mikel Izquierdo. 2013. « Effects of Plyometric Training Volume and Training Surface on Explosive Strength ». *The Journal of Strength & Conditioning Research* 27 (10): 2714. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318280c9e9>.
27. 4.4- Ramirez-Campillo, Rodrigo, Carlos Burgos, Carlos Henríquez-Olguín, David Andrade, Cristian Martínez, Cristian Álvarez, Mauricio Castro-Sepulveda, Mário Marques, et Mikel Izquierdo. 2015. « Effect of Unilateral, Bilateral, and Combined Plyometric Training on Explosive and Endurance Performance of Young Soccer Players ». *The Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (mai): 1317-28. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000762>.
28. 6.1- Ramirez-Campillo, Rodrigo, Felipe García-Pinillos, Amador García-Ramos, Javier Yanci, Paulo Gentil, Helmi Chaabene, et Urs Granacher. 2018. « Effects of Different Plyometric Training Frequencies on Components of Physical Fitness in Amateur Female Soccer Players ». *Frontiers in Physiology* 9 (juillet): 934. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00934>.
29. 2.2- Samozino, P., G. Rabita, S. Dorel, J. Slawinski, N. Peyrot, E. Saez de Villarreal, et J.-B. Morin. 2016. « A Simple Method for Measuring Power, Force, Velocity Properties, and Mechanical Effectiveness in Sprint Running ». *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 26 (6): 648-58. <https://doi.org/10.1111/sms.12490>.

30. 2.3; 6.1- Slimani, Maamer, Karim Chamari, Bianca Miarka, Fabricio B. Del Vecchio, et Foued Chéour. 2016. « Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in Team Sport Athletes: A Systematic Review ». *Journal of Human Kinetics* 53 (décembre) : 231-47. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0026>.
31. 2.3.1.2- Turner, Anthony N., et Ian Jeffreys. 2010. « The Stretch-Shortening Cycle: Proposed Mechanisms and Methods for Enhancement ». *Strength & Conditioning Journal* 32 (4): 87. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181e928f9>.
32. 2.2; 6.1- Watkins, Casey, Nicholas Gill, Ed Maunder, Paul Downes, James Young, Michael McGuigan, et Adam Storey. 2020. « The Effect of Low-Volume Preseason Plyometric Training on Force-Velocity Profiles in Semiprofessional Rugby Union Players ». *Journal of Strength and Conditioning Research* Publish Ahead of Print (décembre). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003917>.
33. 2.2; 6.1- Watkins, C. M., Storey, A. G., McGuigan, M. R., Downes, P., & Gill, N. (2021). Horizontal Force-Velocity-Power Profiling of Rugby Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Publish Ahead of Print. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004027>
34. 2.3- Zanon, S. Z. (1989). OVERVIEW Plyometrics : past and present. *Worls Athletics*. <file:///C:/Users/andre/Downloads/plyometrics-past-and-present.pdf>
35. 1- « Présentation de la Fédération ». s. d. Fédération Française de Rugby. Consulté le 05 janvier 2023. [https://www.ffr.fr/ffr/la\\_federation/presentation\\_de\\_la\\_federation](https://www.ffr.fr/ffr/la_federation/presentation_de_la_federation)
36. 2.3.1.2- « Propriocepteur : définition et explications ». s. d. AquaPortail. Consulté le 2 avril 2023. <https://www.aquaportail.com/definition-9194-propriocepteur.html>.

## 9. Annexe(s)

1. 4.3- Excel Profil F/V : [Stats\FVPsprint 2022 \(2\).xlsx](#)
2. Excel statistiques : [Stats\Excel -Tests statistiques Mémoire.xlsx](#)
3. 4.4- Cycles pliométriques détaillés : [Protocole\Cycles pliométriques détaillés.pdf](#)
4. Convention de stage : [..\Stage OMR\Seniors\Convention séparé\convention DIAS SILVA Andreia, signé.pdf](#)
5. Fiche de soutenance : [Fiche de Soutenance de Mémoire Master.pdf](#)
6. Fiche de suivi mémoire : [Fiche de suivi mémoire.pdf](#)

## 10. Résumé en Français et anglais, et mots clés

### Français :

Cette étude visait à évaluer l'effet d'un programme d'entraînement pliométrique sur les performances de jeunes joueurs de rugby en termes de force et de vitesse. Quatorze participants ont été répartis en deux groupes : un groupe expérimental et un groupe contrôle. Le groupe expérimental a suivi un programme d'entraînement pliométrique comprenant une séance hebdomadaire pendant 10 semaines, tandis que le groupe contrôle n'a pas bénéficié d'un entraînement supplémentaire. Le groupe expérimental a également été subdivisé selon leurs positions sur le terrain, avec 3 avants et 4 arrières. Avant et après le protocole, un sprint de 40 mètres a été réalisé pour évaluer les performances physiques, incluant les paramètres F0, V0, Pmax, Vmax et le temps réalisé au sprint. Les résultats ont démontré l'absence de différences significatives ( $p > 0,05$ ) dans le profil F/V entre les deux groupes, ainsi qu'entre les avants et les arrières. Par conséquent, cette étude conclut que le programme d'entraînement pliométrique n'a pas eu d'impact ni sur la force ni sur la vitesse des joueurs de rugby étudiés. Les résultats obtenus dans cette étude diffèrent de ceux rapportés dans la littérature existante. Il est possible que divers facteurs, tels que la durée du protocole d'entraînement, mais surtout la fréquence d'entraînement, aient exercé une influence notable sur l'amélioration de ces paramètres. Ainsi, il est essentiel de poursuivre l'exploration d'autres méthodes d'entraînement et d'évaluer leur efficacité pour améliorer les performances des joueurs de rugby. En conclusion, cette étude n'a pas apporté les preuves nécessaires quant à l'efficacité d'un programme d'entraînement pliométrique pour améliorer la force et la vitesse des jeunes joueurs de rugby étudiés. Des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents et d'identifier les stratégies d'entraînement les plus appropriées pour optimiser les performances dans ce domaine. Ces futures recherches permettront de mieux cibler les variables clés qui peuvent influencer le profil F/V des joueurs de rugby et de développer des protocoles d'entraînement plus efficaces et adaptés. Une compréhension approfondie de ces mécanismes permettra également de fournir des recommandations pratiques pour les entraîneurs et les athlètes dans le but d'améliorer les performances de manière plus efficace et ciblée.

## **Anglais:**

This study aimed to evaluate the effect of a plyometric training program on the strength and speed performance of young rugby players. Fourteen participants were divided into two groups: an experimental group and a control group. The experimental group underwent a plyometric training program consisting of one weekly session for 10 weeks, while the control group did not receive any additional training. The experimental group was also subdivided according to their positions on the field, having then 3 forwards and 4 backs. Before and after the protocol, a 40-meter sprint was performed to assess physical performance, including F0, V0, Pmax, Vmax and sprint time. The results showed no significant differences ( $p > 0.05$ ) in the F/V profile between the two groups, as well as no significant differences between the forwards and backwards players. Therefore, this study concludes that the plyometric training program had no impact on either strength or speed of the rugby players studied. The results obtained in this study differ from those reported in the existing literature. It is possible that various factors, such as the duration of the training protocol, but especially the training frequency, had a significant influence on the improvement of the parameters studied. Thus, it is essential to further explore other training methods and evaluate their effectiveness in improving the performance of rugby players. In conclusion, this study did not provide evidence necessary to prove the effectiveness of a plyometric training program on improving strength and speed in the young rugby players studied. Further research is needed to better understand the underlying mechanisms and identify the most appropriate training strategies to optimize performance in this area. This future research will help to better target and understand the key variables that may influence the F/V profile of rugby players and to develop more effective and appropriate training protocols. A thorough understanding of these mechanisms will also provide practical recommendations for coaches and athletes to improve performance in a more effective and targeted manner.

## **Mots clés**

Français : Pliométrie ; Puissance ; force/vitesse ; rugby ; performance.

Anglais : Plyometrics ; Power ; strength/speed; rugby; performance.

## 11. Les compétences acquises

Pendant cette expérience, j'ai acquis un ensemble de compétences précieuses. Tout d'abord, j'ai appris à construire un protocole expérimental rigoureux, en planifiant et en organisant les différentes étapes de l'étude. Une autre compétence acquise était celle d'appliquer des techniques d'évaluation pour mesurer les performances physiques des joueurs de rugby, en choisissant les paramètres appropriés tels que F0, V0, Pmax, Vmax et le temps de sprint. En outre, j'ai appris à manager un groupe, en supervisant et en coordonnant les participants de l'étude, en veillant à leur implication et à leur suivi tout au long du protocole. Une autre compétence clé que j'ai acquis est celle d'analyser les données statistiques. J'ai appris à traiter et à interpréter les données recueillies, en utilisant des techniques statistiques appropriées pour identifier les tendances et les associations pertinentes. Cette compétence m'a permis de tirer des conclusions objectives et d'apporter des éclairages précis sur les résultats de l'étude. Enfin, j'ai renforcé ma capacité à produire un projet écrit en synthétisant et communiquant clairement les objectifs, les méthodes, les résultats et les conclusions de l'étude. Dans l'ensemble, cette expérience m'a permis de développer un large éventail de compétences, allant de la conception expérimentale à l'analyse statistique en passant par la gestion de groupe et la rédaction de projets. Ces compétences sont essentielles dans le domaine de la recherche et me seront bénéfiques dans ma carrière professionnelle.