

Année universitaire 2024-2025

☒ Master 1^{ère} année ☐ Master 2^{ème} année

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

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

MEMOIRE

TITRE : Quel est l'impact de la mobilité articulaire sur la performance athlétique des jeunes footballeurs ?

Par : M. CUNY Maxime

Sous la direction de : M. CAMPILLO Philippe

Soutenu au Département des Sciences du Sport
et de l'Éducation Physique le : 24 juin 2025



« Le département des Sciences du Sport et de l'Education Physique de l'UFR3S n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

Remerciements

Je tiens à remercier sincèrement toutes les personnes qui m'ont accompagné et soutenu dans la réalisation de ce mémoire de Master 1 EOPS. Leur aide, leurs conseils et leurs encouragements ont été précieux tout au long de ce parcours.

À commencer par mon tuteur de stage, Monsieur Allan Santrain qui m'a fait confiance et m'a permis d'intégrer la structure de l'USL Dunkerque. Son aide et ses conseils ont été précieux dans l'accomplissement de mon mémoire.

Je souhaite également adresser mes sincères remerciements à l'ensemble des joueurs ayant participé à cette étude, pour leur sérieux, leur engagement et leur bonne humeur tout au long du protocole. Sans oublier les coachs et les membres du staff des différentes équipes concernées, pour leur disponibilité, leur compréhension et leur bienveillance, qui ont grandement facilité la mise en œuvre de ce travail.

Je remercie également Monsieur Philippe Campillo pour son aide et son suivi pédagogique dans la réalisation de mon mémoire.

Ainsi que l'UFR3S et l'ensemble des enseignants pour la qualité de leur accompagnement pédagogique, qui a largement contribué à enrichir mes réflexions tout au long de ce travail.

Enfin, je tiens à exprimer toute ma gratitude à mes parents, ma famille et mes amis, pour leur soutien indéfectible, leur confiance et leur présence constante tout au long de ce parcours.

Sommaire

Remerciements	1
Sommaire	2
Glossaire	3
1. Introduction	1
2. Revue de littérature	3
2.1 Le football	3
2.2 Les qualités physiques nécessaires au football sont diverses et interdépendantes.	4
2.3 La mobilité articulaire.....	5
2.4 La croissance	9
3. Problématique, objectifs et hypothèses	11
3.1 Problématique	11
3.2 Objectifs.....	12
3.3 Hypothèses	12
4.5 Analyse statistique	18
5. Résultats	19
5.1 Résultats des tests	19
5.2 Vérification et validité des résultats - Wilcoxon (Mobilité et performance athlétique)	20
5.1.2 Vérification et validité des résultats – Interprétation grâce au PHV	22
5.2 Vérification et validité des résultats - ANOVA unidirectionnelle de Kruskal-Wallis	23
5.2.2 Vérification et validité des résultats - Comparaisons post-hoc entre groupes	24
5.3 Vérification et validité des résultats - Corrélations entre mobilité articulaire et performance athlétique	25
5.3.2 Vérification et validité des résultats - Interprétation	25
6. Discussion	26
6.1 Interprétation des résultats	26
6.2 Limites	27
6.3 Application sur le terrain.....	28
6.4 Perspectives.....	29
7. Conclusion.....	29
Bibliographie	31
Annexes :.....	34

Glossaire

- **CoDA** : Change of Direction Ability
- **FFF** : Fédération Française de Football
- **FIFA** : Fédération internationale de football association
- **FMS** : Functional Movement Screen, outil utilisé pour identifier les limitations ou les asymétries dans sept patterns de mouvements de base qui sont indispensables pour effectuer des gestes fonctionnels et de bonne qualité
- **INSEE** : Institut national de la statistique et des études économiques
- **ROM** : Range of Motion, correspond à l'angle maximal qu'une articulation peut atteindre dans une direction donnée, sans douleur et sans compensation.
- **HSR (High-Speed Running)** : Distance parcourue à haute vitesse, généralement définie comme une course effectuée entre 50 % et 70 % de la vitesse maximale individuelle d'un joueur.
- **VHSR (Very High-Speed Running)** : Distance parcourue à très haute vitesse, correspondant à une course effectuée au-delà de 70 % de la vitesse maximale individuelle d'un joueur.
- **RPE (Rate of Perceived Exertion)** : Perception de l'effort, une évaluation subjective de l'intensité ressentie par un joueur pendant ou après un effort, généralement mesurée sur une échelle allant de 1 (très léger) à 10 (extrêmement intense).
- **VO2max** : Plus grande quantité d'oxygène qu'un individu peut extraire de l'air inspiré durant la réalisation d'un exercice physique impliquant plusieurs muscles.
- **SMD** : Standardized Mean Difference, correspond à la mesure statistique utilisée en méta-analyse pour comparer des résultats provenant de plusieurs études qui n'utilisent pas les mêmes unités de mesure
- **PHV** : Peak Height Velocity
- **PJT** : Plyometric Jump Training
- **RT** : Resistance training
- **U14** : Équipe moins de 14 ans
- **U15** : Équipe de moins de 15 ans
- **USLD** : Union Sportive du Littoral de Dunkerque

1. Introduction

Le football, sport universel et passionnément suivi, transcende les frontières culturelles et sociales. Il est à la fois un terrain de jeu, d'apprentissage et d'expression athlétique. Selon Mombaerts (1999, p. 13), entraîneur et formateur reconnu, définit le football comme « *un affrontement collectif qui oppose deux équipes dans un espace interpénétré, en vue de s'approcher d'un but protégé par des joueurs de champ et un gardien de but seul habilité à se servir des mains pour manipuler le ballon. Le ballon est joué avec le pied, la tête, toute surface de contact autre que les bras. Les contacts sont réglementés par les lois du jeu.* »

Le football est l'un des sports les plus populaires au monde, pratiqué par des millions de joueurs à tous les âges et niveaux de compétition. Jacquet (2000, préface) décrit le football comme « *un sport simple et universel, une merveilleuse école de vie et une source de plaisirs partagée par deux cents millions de pratiquants à travers le monde* ». Sa popularité ne cesse de s'accroître en France avec un record du nombre de licenciés (2 384 192) pour la saison 2023-2024 (FFF). Sa popularité grandissante touche une grande partie de la population, autant chez les adultes que chez les enfants, en passant par les adolescents. Selon une étude de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) en 2018, « *Le football est le sport le plus pratiqué par les jeunes en France, avec 52 % des licenciés ayant moins de 20 ans, confirmant son attrait auprès des jeunes générations* ».

Dans ce contexte de pratique massive, notamment chez les jeunes en pleine croissance, il devient essentiel de s'intéresser à la performance athlétique. Parmi elles, la mobilité articulaire occupe une place centrale. L'étude de Siwecka et al. (2022) met en évidence que les joueurs de football présentent une amplitude de mouvement significativement supérieure au niveau de la hanche en flexion, extension, rotation interne et rotation externe comparée à des sujets non sportifs. Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un goniomètre manuel selon un protocole standardisé auprès de 30 footballeurs masculins et 30 hommes non entraînés. En complément, les schémas moteurs fonctionnels ont été évalués à l'aide de la batterie *Functional Movement Screen* (FMS), un outil composé de sept tests standardisés permettant d'analyser la qualité des mouvements fondamentaux. Le FMS vise à détecter les limitations de mobilité, les déséquilibres musculaires et les asymétries motrices qui peuvent compromettre la performance ou augmenter le risque de blessure. Chaque test est noté sur une échelle de 0 à 3, pour un score total maximal de 21 points. Les résultats de l'étude ont montré que, malgré une mobilité articulaire plus développée chez les footballeurs, leurs scores au FMS n'étaient pas supérieurs à ceux des non-sportifs, et que des asymétries motrices étaient plus fréquemment observées dans ce groupe. Cela suggère que la mobilité

articulaire, bien qu'essentielle dans le football pour réaliser des actions comme les frappes, les changements de direction ou les accélérations, ne suffit pas à elle seule à garantir une exécution motrice optimale. Elle doit être envisagée comme un concept multidimensionnel, intégrant souplesse, coordination neuromusculaire, contrôle moteur et équilibre postural.

De plus, l'étude de Cejudo et al. (2024) a évalué la mobilité articulaire de jeunes footballeurs en mesurant l'amplitude de mouvement (ROM) de la hanche (flexion/extension) et du genou (flexion) à l'aide de la méthode standardisée ROM-SPORT I, un protocole standardisé d'évaluation de la mobilité articulaire passive des membres inférieurs conçu pour les sportifs. Les résultats montrent que les joueurs les plus performants dans les tirs longs (≥ 30 m) présentent une mobilité nettement supérieure, notamment au niveau de la flexion du genou ($103,75^\circ$ contre $77,65^\circ$) et de l'extension de hanche ($18,39^\circ$ contre $15,82^\circ$).

Ces données soulignent l'intérêt d'intégrer, dès le plus jeune âge, un travail ciblé sur la mobilité articulaire, comprenant à la fois des exercices d'étirement, de contrôle moteur et de renforcement dans toute l'amplitude. Contrairement à une simple augmentation de la souplesse musculaire par étirement passif, le développement de la mobilité vise à améliorer l'utilisation fonctionnelle de l'amplitude articulaire dans le mouvement. Cela permet non seulement une meilleure transmission de force dans les gestes techniques, mais aussi une adaptation aux déséquilibres transitoires liés à la croissance : durant cette période, les os grandissent souvent plus vite que les muscles et les tendons, ce qui peut entraîner une perte temporaire de coordination et de contrôle. Développer la mobilité articulaire de manière globale contribue donc à la fois à l'optimisation de la performance et à la prévention des troubles fonctionnels chez le jeune footballeur en développement.

Ainsi, la mobilité articulaire joue un rôle central dans le développement de la performance athlétique chez les jeunes footballeurs. Cependant, malgré son importance, peu d'études ont exploré spécifiquement comment la mobilité articulaire influence directement les performances des jeunes joueurs en période de croissance. Cette étude se propose donc d'étudier cette relation en profondeur en examinant l'impact de la mobilité articulaire sur les performances athlétiques des jeunes joueurs de football.

2. Revue de littérature

2.1 Le football

Le football est le sport collectif le plus pratiqué au monde, mobilisant des millions de pratiquants à travers différents continents. Selon le rapport le plus récent de la FIFA intitulé « Big Count 2006 », environ 265 millions de personnes pratiquaient le football dans le monde en 2006 dont environ 21,5 millions de joueurs de football enregistrés dans le monde étaient âgés de moins de 18 ans. Depuis, la popularité du football n'a cessé de croître. En 2021, la FIFA estimait à près de 5 milliards le nombre de fans dans le monde « *The Football Landscape* », et en 2023, elle recensait plus de 128 000 joueurs professionnels masculins dans 135 pays, ainsi que 16,6 millions de pratiquantes, soit une hausse de 25 % depuis 2019. Ces chiffres confirment l'évolution continue et mondiale de la pratique du football.

L'étude de Rabaño-Muñoz et al. (2024) met en évidence une augmentation significative de l'exposition aux actions de haute intensité chez les jeunes footballeurs lors du passage du format Soccer-7 (8 contre 8 sur demi-terrain) au format Soccer-11. En effet, les joueurs en Soccer-11 parcourent, en moyenne, $19,7 \pm 7,5$ mètres par minute de jeu effectif à haute intensité ($HSR \geq 18$ km/h) contre $12,0 \pm 3,7$ m/min en Soccer-7, et $6,2 \pm 2,9$ m/min à très haute intensité ($VHSR \geq 21$ km/h) contre $3,0 \pm 1,0$ m/min en format réduit. Ces valeurs sont exprimées par minute réelle de jeu, ce qui permet une comparaison normalisée, indépendamment de la durée totale du match. L'une des principales explications avancées est l'augmentation de l'espace de jeu disponible : 320 m²/joueur en Soccer-11 contre 209 m²/joueur en Soccer-7, ce qui favorise des courses longues, plus rapides, et plus fréquentes.

En parallèle, les auteurs constatent une perception de l'effort (RPE) significativement plus élevée chez les jeunes joueurs en Soccer-11 ($7,53 \pm 1,04$ contre $6,05 \pm 1,32$ en Soccer-7), traduisant une sollicitation interne plus importante. Ces données soulignent que le passage à un format de jeu plus large ne se limite pas à une exigence physique accrue, mais s'accompagne aussi d'une complexité tactique et cognitive renforcée, impliquant une gestion précise des charges. Ainsi, ce changement de format représente un véritable défi pour les entraîneurs et préparateurs physiques, qui doivent mettre en place des stratégies spécifiques pour accompagner le développement progressif des capacités neuromusculaires, énergétiques et perceptives des jeunes joueurs.

Cette transition met en lumière un besoin crucial de compréhension approfondie des paramètres physiques et physiologiques pour accompagner le développement des jeunes joueurs. L'augmentation des actions de haute intensité chez les jeunes joueurs n'est pas uniquement le reflet d'une progression naturelle dans le football moderne ; elle constitue aussi un défi concret pour les entraîneurs et préparateurs physiques, car elle implique de gérer des contraintes physiques plus élevées, une charge interne accrue (RPE), et une complexité de jeu plus importante dès le plus jeune âge. Cette évolution demande une planification spécifique afin d'adapter les contenus d'entraînement aux nouvelles sollicitations, tout en préservant l'intégrité physique et la progression motrice des jeunes joueurs. Cette complexité croissante exige des stratégies adaptées pour développer les capacités physiques et cognitives des jeunes joueurs, assurant ainsi leur réussite dans les environnements compétitifs à venir.

2.2 Les qualités physiques nécessaires au football sont diverses et interdépendantes.

L'endurance aérobie est définie comme la capacité à maintenir un pourcentage élevé de la VO_{2max} pendant une longue période (Bosquet, Léger & Legros, 2002). Cette qualité physique est essentielle en football, un sport intermittent où les joueurs alternent efforts brefs et récupérations courtes tout au long du match. L'étude « *Aerobic endurance training improves soccer performance* » de Helgerud (2001) a démontré l'importance de l'endurance aérobie en football, avec une augmentation du VO_2 max de 11 % après 8 semaines d'entraînement spécifique. Les joueurs ont suivi un programme basé sur des exercices intermittents à haute intensité, reproduisant les efforts typiques d'un match. Ce protocole a permis d'améliorer la distance parcourue à haute intensité et de maintenir une intensité élevée plus longtemps en match. Ces résultats montrent que l'entraînement aérobie ciblé est indispensable pour réduire la fatigue et optimiser les performances techniques et tactiques des joueurs. Cette alternance exige une grande capacité à récupérer rapidement tout en maintenant des performances élevées, rendant le football particulièrement exigeant sur le plan cardiovasculaire et musculaire.

La vitesse est une qualité physique assez complexe car elle regroupe différents facteurs comme l'a expliqué Zatsiorsky (1994) avec la vitesse de réaction, la vitesse de gestuelle et la fréquence gestuelle mais de façon plus simple « *La vitesse, c'est la capacité de se déplacer avec la plus grande rapidité possible.* ». L'étude de Djaoui (2017) met en évidence l'importance de la vitesse dans le football moderne, marqué par des efforts intermittents de très haute intensité. Les joueurs effectuent 20 à 40 sprints par match ainsi que de nombreuses accélérations et décélérations, ce qui fait de la vitesse une compétence clé pour répondre aux exigences physiques du jeu. Sur les 10 à 12 km parcourus en match, 1,8 à 3 km sont effectués à haute intensité et 0,6 à 1 km à très haute intensité. Cela souligne que la vitesse maximale et la capacité à répéter des efforts intenses sont des déterminants

de la performance. La vitesse exploite à la fois les systèmes énergétiques anaérobie (pour les sprints courts et explosifs) et aérobie (pour récupérer rapidement entre les efforts). Une vitesse bien développée permet non seulement de maximiser la performance immédiate, mais aussi d'améliorer la tolérance à la fatigue. La vitesse est ainsi directement liée à la capacité d'atteindre et de maintenir ces niveaux d'intensité. La vitesse est essentielle pour surpasser les adversaires lors des phases clés du jeu, telles que les accélérations, sprints, et changements de direction fréquents. Elle constitue donc une qualité physique déterminante pour répondre aux exigences élevées de ce sport.

Ziane (2016) définit « *l'explosivité, que l'on peut également appeler force explosive, [comme] la capacité à déclencher une contraction musculaire maximale en un minimum de temps.* » Selon Cometti (2002, préface), « *Le footballeur, à l'image d'une Formule 1, doit être réglé comme un moteur de haute performance. La vitesse, et par extension l'explosivité, est une qualité clé qui dépend essentiellement des facteurs nerveux et de la capacité à solliciter les fibres musculaires rapides. Il est donc fondamental de rétablir l'équilibre en faveur de « l'explosivité » et de considérer la vitesse comme la clé du travail* ». La capacité à atteindre des vitesses élevées repose sur la production rapide de force, caractéristique de l'explosivité. De même, l'explosivité s'exprime pleinement à travers des actions rapides et dynamiques, telles que les accélérations et les sprints, soulignant leur complémentarité dans la performance athlétique, ce qui font d'elles des qualités interdépendantes.

2.3 La mobilité articulaire

La mobilité articulaire « *désigne la capacité et la propriété qu'a le sportif d'exécuter, par lui-même ou avec l'aide de forces extérieures, des mouvements de grande amplitude faisant jouer une ou plusieurs articulations* » selon Weineck en 1983 (p. 207). La mobilité articulaire concerne le fonctionnement des articulations, et la capacité d'étirement concerne le système musculo-tendineux. La mobilité plus globale, intègre également la souplesse musculaire, la coordination et le contrôle moteur. Cette distinction a des conséquences concrètes sur les exercices proposés : un travail purement articulaire visera à augmenter les amplitudes passives ou actives d'une articulation, tandis qu'un travail de mobilité fonctionnelle sollicitera des enchaînements dynamiques impliquant plusieurs segments corporels et chaînes musculaires. La mobilité articulaire est un élément crucial mais souvent sous-estimé dans la préparation physique des footballeurs. Diakhaté (2010), dans sa thèse intitulée « *Rôle de la mobilité articulaire dans la performance et rôle des ajustements posturaux* », a exploré l'influence de la mobilité articulaire sur la performance motrice et posturale, notamment à travers l'impact de la surface de contact ischio-fémorale c'est-à-dire la zone située entre la partie basse du bassin et le haut du fémur, où s'insèrent et agissent les muscles ischio-jambiers. Cette région joue un rôle dans la

transmission des forces entre le bassin et les membres inférieurs. Il a démontré que les variations de l'appui ischio-fémoral, c'est-à-dire la manière dont cette zone est mobilisée ou sollicitée selon les postures et les mouvements, modifient les ajustements posturaux, influençant la dynamique globale et la rotation du bassin, des éléments cruciaux pour les performances sportives. Cette analyse met en évidence l'importance de la mobilité articulaire dans la transition entre des positions statiques et dynamiques, cruciales pour les actions dans le football.

La mobilité articulaire comprend deux dimensions principales : la mobilité active et la mobilité passive.

- *Mobilité active* : Selon Wheeler (2024), elle est définie comme « l'amplitude dans laquelle vous bougez une partie de votre corps en utilisant vos muscles. Vous fournissez l'effort sans aide extérieure. Par exemple, lever les bras au-dessus de la tête pour étirer les muscles se fait dans votre amplitude de mouvement active »

- *Mobilité passive* : À l'inverse, toujours selon Wheeler (2024) elle est définie comme « l'amplitude dans laquelle une partie de votre corps peut bouger lorsqu'une personne ou un élément extérieur crée le mouvement, comme un massage ou un kinésithérapeute. Vous n'êtes pas celui qui engage les muscles que vous utiliseriez normalement pour initier le mouvement et fournir l'effort. »

L'étude « *Hip Mobility and Flexibility for Track and Field Athletes* » de Teichmann et al. (2021) met en évidence les effets positifs d'un travail de mobilité et de flexibilité des hanches sur la performance athlétique. Bien que menée sur des athlètes, les principes et bénéfices peuvent être transposés à d'autres disciplines comme le football.

Le programme testé, composé de 9 exercices de mobilité et 6 de flexibilité, réalisés trois fois par semaine pendant six semaines, a permis d'améliorer l'amplitude de mouvement (ROM) des hanches, de réduire les déséquilibres musculaires et d'activer plus efficacement les muscles stabilisateurs, notamment les fessiers. Ces adaptations ont favorisé une meilleure efficacité biomécanique et réduit les douleurs lombaires.

Dans le contexte du football, où les mouvements explosifs sont fréquents, une meilleure mobilité de hanche optimise la triple extension (hanche, genou, cheville), essentielle aux frappes et aux sprints. Les exercices utilisés, tels que les étirements avec bandes de résistance ou les rotations externes, peuvent facilement être intégrés dans les échauffements ou les routines de récupération des jeunes footballeurs.

L'étude de Godinho et al. (2019) analyse les effets d'une mobilité réduite de la cheville sur les performances de détente verticale chez des jeunes footballeurs en formation. Dans ce protocole, 21 joueurs U17 ont été soumis à différents tests (goniométrie, knee-to-wall et saut vertical CMJ) afin d'étudier l'éventuel lien entre mobilité articulaire de la cheville et performance. Les résultats mettent en évidence une corrélation positive significative entre la dorsiflexion de la cheville droite et la hauteur de saut ($r = 0,658$; $p < 0,01$), confirmant qu'un déficit de mobilité pouvait impacter négativement les actions explosives. L'étude souligne également une asymétrie droite/gauche au niveau de la mobilité de cheville, pouvant constituer un facteur limitant dans la coordination motrice lors de la prise d'appuis. À travers cette étude, on constate que la mobilité articulaire, ici la dorsiflexion de cheville joue un rôle déterminant dans les gestes techniques sollicitant une forte composante de force-vitesse, comme le saut vertical. Ainsi, l'optimisation de la mobilité articulaire, sur les articulations principales, apparaît comme un levier pertinent pour améliorer la performance athlétique chez les jeunes sportifs.

Dans leur méta-analyse, Donti et al. (2022) se sont penchés sur l'évolution de la mobilité articulaire chez les jeunes, en s'intéressant à l'amplitude de mouvement (ROM) des membres inférieurs. Leur travail, basé sur 28 études et 1936 participants âgés de 6 à 18 ans, révèle que la mobilité peut être significativement améliorée aussi bien chez les enfants (6–11 ans) que chez les adolescents (12–18 ans), avec des tailles d'effet respectives de 1,09 et 0,90. Ces améliorations sont toutes deux statistiquement significatives ($p < 0,001$), et aucune différence majeure n'a été observée entre les deux groupes d'âge ($p = 0,32$). Les auteurs ont cependant distingué un facteur clé dans l'efficacité des interventions : le volume total de sollicitation articulaire. Ainsi, chez les enfants, les gains étaient nettement supérieurs lorsque les protocoles dépassaient 3600 secondes cumulées d'entraînement (SMD = 121 contre 0,62 pour un volume plus faible, $p = 0,02$), alors que chez les adolescents, le volume ne semblait pas influencer les résultats (SMD = 0,90 dans tous les cas, $p = 0,98$). Les protocoles analysés reposaient tous sur des exercices simples d'amélioration de la mobilité, réalisés plusieurs fois par semaine sur des durées allant de deux à dix-huit semaines selon les études. Pour un public adolescent, et notamment des joueurs de football âgés de 13 à 15 ans, ces données sont particulièrement intéressantes. Cette période correspond à un moment de transition physique important, où les contraintes de croissance osseuse peuvent affecter la qualité du mouvement. Même si la période optimale de développement de la mobilité semble précéder la puberté, les résultats montrent que les jeunes adolescents conservent une bonne capacité de progression, à condition de maintenir une pratique régulière. Intégrer un travail spécifique de mobilité articulaire à cet âge pourrait ainsi contribuer à préserver des amplitudes efficaces au service de la performance gestuelle, tout en facilitant l'adaptation aux changements morphologiques liés à la croissance.

Une autre étude systématique et méta-analyse menée par Alizadeh et al. (2023) examine l'effet de l'entraînement en résistance (resistance training, RT) sur l'amplitude de mouvement (range of motion, ROM) et compare ses effets à ceux des étirements seuls ou d'une combinaison des deux. Les résultats montrent que le RT améliore significativement le ROM par rapport à un groupe contrôle (taille d'effet [ES] = 0,73 ; $p < 0,001$). En revanche, lorsqu'il est comparé à un groupe pratiquant uniquement des étirements, aucune différence significative n'est observée ($ES = 0,08$; $p = 0,79$), ce qui suggère une efficacité comparable entre les deux méthodes. Il en va de même pour la comparaison entre le groupe combiné (RT + étirements) et le groupe étirements seuls ($ES = -0,001$; $p = 0,99$). L'analyse des sous-groupes révèle que les individus sédentaires ou non entraînés bénéficient davantage des gains en ROM ($ES = 1,042$; $p < 0,001$) que les personnes déjà actives ou entraînées ($ES = 0,43$; $p < 0,001$), probablement en raison d'un niveau initial de flexibilité plus faible. Par ailleurs, les exercices impliquant des charges externes (poids libres, machines, Pilates) sont plus efficaces que les exercices au poids du corps seul ($ES = -0,232$; $p = 0,11$). Cette combinaison d'effort musculaire et d'étirement favorise des adaptations musculo-tendineuses, telles qu'une meilleure tolérance à l'étirement et une plus grande souplesse fonctionnelle.

Pour conclure cette partie, il semble pertinent de souligner les résultats issus de la revue systématique de Skopal et al. (2024), qui s'est intéressée aux effets de différentes méthodes d'entraînement à la mobilité sur les performances sportives. Les auteurs ont analysé 22 études longitudinales, menées auprès de sportifs sains, dont une majorité de jeunes athlètes. Les interventions, d'une durée minimale de 3 semaines ou 10 séances, incluaient des méthodes variées comme les échauffements dynamiques, le yoga, le Pilates ou encore des formes de danse. Les effets sur la performance ont été mesurés via des tests standards portant sur la force (1RM, tests isocinétiques, médecine ball throw), la détente verticale (CMJ, SJ), la vitesse (sprints sur 10 à 30 m, Illinois test), l'équilibre (stork stand, Y-balance test), ou encore des habiletés sportives spécifiques (kicking, lancer, vault, bowling).

Au total, 20 études sur 22 ont rapporté une amélioration significative ou un maintien des performances, avec aucun effet négatif observé. Ces résultats confirment l'intérêt d'intégrer des méthodes de mobilité dans les routines d'entraînement, que ce soit à travers des échauffements ciblés ou des séances spécifiques. Chez les jeunes footballeurs en période de croissance, cela pourrait représenter une stratégie complémentaire efficace pour favoriser l'expression optimale des qualités athlétiques, tout en consolidant des fondamentaux tels que l'amplitude articulaire, l'équilibre et la coordination. En ce sens,

la mobilité ne doit pas être considérée comme un simple outil de prévention, mais comme un levier potentiel de développement de la performance à part entière.

2.4 La croissance

Les jeunes footballeurs connaissent des transformations physiologiques importantes durant leur croissance, qui peuvent impacter leurs performances et leur mobilité. La période de croissance et de maturation biologique, notamment le *Peak Height Velocity* (PHV) qui correspond au pic de croissance rapide, jouent un rôle central dans le développement des capacités physiques des jeunes sportifs. Selon Philippaerts et al. (2006), le PHV influence des paramètres essentiels tels que la force, la vitesse et la puissance. Pendant et après cette phase, des gains significatifs sont observés grâce à l'augmentation de la masse musculaire et des adaptations neuromusculaires. Ces transformations impactent directement les performances footballistiques, comme la capacité d'accélération ou les sauts. Adapter les programmes d'entraînement à la maturité biologique des joueurs permet non seulement d'optimiser leur développement athlétique, mais aussi de limiter les risques de blessures.

Le pic de croissance représente une phase clé de développement caractérisée par une augmentation rapide de la taille. Selon Blimkie (1993), il est possible de repérer cette phase en suivant l'évolution de la taille sur plusieurs années. La courbe ainsi obtenue montre un point culminant, appelé « pic de croissance », généralement observé au milieu de la puberté. Ce phénomène survient en moyenne à 12 ans chez les filles et à 14 ans chez les garçons. Dans le cadre de notre étude, les catégories U14 et U15, composées de jeunes de 13 et 14 ans, offrent une opportunité idéale pour analyser les effets de cette phase de croissance accélérée.

La thèse sur « L'effet de l'entraînement sur l'anthropométrie, les performances physiques et les réponses des axes somatotrope et cortico-gonadotrope chez l'adolescent footballeur de haut niveau » de Hammami (2013) suggère qu'un suivi longitudinal des caractéristiques anthropométriques, physiques et hormonales est crucial pour optimiser l'entraînement des jeunes footballeurs tout en préservant leur santé. Il permet d'adapter les charges d'entraînement en fonction des évolutions biologiques, de prévenir les risques de surentraînement et de blessures, et de maximiser les bénéfices de la croissance et de la maturation. La maturation pubertaire, qui influence la vitesse, la force et l'endurance, varie d'un joueur à l'autre. En tenant compte de l'âge biologique plutôt que chronologique, on peut éviter les biais de sélection et ajuster les entraînements de manière plus précise.

Les données hormonales, comme celles du cortisol ou de la testostérone, permettent de suivre l'adaptation physiologique et de détecter les déséquilibres potentiels. De plus, ce suivi favorise l'établissement de profils de référence selon le poste et l'âge, utiles pour personnaliser les entraînements. Enfin, il garantit un développement harmonieux tout en limitant les risques, rendant l'approche essentielle pour allier performance et intégrité physique des jeunes joueurs. De plus, ce suivi favorise l'établissement de profils de référence selon le poste et l'âge, utiles pour personnaliser les entraînements. Enfin, il garantit un développement harmonieux tout en limitant les risques, rendant l'approche essentielle pour allier performance et intégrité physique des jeunes joueurs.

Enfin, chez les jeunes footballeurs, la période de croissance est marquée par des transformations morphologiques importantes qui peuvent affecter temporairement les qualités physiques, notamment la mobilité articulaire. En effet, Malina et al. (2004) soulignent que durant le pic de croissance pubertaire, « *les os croissent en longueur plus rapidement que les muscles et les tendons ne peuvent s'adapter, ce qui conduit à une diminution temporaire de la flexibilité* » (p. 226). Ce phénomène, observé fréquemment chez les adolescents sportifs, peut entraîner une restriction de l'amplitude articulaire, une altération de la gestuelle technique, voire une augmentation du risque de blessure.

Par ailleurs, la maturation biologique ne suit pas un rythme uniforme entre individus du même âge chronologique. Ainsi, à 14 ou 15 ans, deux joueurs peuvent se trouver à des stades très différents de développement. Ce décalage influence directement des paramètres tels que la souplesse, la coordination motrice et les capacités de performance. Comme le précisent les auteurs, « *la maturation biologique varie considérablement parmi les jeunes du même âge chronologique et peut affecter la performance physique, la flexibilité et la coordination motrice* » (Malina et al., 2004, p. 19).

Ces constats appellent à une individualisation de la préparation physique chez les jeunes athlètes. Intégrer des indicateurs de maturation dans l'évaluation des qualités motrices, dont la mobilité articulaire, permet d'adapter les contenus d'entraînement de manière plus pertinente. Dans cette perspective, la mobilité articulaire peut être considérée non seulement comme un indicateur de qualité motrice, mais aussi comme un reflet du niveau de maturation de l'athlète en période de croissance.

Malgré les études existantes, plusieurs questions demeurent insuffisamment explorées :

- Quels sont les mécanismes exacts liant la mobilité articulaire aux performances spécifiques du football ?

- Quels sont les effets à long terme de programmes de mobilité sur les jeunes joueurs en phase de croissance ?

Cette revue de littérature met en évidence l'importance de la mobilité articulaire et de l'adaptation des programmes d'entraînement aux transformations physiologiques liées à la croissance chez les jeunes footballeurs. Une approche ciblée pourrait non seulement optimiser les performances mais également réduire les asymétries fonctionnelles.

3. Problématique, objectifs et hypothèses

3.1 Problématique

Comme énoncé précédemment, la mobilité articulaire a été peu explorée dans les études récentes, en particulier dans le cadre des jeunes footballeurs.

L'étape de croissance chez les jeunes sportifs est particulièrement critique. Les modifications structurelles et fonctionnelles du système musculo-squelettique peuvent influencer la capacité à mobiliser certaines articulations et, par conséquent, impacter les performances athlétiques. Pourtant, peu d'études ont examiné de manière approfondie les interactions entre ces deux dimensions, mobilité articulaire et performance, chez des jeunes joueurs de football en formation.

Dans ce contexte, plusieurs questions se posent :

- Quel est le lien entre la mobilité articulaire et les performances athlétiques chez les jeunes joueurs de football ?
- Les limitations ou les gains en mobilité peuvent-ils avoir un impact direct sur la réalisation de certains gestes techniques ou sur les indicateurs de performance physique tels que la vitesse, la puissance ou l'explosivité ?

Ces interrogations mettent en lumière un manque de connaissances qui justifie pleinement la nécessité d'une étude approfondie. Cette recherche vise donc à combler ce vide en explorant à quel point la mobilité articulaire peut être considérée comme un facteur d'optimisation de la performance chez les jeunes footballeurs en période de croissance.

Ainsi, la problématique centrale de ce mémoire peut être formulée comme suit :

Quel est l'impact de la mobilité articulaire sur la performance athlétique des jeunes footballeurs ?

Cette problématique guidera les objectifs et hypothèses de cette recherche, permettant de mieux comprendre et exploiter la mobilité articulaire dans le cadre de la formation et du développement de jeunes talents dans le football.

3.2 Objectifs

L'objectif de cette étude vise à analyser de manière approfondie l'influence de la mobilité articulaire sur les performances athlétiques des jeunes footballeurs en période de croissance. Elle cherche également à comparer l'efficacité de différentes approches d'entraînement spécifiques afin d'identifier la méthode la plus adaptée pour optimiser à la fois la mobilité et les performances physiques dans ce contexte particulier.

3.3 Hypothèses

Je propose ainsi les hypothèses suivantes :

- H0. Le programme d'entraînement ciblé n'entraîne pas d'amélioration significative de l'amplitude de mouvements chez les jeunes footballeurs comparé au groupe témoin.
- H1. Les jeunes footballeurs participant à un programme d'entraînement ciblé sur la mobilité articulaire montreront des améliorations significatives de leur amplitude de mouvements (cheville, genou, hanche, tronc) par rapport au groupe témoin.
- H2. La méthode combinant mobilité fonctionnelle et une résistance légère entraînera des gains plus importants en performances athlétiques (puissance, équilibre, coordination) que la méthode basée uniquement sur des étirements dynamiques.
- H3. Il existe une corrélation positive significative entre l'amélioration de la mobilité articulaire (ROM) et les performances athlétiques (sauts, équilibre, coordination) chez les jeunes footballeurs.

4. Le stage

4.1 Milieu professionnel

L'étude a été menée au sein du club de football de l'Union Sportive du Littoral de Dunkerque (USLD), structure professionnelle évoluant en Ligue 2 BKT lors de la saison 2024-2025. L'USLD fait partie des clubs phares de la région Hauts-de-France, avec une histoire marquante dans le paysage du football français.

Fondé en 1909, le club incarne l'identité et la fierté de l'agglomération dunkerquoise. Sa devise, « Contre vents et marées », symbolise la résilience et l'attachement de tout un territoire à ses couleurs. Le club évolue dans son propre stade, le Marcel-Tribut, récemment rénové et offrant une capacité de 5 000 places, ce qui renforce son ancrage local et son rayonnement régional.

4.2 Sujets

La population ciblée comprend des joueurs de football âgés de treize à quinze ans, appartenant aux catégories U14 et U15, et participant à un programme de pré-formation dans un cadre compétitif. Ces joueurs représentent une cohorte homogène en termes de niveau de pratique sportive.

L'âge pour l'ensemble des joueurs de 13 à 15 ans (âge = $13,8 \pm 0,8$ ans).

De masse : $52,98 \pm 11,39$ kg.

De taille : $166,20 \pm 11,18$ cm.

Les critères d'inclusion incluaient l'absence de blessures ou de pathologies limitant les mouvements, ainsi que la disponibilité pendant toute la durée du protocole de huit semaines. Les joueurs ont été répartis en trois groupes équivalents selon leur appartenance à la section sportive active les mardis et jeudis. Le groupe 1, issu de cette section, a suivi un programme de mobilité dynamique. Le groupe 2, également en section sportive, a réalisé un programme combinant mobilité fonctionnelle et renforcement léger : élastiques ou charges modérées. Le groupe 3, témoin, rassemblait des joueurs hors section poursuivant leur entraînement habituel, sans ajout spécifique lié à la mobilité.

4.3 Matériels et techniques de mesures

Au sein du club de l'USLD, nous bénéficions d'équipements professionnels et d'un environnement de travail particulièrement bien structuré, propice à l'entraînement et à la récupération des joueurs. Parmi les installations disponibles, on retrouve :

- Deux salles de sport entièrement équipées, capables d'accueillir un effectif complet de 20 joueurs, avec tout le matériel nécessaire à la musculation, au travail cardio et à la récupération.
- Quatre terrains d'entraînement : un en gazon naturel, deux en synthétique, ainsi qu'un terrain hybride.

Pour réaliser les différents tests inclus dans ce protocole, plusieurs équipements sont nécessaires. Les tests de mobilité articulaire requièrent notamment un mur, un goniomètre, une table d'examen et un ruban de mesure. Pour les tests de performances athlétiques, le matériel requis inclut un ruban de mesure, une surface plane, des bandes adhésives et une ligne tracée. Les tests ont été réalisés dans la salle de

musculature, un environnement offrant une surface plane et un espace adapté pour les mesures précises.

4.4 Protocole

Le protocole expérimental vise à évaluer l'impact de la mobilité articulaire sur les performances athlétiques des jeunes footballeurs en catégorie U14 et U15. La population étudiée est constituée de joueurs issus du programme de pré-formation.

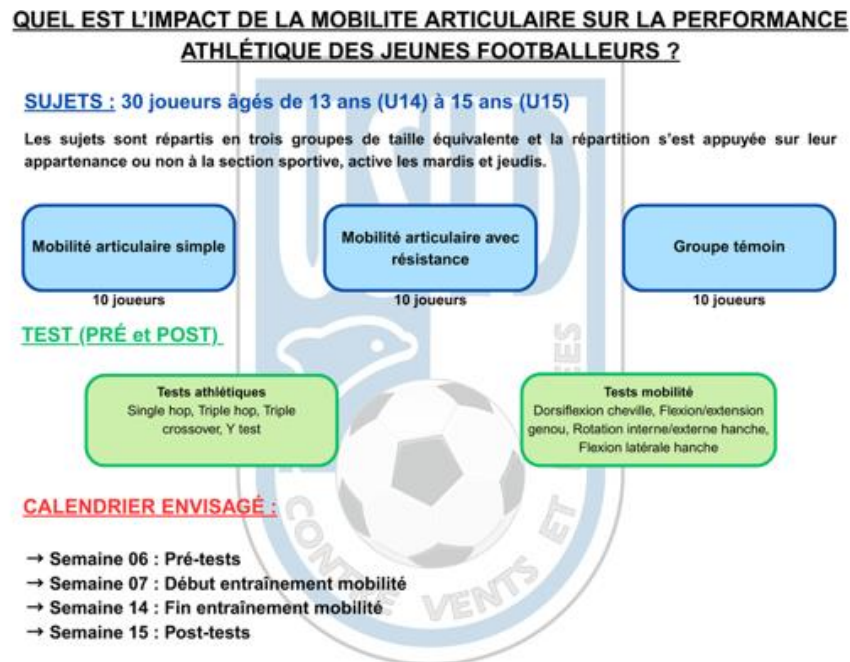


Image 1 : Protocole

Avant de détailler les tests, il est utile de rappeler que la prise de mesure au goniomètre demande une certaine rigueur. Si les compétences d'un kinésithérapeute offrent une fiabilité optimale, un préparateur physique formé, avec de bonnes bases en anatomie et une validation initiale par un professionnel de santé, peut réaliser des mesures fiables. L'étude de Lenssen et al. (2007) montre d'ailleurs qu'avec une formation adaptée, des non-cliniciens peuvent atteindre une reproductibilité satisfaisante. L'essentiel est de respecter les protocoles standardisés et de rester dans son champ de compétence, sans interprétation clinique.

Les tests de mobilité articulaire sont réalisés individuellement, dans un ordre défini. Un superviseur accompagne chaque joueur pour assurer le respect des procédures et la fiabilité des mesures. Chaque test dure environ 2 minutes. L'évaluation se fait sur la jambe dominante, sauf pour le Y Balance Test, réalisé sur les deux jambes. Voici le déroulement et les procédures détaillées de chaque test :

Pour la mesure de la dorsiflexion de la cheville, le joueur se place face à un mur, avec le pied testé à une distance définie de 12 cm qui est la norme. Le but est d'amener le genou à toucher le mur sans que le talon ne se décolle du sol. La distance entre l'orteil et le mur est mesurée à l'aide d'un ruban de mesure. Si le sujet n'arrive pas à atteindre le mur à la base de la norme, il avance son pied jusqu'à la réussite du mouvement. Si le sujet a des facilités à atteindre le mur, il recule son pied jusqu'à la réussite du mouvement.

Pour évaluer l'amplitude de mouvement du genou, le joueur est allongé sur le dos sur la table d'examen. Le goniomètre est positionné sur la face latérale du membre inférieur : le centre du goniomètre est placé sur le tubercule du condyle fémoral latéral, qui correspond à l'axe de rotation du genou ; la branche fixe est alignée selon l'axe longitudinal du fémur, orientée vers la partie haute externe de la cuisse ; la branche mobile suit l'axe longitudinal de la jambe, en direction de la face latérale de la cheville.

Pour la flexion maximale du genou, le superviseur plie doucement le genou du joueur aussi loin que possible, sans provoquer de douleur ou d'inconfort. L'objectif est de rapprocher le talon du fessier en conservant une bonne stabilisation du bassin. Le goniomètre est utilisé pour mesurer l'angle entre la cuisse et la jambe lorsque la flexion est maximale.

Pour l'extension maximale du genou, le joueur reste allongé sur le dos, jambe tendue. Le superviseur vérifie que la jambe est parfaitement alignée avec la cuisse. En cas d'hyperextension (c'est-à-dire si la jambe va au-delà de l'alignement droit), cette particularité est également notée. Le goniomètre permet alors de mesurer l'angle d'extension.

Pour la rotation interne et externe de la hanche, le joueur est assis sur une table d'examen, le genou fléchi à 90 degrés. Le superviseur fait pivoter la jambe du joueur vers l'intérieur (rotation externe) et l'extérieur (rotation interne), le centre du goniomètre est placé en regard de la patella, la branche fixe suit une ligne verticale imaginaire tandis que l'axe mobile suit l'axe du tibia.

Enfin, pour la flexion latérale du tronc, le joueur est debout, pieds joints, bras le long du corps. Une première marque est prise à l'endroit où ses doigts touchent naturellement la cuisse. Il s'incline ensuite latéralement, sans fléchir les genoux ni avancer les épaules, jusqu'à sa limite. Une seconde marque est prise à l'endroit maximal atteint. La distance entre les deux marques correspond à l'amplitude de mouvement. Ce test évalue la mobilité latérale du tronc de manière fluide. « Cf. Annexe Lien 1 à 4 ».

Les tests de performances athlétiques suivent un déroulement similaire mais avec un échauffement articulaire au préalable. Chaque joueur passe individuellement sur chaque test en suivant un ordre prédéfini, sous la supervision d'un encadrant pour assurer la précision et la fiabilité des mesures.

Le Single Hop Test évalue la puissance unilatérale. Le joueur se tient sur une jambe à l'arrière d'une ligne de départ et effectue un saut explosif vers l'avant, la réception se fait sur le pied en contact complet au sol sans déséquilibre ou double appui. La distance parcourue est mesurée du point de départ au point où le talon touche le sol.

Le Triple Hop Test mesure l'explosivité. Le joueur effectue trois sauts consécutifs sur la même jambe en maximisant la distance, la réception est la même que pour le Single Hop Test. La distance totale des trois sauts est mesurée, et une réception stable est requise à chaque saut.

Le Triple Crossover Test évalue la coordination et la puissance multidirectionnelle. Le joueur effectue trois sauts latéraux successifs en croisant une ligne centrale tracée au sol. La distance totale des trois sauts est mesurée, et une réception stable comme pour les tests précédents est nécessaire après chaque saut.

Enfin, le Y Balance Test mesure l'équilibre fonctionnel et la stabilité. Trois bandes adhésives sont disposées en forme de "Y" sur le sol. Le joueur, debout sur une jambe au centre du "Y", utilise l'autre pied pour atteindre les trois directions possibles (antérieure, postéro médiale et postérolatérale). Les distances atteintes dans chaque direction sont mesurées à l'aide d'un ruban de mesure. Ce test demande une stabilité optimale sur la jambe d'appui sans possibilité de lever le talon. « Cf. Annexe Figure 1 à 8 ».

Afin de mieux comprendre certaines différences observées entre les joueurs de l'étude, notamment dans leurs réponses à l'intervention, nous avons choisi d'intégrer un marqueur de maturité biologique. En effet, chez les jeunes footballeurs en période de croissance, il semble pertinent de prendre en compte le stade de développement physique dans l'interprétation des résultats.

Pour cela, nous avons utilisé l'équation de Mirwald et al. (2002), une méthode non invasive validée dans la littérature et régulièrement utilisée chez des adolescents sportifs. Cette équation permet d'estimer ce que l'on appelle le « maturity offset », c'est-à-dire le nombre d'années avant ou après le PHV.

Les données nécessaires à ce calcul sont : l'âge chronologique en années décimales, la taille debout, la taille assise et le poids. Ces données ont été recueillies dans le cadre du suivi anthropométrique mensuel que je réalise personnellement auprès des catégories U14 et U15, en tant que préparateur physique responsable de ces catégories au sein de l'USL Dunkerque. Les mesures ont été effectuées dans des conditions standardisées, toujours dans les mêmes créneaux les vendredis soir.

L'objectif n'était pas ici d'estimer précisément l'âge au PHV, mais bien de catégoriser les joueurs selon leur niveau de maturation, afin de replacer les effets du protocole dans le contexte de leur développement biologique. Ainsi, deux catégories ont été retenues :

- Pré-PHV : joueurs à plus de 6 mois avant le pic de croissance (offset < -0,5)
- Post-PHV : joueurs ayant dépassé leur pic de croissance (offset > 0,5)

Ce classement a permis d'éclairer certaines tendances observées dans les groupes, et d'apporter un élément de compréhension complémentaire, en lien avec les différences interindividuelles.

Groupe Test 1 : Mobilité simple

Dans ce groupe, le programme d'entraînement s'étale sur huit semaines, organisé par 4 cycles de deux semaines. Chaque cycle de deux semaines se concentre sur chaque mobilisation progressive des articulations clés, à savoir la cheville, le genou, la hanche ; le tronc ne faisant pas partie des articulations mais est important dans la chaîne de mouvement notamment dans les transferts de force et le contrôle postural. L'objectif est de varier les exercices pour favoriser une progression régulière, limiter la monotonie et optimiser l'adaptation. Les fiches évoluent à chaque phase, en complexifiant les mobilisations tout en assurant une continuité dans le travail.

Groupe Test 2 : Mobilité avec résistance

Pour ce groupe, organisé également en 4 cycles de deux semaines sur huit semaines, ce programme reprend les mêmes articulations cibles mais y ajoute une légère résistance : élastiques, charges modérées, médecine balls. L'objectif est de combiner mobilité et renforcement fonctionnel. Les contenus évoluent progressivement afin de maintenir un bon niveau de stimulation et de diversité.

Groupe témoin 3 : Sans entraînement spécifique

Pour ce groupe, les joueurs effectuent leur entraînement habituel sans programme spécifique. Ce groupe est utilisé comme groupe témoin actif pour comparer l'efficacité des interventions des groupes 1 et 2 sur la mobilité et les performances athlétiques.

4.5 Analyse statistique

Dans un premier temps, l'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel Jamovi version 2.6.44.0, permettant d'obtenir des résultats clairs, rigoureux et facilement interprétables. Les delta scores (post – pré) ont été calculés pour chaque variable de mobilité articulaire (cheville, genou, hanche, tronc), ainsi que pour les tests de performance athlétique (tests de saut et Y-Balance Test), afin de quantifier les évolutions entre le pré-test et le post-test.

Le test de normalité de Shapiro-Wilk a été utilisé pour vérifier si les delta scores suivaient une distribution normale. Les résultats ont révélé que la majorité des variables ne respectaient pas cette condition ($p < 0,05$).

En complément, le test de Levene a été appliqué pour évaluer l'homogénéité des variances entre les groupes. Ce test a mis en évidence une hétérogénéité pour plusieurs variables.

Ces résultats ont conduit à l'utilisation de tests non paramétriques. Ainsi, le test de Wilcoxon a été retenu pour les analyses intra-groupes, en raison de la nature appariée et non normale des données. Lorsque des différences significatives ont été observées, la taille de l'effet a été évaluée à l'aide du d de Cohen, calculé directement avec le logiciel Jamovi.

Pour l'analyse intergroupes, les delta scores (post – pré) ont été calculés pour chaque variable de mobilité articulaire (cheville, genou, hanche, tronc), ainsi que pour les tests de performance athlétique (tests de saut et Y-Balance Test), afin de quantifier les évolutions entre le pré-test et le post-test. Une ANOVA unidirectionnelle non paramétrique de Kruskal-Wallis a été effectuée. En cas de significativité ($p < 0.05$), des comparaisons post-hoc ont été réalisées à l'aide du test de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner, afin d'identifier précisément les groupes présentant des différences significatives.

Enfin, afin de tester l'hypothèse H3, des corrélations de Spearman ont été calculées entre les gains de mobilité articulaire et les gains de performance sur les deltas scores. Ce test, adapté aux distributions non normales, a permis d'évaluer la force et la direction des relations entre les variables. Seules les corrélations significatives ($p < 0,05$) ont été retenues pour l'interprétation.

5. Résultats

5.1 Résultats des tests

Les résultats des différents tests de mobilité articulaire et de performance athlétique sont présentés ici de manière descriptive, en comparant les mesures réalisées avant (pré-test) et après (post-test) les huit semaines d'intervention. Les tendances générales observées sont détaillées pour chacun des trois groupes : groupe mobilité simple, groupe mobilité avec résistance et groupe témoin.

Groupe 1 - Mobilité simple

Chez les joueurs ayant suivi le programme de mobilité articulaire sans charge, des améliorations notables ont été observées sur plusieurs variables. En termes de mobilité, la dorsiflexion de cheville a montré une progression claire ($p = 0,011$; $|r| = 0,93$), tout comme la rotation interne de hanche ($p = 0,008$; $|r| = 0,96$). Une tendance positive est également apparue sur la rotation externe de hanche mais pas assez pour être considéré comme une progression claire ($p = 0,050$; $|r| = 0,76$). Concernant les performances athlétiques, des gains ont été enregistrés sur les tests de saut unilatéral : le Single Hop Test a montré une progression significative ($p = 0,009$; $|r| = 1,00$), de même que le Triple Hop ($p = 0,014$; $|r| = 0,85$) et le Triple Crossover Test ($p = 0,027$; $|r| = 0,78$), ainsi que sur les trois directions du Y-Balance Test ($p \leq 0,006$; $|r| = 1,00$), montrant une évolution favorable en termes de stabilité dynamique. En revanche, les amplitudes de flexion/extension du genou et la flexion latérale du tronc sont restées stables entre les deux temps de mesure.

Groupe 2 - Mobilité avec résistance

Les joueurs ayant participé au programme combinant mobilité fonctionnelle et renforcement léger ont eux aussi présenté des améliorations significatives. En mobilité articulaire, les gains ont été marqués sur la rotation interne ($p = 0,017$; $|r| = 0,91$) et externe ($p = 0,037$; $|r| = 0,80$) de hanche, l'extension du genou ($p = 0,041$; $|r| = 0,89$), la dorsiflexion de cheville ($p = 0,009$; $|r| = 1,00$), ainsi que la flexion latérale du tronc ($p = 0,009$; $|r| = 0,95$), suggérant une action efficace sur la chaîne postérieure. Au niveau des performances athlétiques, le Single Hop Test a montré une nette amélioration ($p = 0,002$; $|r| = 1,00$), tout comme le Y-Balance Test qui a affiché des progrès importants dans les trois directions (p allant de 0,002 à 0,006 ; $|r| = 1,00$). En revanche, la flexion du genou ($p = 0,261$), le Triple Hop Test ($p = 0,169$) et le Triple Crossover Test ($p = 0,084$) sont restées plus stables, avec peu d'évolution mesurable.

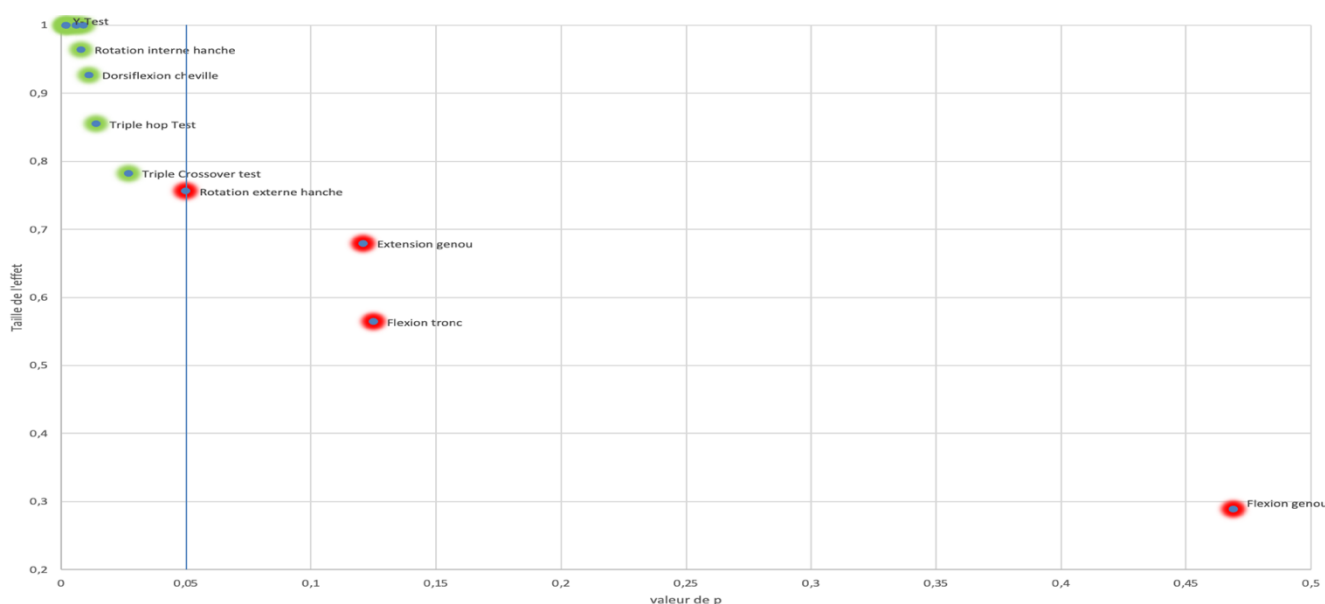
Groupe 3 – Témoin

Bien que le groupe témoin n'ait pas suivi de protocole spécifique, certaines évolutions significatives ont été observées entre les mesures pré et post. La dorsiflexion de cheville a montré une amélioration significative ($p = 0,014$; $|r| = 1,00$), tout comme l'extension du genou ($p = 0,030$; $|r| = 0,89$) et le Single Hop Test ($p = 0,009$; $|r| = 0,95$). Ces légers progrès pourraient s'expliquer par des facteurs extérieurs tels que la croissance et la présence de joueurs en Pré ou Post-PHV ou les entraînements réguliers. Sur le plan des performances athlétiques, une amélioration modérée a été observée sur le Single Hop Test ainsi que sur certaines directions du Y-Balance Test.

5.2 Vérification et validité des résultats - Wilcoxon (Mobilité et performance athlétique)

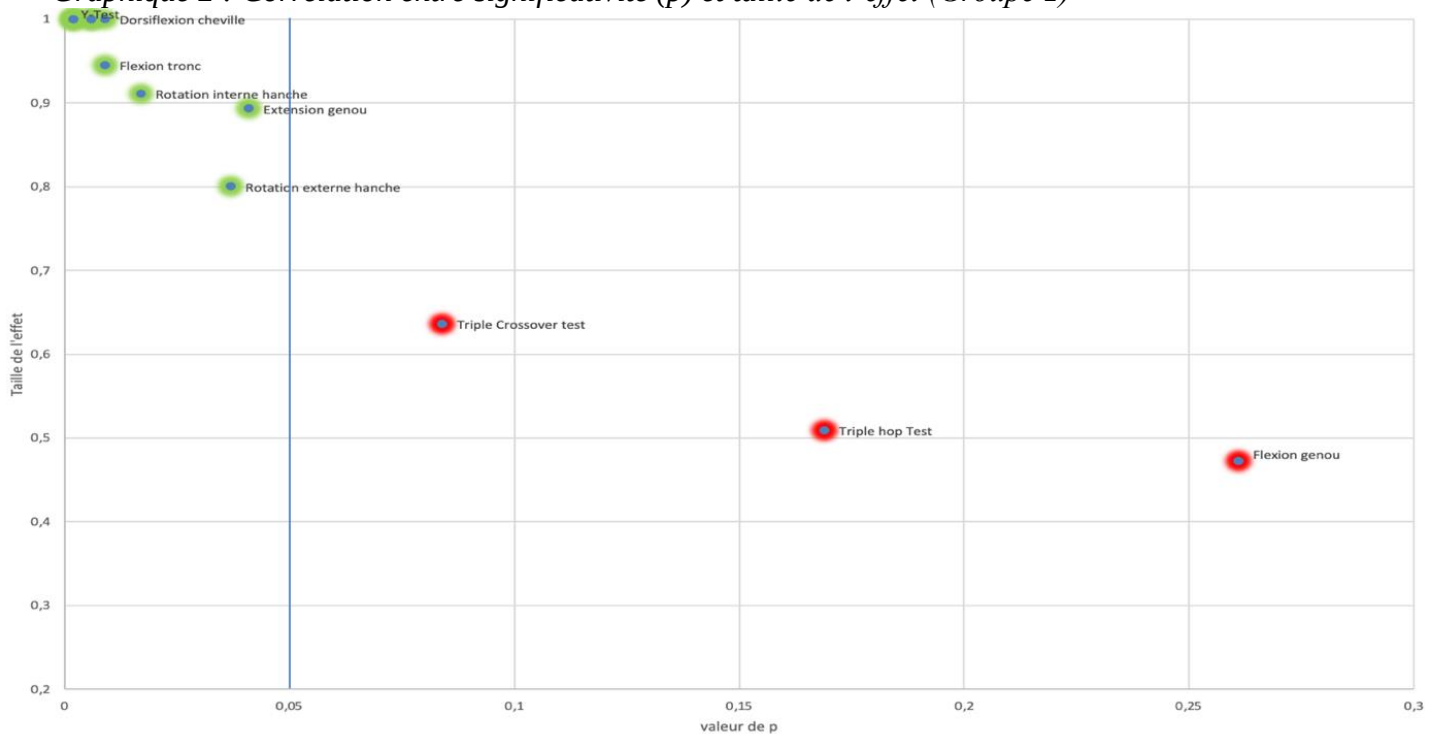
Le graphique 1, croisant les niveaux de significativité (p-values) avec les tailles d'effet pour l'ensemble des variables testées dans ce groupe, met en évidence une concentration importante de points verts dans le quadrant supérieur gauche : cette zone regroupe les changements à la fois significatifs et associés à de grandes tailles d'effet, notamment pour les tests de saut et le Y-Balance Test. À l'inverse, les variables situées en bas à droite du graphique en rouge (flexion/extension du genou, flexion tronc) confirment leur absence de réponse notable à l'intervention. Ce graphique illustre ainsi de manière visuelle la forte efficacité du programme sur certaines qualités ciblées, tout en soulignant les limites de l'intervention sur d'autres paramètres.

Graphique 1 : Corrélation entre significativité (p) et taille de l'effet (Groupe 1)



Le graphique 2, croisant les valeurs de p et les tailles d'effet pour chaque variable testée, confirme les observations des résultats. Une concentration de points verts est visible dans la partie supérieure gauche du graphique, où se situent les variables ayant bénéficié d'un effet statistiquement significatif et d'une taille d'effet élevée, notamment pour la dorsiflexion, les rotations de hanche, la flexion du tronc et les résultats du Y-Balance Test. À l'inverse, les points relatifs aux tests Triple Hop, Triple Crossover et flexion de genou, situés en dehors de cette zone, témoignent d'une absence de réponse significative malgré des tailles d'effet modérées. Ce graphique met ainsi en lumière l'effet ciblé du protocole sur certaines qualités fonctionnelles, en particulier l'équilibre et la mobilité, au détriment des qualités explosives plus complexes à mobiliser.

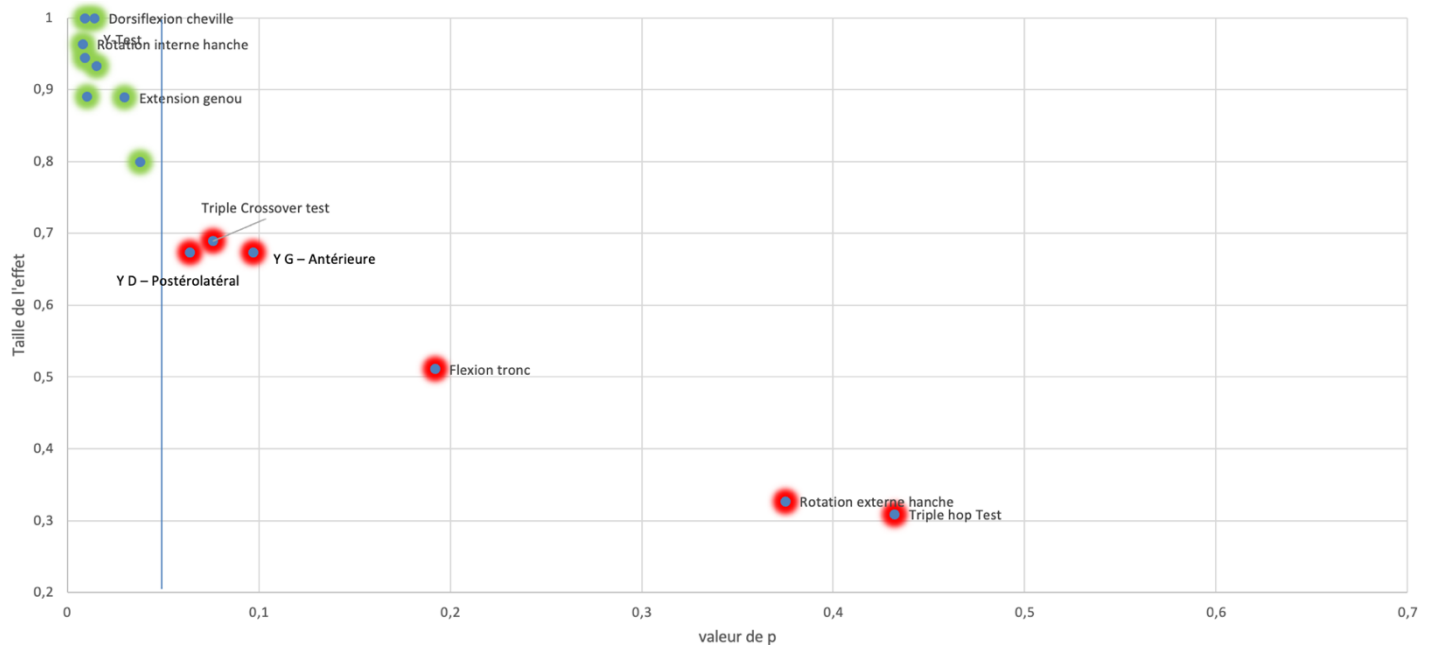
Graphique 2 : Corrélation entre significativité (p) et taille de l'effet (Groupe 2)



L'analyse du graphique 3 permet de visualiser clairement l'évolution limitée. À la différence des groupes expérimentaux, les points sont davantage dispersés dans les zones correspondant à des p-values non significatives, avec quelques exceptions isolées notamment, la dorsiflexion et le Single Hop, positionnées dans les zones à forte taille d'effet. Cette configuration illustre une réponse globale plus limitée et moins homogène aux tests, en lien probable avec l'absence d'intervention structurée. Le contraste est donc net avec les deux groupes ayant suivi un protocole de mobilité, dont les résultats apparaissent à la fois plus cohérents et plus marqués sur les tests fonctionnels.

Ces éléments soulignent que si certaines adaptations peuvent apparaître spontanément, elles demeurent partielles et imprévisibles. Cela renforce l'intérêt de la mise en place d'un entraînement structuré ciblant la mobilité articulaire pour optimiser les progrès en performance athlétique chez les jeunes footballeurs.

Graphique 3 : Corrélation entre significativité (p) et taille de l'effet (Groupe 3)



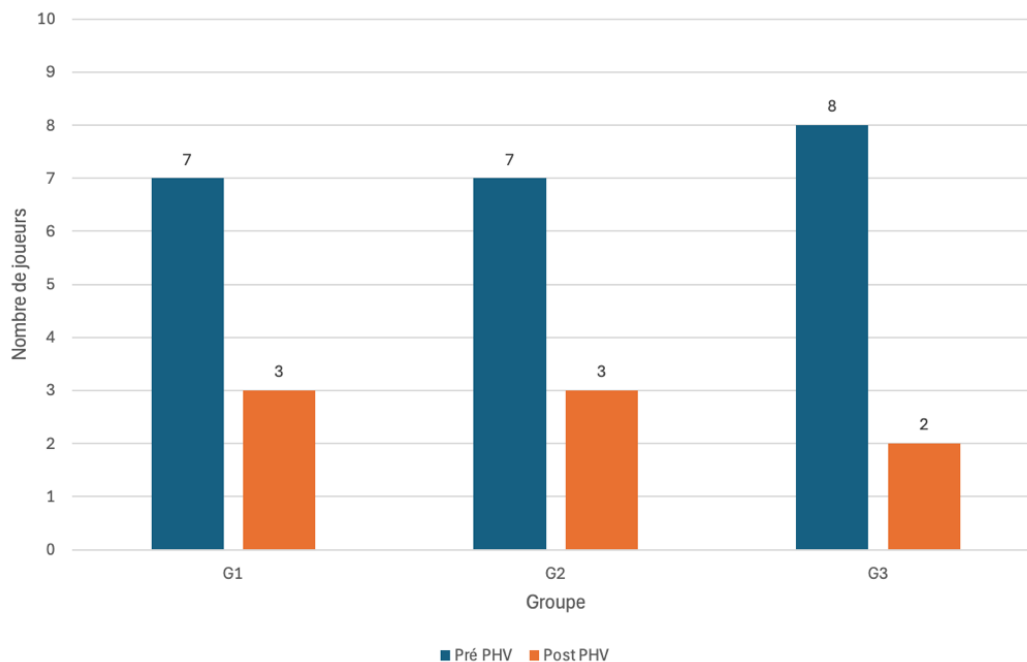
5.1.2 Vérification et validité des résultats – Interprétation grâce au PHV

Tous les groupes comportaient des joueurs classés en Pré- et Post-PHV, ce qui reflète une hétérogénéité naturelle au sein d'une population U14/U15. Cette diversité de profils biologiques pourrait partiellement expliquer les différences de réponse aux protocoles observés dans les résultats.

Dans le groupe 1, qui présente les gains les plus significatifs aux tests de mobilité et de performance unilatérale, la majorité des joueurs étaient en phase Pré-PHV. Ces résultats tendent à montrer que, malgré un développement biologique encore en cours, ces joueurs sont capables de s'adapter favorablement à des contenus ciblés. À l'inverse, certains joueurs Post-PHV ont également affiché des progressions notables, probablement liées à une meilleure stabilité neuromusculaire.

Comme nous l'avons vu précédemment, le stade de maturation constitue un facteur non négligeable dans l'analyse des adaptations motrices. L'intégration du PHV dans ce travail n'a pas eu vocation à stratifier les groupes, mais plutôt à proposer une lecture complémentaire des effets observés à la suite des tests de Wilcoxon.

Graphique 4 : Répartition des joueurs par maturation biologique



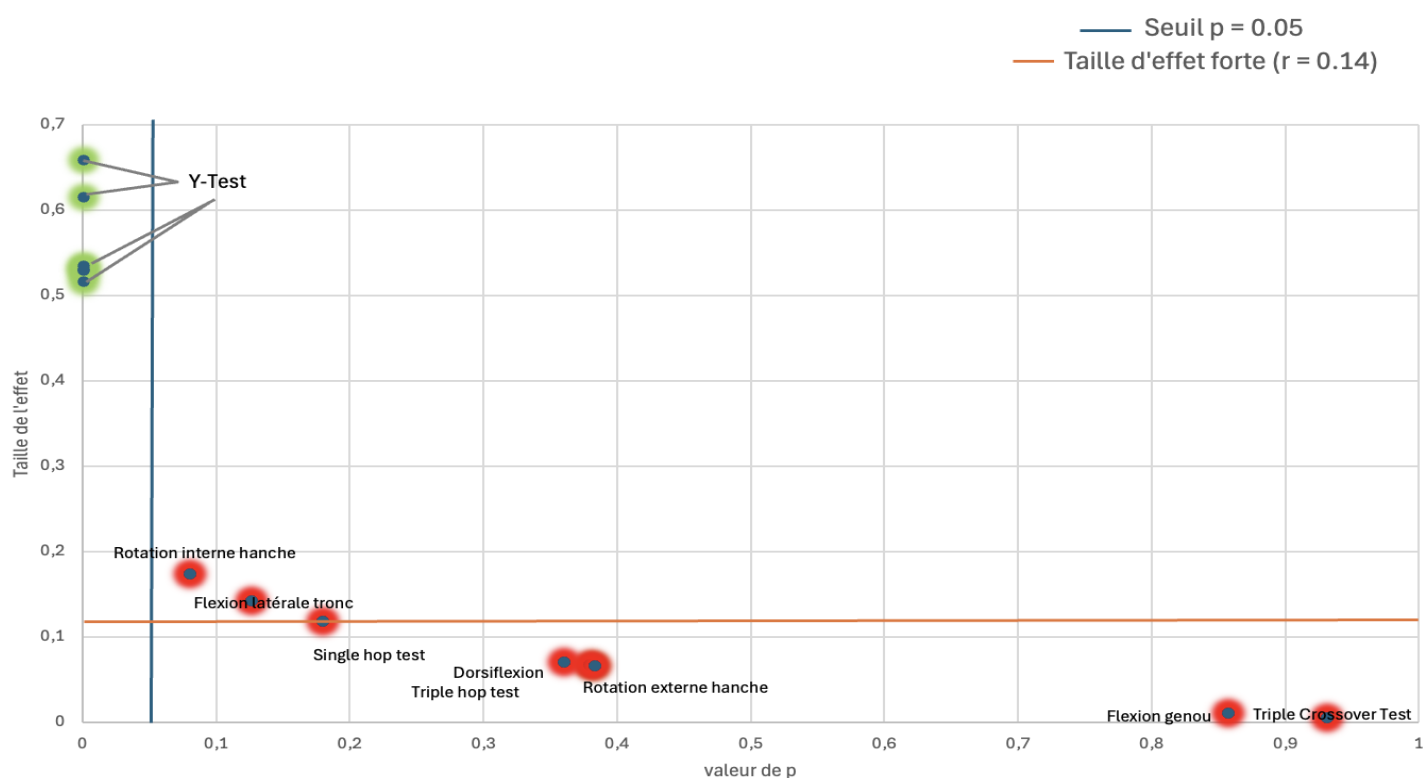
5.2 Vérification et validité des résultats - ANOVA unidirectionnelle de Kruskal-Wallis

Dans le but de comparer l'efficacité des trois conditions expérimentales, une ANOVA unidirectionnelle non paramétrique de Kruskal-Wallis a été réalisée sur les deltas scores pour l'ensemble des variables mesurées. Les résultats indiquent que seules les composantes du Y-Balance Test, pour la jambe droite et la jambe gauche, et dans les trois directions, présentent des différences intergroupes hautement significatives ($p < 0,001$).

Le graphique 5 permet de visualiser ces résultats : les points du Y-Balance Test y ressortent nettement avec des p-values très faibles, alors que toutes les autres variables restent au-dessus du seuil de significativité. Cette représentation confirme que la stabilité dynamique est le seul domaine ayant bénéficié d'un effet différentiel significatif selon le type de protocole suivi.

Ces constats nous ont conduit à réaliser un test post-hoc pour identifier précisément les groupes entre lesquels ces différences s'observent.

Graphique 5 : Kruskal-Wallis : Significativité vs Taille de l'effet



5.2.2 Vérification et validité des résultats - Comparaisons post-hoc entre groupes

Des tests de comparaison pair-à-pair de Dwass, Steel, Critchlow et Fligner ont été réalisés pour identifier les groupes entre lesquels les différences étaient significatives.

Tableau 1 : Résultats de la Comparaison pair-à-pair de Dwass, Steel, Critchlow et Fligner sur toutes les variables

Comparaison pair-à-pair de Dwass, Steel, Critchlow et Fligner sur toutes les variables

Variable	W G1-G2	p G1-G2	W G1-G3	p G1-G3	W G2-G3	p G2-G3
Dorsiflexion (cm)	1.02	0.751	-1.18	0.682	-1.83	0.4
Flexion genou (°)	0.971	0.772	0.27	0.98	-0.108	0.997
Extension genou (°)	0.605	0.904	1.947	0.353	1.351	0.605
Rotation interne hanche (°)	-1.4	0.584	-2.9	0.1	-2.16	0.277
Rotation externe hanche (°)	0.483	0.938	-1.672	0.464	-1.666	0.467
Flexion latérale tronc (cm)	2.25	0.25	-0.966	0.774	-2.518	0.176
Single Hop Test (cm)	-0.321	0.972	-2.139	0.285	-2.353	0.219
Triple Hop Test (cm)	-2.031	0.322	-1.283	0.636	0.107	0.997
Triple Crossover Test (cm)	-0.214	0.988	-1.328	0.616	-0.289	0.977
Y Test D – Antérieur (cm)	0.0535	0.999	-5.0264	0.001	-5.2403	<.001
Y Test D – Postérolatéral (cm)	-0.803	0.837	-4.706	0.003	-4.654	0.003
Y Test D – Postéromédial (cm)	-1.23	0.66	-5.24	<.001	-5.3	<.001
Y Test G – Antérieur (cm)	0.267	0.981	-4.814	0.002	-4.706	0.003
Y Test G – Postérolatéral (cm)	0.107	0.997	-4.759	0.002	-4.813	0.002
Y Test G – Postéromédial (cm)	-1.76	0.425	-4.71	0.003	-4.6	0.003

Les comparaisons pair-à-pair issues du test de Dwass, Steel, Critchlow et Fligner révèlent que, pour l'ensemble des composantes du Y-Balance Test (antérieure, postéromédiale et postérolatérale, jambe droite et gauche), les groupes 1 (mobilité simple) et 2 (mobilité avec résistance) présentent des

performances significativement supérieures à celles du groupe témoin (groupe 3), avec des valeurs de p inférieures à 0,01. En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes 1 et 2. Ces résultats suggèrent que les deux types de programmes d'entraînement sont efficaces pour améliorer l'équilibre dynamique chez les jeunes footballeurs, et qu'ils présentent une efficacité équivalente sur cette dimension spécifique de la performance athlétique.

5.3 Vérification et validité des résultats - Corrélations entre mobilité articulaire et performance athlétique

Afin de tester l'hypothèse H3, selon laquelle il existerait une corrélation positive significative entre les gains de mobilité articulaire et les gains de performance athlétique chez les jeunes footballeurs, une analyse de corrélation de Spearman a été réalisée. Les delta scores (post – pré) ont été utilisés pour toutes les variables de mobilité (cheville, genou, hanche, tronc) et de performance (tests de saut et Y-Balance Test).

Les résultats montrent que plusieurs gains en mobilité sont significativement corrélés avec des améliorations de performance, en particulier au niveau du Y-Balance Test et des tests de saut unilatéraux. Les relations les plus fortes concernent les rotations de hanche, ainsi que la flexion latérale du tronc, qui sont positivement corrélées à l'équilibre fonctionnel et à la puissance unilatérale. À l'inverse, aucune corrélation significative n'a été observée pour la dorsiflexion ou la flexion du genou.

Tableau 2 : Corrélations significatives entre delta mobilité et delta performance (ρ de Spearman)

Mobilité (Δ)	Performance (Δ)	ρ de Spearman	p- value
Rotation interne hanche	Y Test D – Antérieur	0.475	0.008
Rotation interne hanche	Y Test D – Postéromédial	0.305	0.024
Rotation interne hanche	Y Test G – Antérieur	0.272	0.035
Extension genou	Triple Hop Test	-0.465	0.010
Rotation externe hanche	Triple Hop Test	0.546	< .001
Rotation externe hanche	Single Hop Test	0.614	< .001
Flexion latérale tronc	Y Test D – Antérieur	0.440	< .001
Flexion latérale tronc	Y Test G – Antérieur	0.473	< .001
Flexion latérale tronc	Y Test G – Postéromédial	0.477	< .001

5.3.2 Vérification et validité des résultats - Interprétation

Ces résultats confirment l'hypothèse H3 : certains gains de mobilité, notamment au niveau des rotations de hanche et de la flexion latérale du tronc, sont associés à des améliorations modérées à marquées de l'équilibre et de la puissance unilatérale. Cela suggère l'intérêt d'un travail de mobilité fonctionnelle ciblée, en particulier sur les zones sollicitées dans les gestes spécifiques du football.

6. Discussion

6.1 Interprétation des résultats

Cette étude a permis de mettre en lumière des éléments significatifs concernant l'influence de la mobilité articulaire sur la performance athlétique de jeunes footballeurs en période de croissance. Elle s'inscrit dans une logique d'optimisation de la préparation physique au sein d'un club professionnel, et ses résultats offrent des pistes concrètes d'action sur le terrain.

Dans un premier temps, les deux groupes expérimentaux ont montré des améliorations notables en stabilité dynamique (Y-Balance Test), avec des gains significatifs dans les trois directions ($p < 0,001$) et des tailles d'effet élevées. Toutefois, si ces résultats suggèrent une progression liée au protocole, il convient de garder à l'esprit que d'autres facteurs non contrôlés ; effet d'apprentissage du test, développement naturel lié à la croissance, ou encore engagement différencié des joueurs ; peuvent également avoir influencé cette évolution. Ce constat vient renforcer l'idée, déjà avancée par Teichmann et al. (2021), selon laquelle un travail ciblé de mobilité, notamment autour des hanches et du tronc, favorise l'engagement des muscles stabilisateurs profonds, éléments-clés dans la construction de l'équilibre fonctionnel.

En parallèle, les tests de saut unilatéraux (Single Hop notamment) ont mis en évidence des progrès significatifs dans les deux groupes expérimentaux, en particulier dans le groupe 1. Ce lien entre mobilité et expression de la puissance a déjà été suggéré dans les travaux de Godinho et al. (2019), qui avaient mis en évidence une corrélation entre la dorsiflexion de cheville et la performance au saut vertical. Nos résultats vont dans le même sens, notamment par les corrélations significatives établies entre les gains de rotation de hanche, de flexion latérale du tronc, et les performances de saut, confirmant l'intérêt de cibler ces zones dans un objectif de développement moteur. Néanmoins, il convient de rappeler que corrélation ne signifie pas nécessairement causalité, et que d'autres paramètres ; exposition antérieure à des formes de sauts ; ont pu jouer un rôle dans ces améliorations.

En revanche, les tests de Triple Hop et Triple Crossover, sollicitant davantage la coordination multidirectionnelle et la répétition d'efforts explosifs, n'ont pas présenté de progression significative entre les groupes. Ce résultat, bien que contrasté, peut s'expliquer par la durée relativement courte du protocole (huit semaines), qui semble insuffisante pour induire des adaptations plus profondes sur ces qualités neuromusculaires spécifiques.

En lien avec ces observations, la prise en compte du stade de maturation biologique des joueurs permet d'apporter un éclairage complémentaire. Si tous les groupes présentaient une répartition mixte entre joueurs Pré- et Post-PHV, cette hétérogénéité, propre à cette tranche d'âge, n'a pas semblé conditionner à elle seule les réponses motrices observées. Certains joueurs en phase Pré-PHV ont montré des adaptations notables, là où d'autres, pourtant plus avancés biologiquement, n'ont pas exprimé de progression supérieure. Ces observations doivent être interprétées avec prudence, car l'influence du PHV sur la réponse à l'entraînement peut varier en fonction du profil de maturation, mais aussi d'éléments moins objectivables comme l'implication individuelle, les habitudes d'entraînement antérieures ou la qualité de l'encadrement.

Cela invite à relativiser l'impact du PHV dans l'analyse des effets d'un protocole à court terme : il s'agit d'un indicateur pertinent pour mieux situer les profils, mais qui ne saurait résumer à lui seul la complexité des réponses à l'entraînement. Comme le soulignent Malina et al. (2004), les effets de la croissance sont réels, mais ils s'articulent avec d'autres paramètres d'ordre technique, motivationnel ou contextuel, difficilement quantifiables.

Il est également intéressant de souligner que la comparaison intergroupe n'a pas permis de trancher entre les deux modalités d'intervention (mobilité simple vs mobilité avec résistance). Les deux approches ont montré une efficacité comparable, notamment sur l'équilibre dynamique, ce qui suggère qu'à court terme, l'ajout de résistance légère n'apporte pas de bénéfice supplémentaire. Ce constat cohérent avec les travaux d'Alizadeh et al. (2023), doit être nuancé : il n'est pas exclu que des effets différenciés apparaissent sur un cycle d'entraînement plus long, ou auprès de populations plus spécifiques.

Enfin, l'absence de différence significative sur certaines articulations (genou, tronc) et la variabilité des résultats au sein du groupe témoin laissent penser que les tests de mobilité, bien que standardisés, peuvent être sensibles à des facteurs externes (fatigue, motivation, courbe de croissance), ce qui renforce l'intérêt d'un suivi régulier, couplé à une individualisation du travail. Il semble essentiel de considérer ces résultats comme des tendances plutôt que comme des certitudes absolues, et de les intégrer dans une logique globale d'évaluation fonctionnelle, adaptée à chaque profil.

6.2 Limites

Comme toute recherche menée en contexte de terrain, cette étude comporte un certain nombre de limites à prendre en considération.

Premièrement, la durée du protocole, bien que suffisante pour observer des adaptations fonctionnelles simples, reste relativement courte pour induire des changements durables sur des qualités complexes telles que l'explosivité multidirectionnelle ou la coordination intersegmentaire. Un protocole à l'échelle d'une saison aurait permis une analyse plus fine de l'évolution.

Deuxièmement, une semaine du protocole a été réalisée en autonomie par les joueurs, ce qui a pu introduire une hétérogénéité dans l'exécution et l'implication individuelle. Ce facteur contextuel, indépendant du protocole en lui-même, constitue une limite méthodologique non négligeable.

Troisièmement, bien que l'étude ait intégré un marqueur de maturation biologique, à savoir le PHV (Peak Height Velocity), son exploitation dans l'analyse reste partielle. Or, comme le rappellent Philippaerts et al. (2006) et Malina et al. (2004), le stade de croissance influence fortement les qualités motrices et la réponse à l'entraînement. Deux joueurs du même âge chronologique peuvent se trouver à des stades de développement très différents, ce qui affecte directement les capacités d'adaptation et de progression.

Enfin, certains tests utilisés (notamment les tests de saut) peuvent être sensibles à des effets d'apprentissage, d'autant plus marqués chez une population jeune et en pleine progression technique. L'absence de familiarisation préalable ou de test-retest peut ainsi limiter la robustesse de certaines données.

6.3 Application sur le terrain

Cette étude a été menée dans le cadre de la structuration de la formation des jeunes joueurs de l'USL Dunkerque, avec pour objectif d'identifier des méthodes simples et efficaces pour améliorer leur performance athlétique, notamment en matière de stabilité, coordination et mobilité. Le protocole, basé sur deux types d'entraînement axés sur la mobilité articulaire, a montré qu'il était possible d'obtenir des gains.

L'intérêt de ce type de protocole réside dans sa simplicité de mise en œuvre, son faible coût logistique, et sa capacité à être intégré facilement dans les routines existantes, notamment lors des échauffements ou en fin de séance. Les exercices peuvent être adaptés selon les tranches d'âge et les priorités du staff technique, et leur progression peut se faire de manière individualisée.

De plus, l'utilisation régulière de tests simples comme le Y-Balance Test permet non seulement de suivre les progrès, mais aussi de détecter d'éventuelles asymétries ou limitations fonctionnelles, ouvrant la voie à une prévention plus fine des déséquilibres posturaux.

Enfin, le fait que les jeunes aient pu réaliser certains exercices en autonomie, y compris pendant les vacances scolaires, montre que ce type de programme peut favoriser une responsabilisation progressive et une meilleure appropriation des routines de préparation physique.

6.4 Perspectives

À la suite de cette étude, il serait pertinent de déployer ce protocole à plus grande échelle dès la saison prochaine au sein de l'USL Dunkerque. Les résultats encourageants de cette étude ouvrent plusieurs pistes d'approfondissement.

Dans un premier temps, il serait pertinent d'étendre ce protocole à d'autres catégories d'âge, notamment U16 ou U17, afin de comparer les effets selon le stade de maturation et d'analyser si les gains observés chez les plus jeunes se confirment ou évoluent avec l'âge.

Ensuite, l'enrichissement du protocole avec d'autres composantes fonctionnelles (gainage, proprioception, mobilité assistée ou résistée) pourrait permettre d'aller plus loin dans le développement global des qualités posturales et motrices.

Enfin, un suivi à long terme sur une saison complète ou plus couplé à des outils de mesure plus précis (vidéo, plateformes de force, capteurs inertiels) permettrait non seulement de valider les effets dans la durée, mais aussi de mieux individualiser les contenus en fonction des profils moteurs et des besoins spécifiques de chaque joueur.

7. Conclusion

Les objectifs de cette étude étaient multiples : observer les effets d'un programme de mobilité articulaire ciblée, en mesurer l'impact sur les performances athlétiques de jeunes footballeurs, et comparer deux modalités d'intervention, l'une basée sur des exercices de mobilité simple, l'autre intégrant une légère résistance.

Il nous semblait pertinent d'analyser si la mise en place d'un programme structuré, basé d'une part sur des exercices de mobilité dynamique, et d'autre part sur une approche combinée avec une

résistance légère, pouvait améliorer de façon significative certaines qualités comme l'équilibre, la stabilité ou encore la puissance unilatérale. À travers cette étude, nous avons également cherché à déterminer si l'ajout de résistance permettait de potentialiser les effets de la mobilité simple.

De ce fait, nous nous sommes posé les questions suivantes : est-ce que la mise en place d'un protocole de mobilité articulaire ciblé permet d'améliorer la performance athlétique chez des jeunes joueurs de football en formation ? Et, parmi les deux modalités testées, l'une d'entre elles présente-t-elle une efficacité supérieure ?

Au vu des résultats détaillés dans la partie 5, nous pouvons confirmer que les deux stratégies mises en place ont permis des progrès significatifs, notamment sur le Y-Balance Test, indicateur fiable de stabilité et de contrôle moteur. Ces améliorations confirment plusieurs hypothèses formulées en amont de cette recherche (H1 et H3), et valident l'intérêt d'intégrer un travail de mobilité dans la préparation physique du jeune footballeur.

En revanche, les résultats n'ont pas permis de mettre en évidence une supériorité claire du protocole combinant résistance et mobilité par rapport au protocole basé uniquement sur la mobilité dynamique. Les deux modalités présentent des effets relativement similaires sur la plupart des indicateurs, ce qui laisse penser qu'un programme simple, bien structuré, suffit à produire des bénéfices concrets, y compris sans matériel spécifique.

Ces résultats apportent des informations pertinentes, directement transférables sur le terrain. Ils viennent compléter les travaux existants sur le développement moteur chez l'adolescent, en mettant l'accent sur une approche pratique, peu coûteuse, et adaptable à différentes structures. Dans une logique de formation, cette étude contribue à enrichir la réflexion des éducateurs, préparateurs physiques et responsables de sections sportives.

Néanmoins, il est important de replacer ces conclusions dans le cadre des limites évoquées (voir 6.2), notamment la durée relativement courte du protocole, l'absence de suivi individualisé de la maturation biologique, ou encore l'exécution autonome d'une semaine de travail par les joueurs. Ces éléments devront être pris en compte dans les futures recherches.

À long terme, ce travail ouvre des perspectives intéressantes pour la structuration d'un programme standardisé de développement de la mobilité articulaire, adapté aux besoins des jeunes en croissance.

Bibliographie

- Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Zahiri, A., Hadjizadeh Anvar, S., Goudini, R., Hicks, J. P., Konrad, A., & Behm, D. G. (2023). Resistance training induces improvements in range of motion: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 53(5), 707–722. DOI: [10.1007/s40279-022-01804-x](https://doi.org/10.1007/s40279-022-01804-x)
- Blimkie, C. J. R. (1993). Resistance training during preadolescence : Issues and controverses. *Sports Medicine*, 7(4), 265–297. DOI : [10.2165/00007256-199315060-00004](https://doi.org/10.2165/00007256-199315060-00004)
- Bosquet, L., Léger, L., & Legros, P. (2002). *Methods to determine aerobic endurance*. *Sports Medicine*, 32(11), 675–700. DOI : [10.2165/00007256-200232110-00002](https://doi.org/10.2165/00007256-200232110-00002)
- Cazorla, G. (2010). Analyse de l'évolution des exigences des matchs de football. [Référence AREAPS Cazorla](#)
- Cejudo, A., Armada-Zarco, J. M., & Izzo, R. (2024). Age is a new indicator of long-ball kicking performance in young soccer players: Analysing kinanthropometry, flexibility and strength. *Applied Sciences*, 14(19), 9052. DOI : [org/10.3390/app14199052](https://doi.org/10.3390/app14199052)
- Cometti, G. (2002). *La préparation physique au football*. Éditions Amphora.
- Diakhaté, D. G. (2010). Rôle de la mobilité articulaire dans la performance et rôle des ajustements posturaux. [Référence Thèse Djiby Guissé Diakhaté](#)
- Djaoui, L. (2017). Analyse des performances physiques et des incidences physiologiques d'un match de football de haut niveau. [Référence Thèse Léo Djaoui](#)
- Donti, O., Konrad, A., Panidi, I., P. C., & Bogdanis, G. C. (2022). *Is there a “window of opportunity” for flexibility development in youth ? A systematic review with meta-analysis*. *Sports Medicine - Open*, 8, [Article 88](#).
- Fédération Française de Football (FFF). (2023). *Statistiques des licenciés - Saison 2023-2024*. [Référence nombres de licenciés FFF 2023-2024](#)
- FIFA. (2007). Big Count 2006 : Statistical Summary Report by FIFA. *FIFA Digital Hub*. [Référence FIFA Big Count 2006](#)
- FIFA. (2021). *The Football Landscape*. FIFA Vision 2020–2023. [Référence The Football Landscape FIFA](#)
- FIFA. (2023). *Professional Football Report 2023*. FIFA. [Référence Professional Football Report 2023](#)
- Godinho, I., Pinheiro, B. N., Scipião Júnior, L. D. G., Chaves, G. L., Cavalcante, J. F., Monteiro, G. M., & Uchoa, P. A. G. (2019). Effect of reduced ankle mobility on jumping performance in

- young athletes. *Motricidade*, [15\(2-3\), 4-11](#)
- Hammami, M. A. (2013). Effet de l'entraînement sur l'anthropométrie, les performances physiques et les réponses des axes somatotrope et cortico-gonadotrope chez l'adolescent footballeur de haut niveau [Thèse de doctorat, Université Rennes 2]. HAL Archives Ouvertes. [Référence Thèse Hammami, M. A](#)
 - Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1925–1931. DOI : [10.1097/00005768-200111000-00019](#)
 - INSEE. (2018). *Pratiques sportives des Français : Une analyse à partir des données des licences et clubs sportifs*. [Référence INSEE](#)
 - Jacquet, A. (2000). *C'est quoi le foot ?* Albin Michel.
 - Lenssen, A. F., van Dam, E. M., Crijns, Y. H., Dambregt, M., van der Wees, P. J., & Geesink, R. J. (2007). *Reproducibility of goniometric measurement of the knee in patients with osteoarthritis*. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 8(63). DOI : [10.1186/1471-2474-8-83](#)
 - Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2nd ed.). Human Kinetics. [Référence Malina](#)
 - McHugh, M.P., & Cosgrave, C.H. (2010). To stretch or not to stretch: The role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 169-181. DOI: [10.1111/j.1600-0838.2009.01058.x](#)
 - Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689–694. DOI : [10.1097/00005768-200204000-00020](#)
 - Mombaerts, E. (1999). *Pédagogie du football : Apprendre à jouer ensemble par la pratique du jeu*. Vigot.
 - Philippaerts, R., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 221-230. DOI : [10.1080/02640410500189371](#)
 - Prilutsky, B. I., & Zatsiorsky, V. M. (1994). Tendon action of two-joint muscles: Transfer of mechanical energy between joints during jumping, landing, and running. *Journal of Biomechanics*, 27(1), 25–34. DOI : [10.1016/0021-9290\(94\)90029-9](#)
 - Rabaño-Muñoz, A., Suarez-Arrones, L., Requena, B., & Asian-Clemente, J. (2024). Relative match load in young professional soccer players during Soccer-7 and Soccer-11. *International*

Journal of Sports Medicine, 45(2), 134–140. DOI: [10.1055/a-2192-8704](https://doi.org/10.1055/a-2192-8704)

- Siwecka, G., Wodka-Natkaniec, E., Niedźwiedzki, Ł., Świtoń, A., & Niedźwiedzki, T. (2022). Relationship between the hip range of motion and functional motor system movement patterns in football players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(7), 904–909. DOI : [10.23736/S0022-4707.21.12679-9](https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12679-9)
- Skopal, L. K., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2024). Application of mobility training methods in sporting populations : A systematic review of performance adaptations. *Journal of Sports Sciences*, 42(1), 46–60. DOI : [10.1080/02640414.2024.2321006](https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2321006)
- Teichmann, J., Burchardt, H., Tan, R., & Healy, P. D. (2021). Hip Mobility and Flexibility for Track and Field Athletes. *Advances in Physical Education*, 11(2), [221-231](#).
- WebMD. (2023). *Difference between passive and active range of motion* (Medically reviewed by Tyler Wheeler, MD). [Différence mobilité active et passive](#)
- Weineck, J. (1983). *Manuel d'entraînement : théorie et pratique*. 4^e édition française. Paris : Vigot.
- Ziane, R. (2016). Comment travailler et entretenir l'explosivité et l'efficacité dans le geste sportif ?. *Val de Marne*, [1, 1-1](#)

Annexes :

	Joueurs U14				Joueurs U15			
	Date	Taille (cm)	Masse (Kg)	Age	Date	Taille (cm)	Masse (kg)	Age
	24/01/2025	182,5	70,8	14	24/01/2025	183,2	82,1	15
	24/01/2025	150,5	38,8	13	24/01/2025	184,4	87,9	14
	24/01/2025	156,5	37,6	13	24/01/2025	172,3	53,7	15
	24/01/2025	170	68,9	13	24/01/2025	173,6	62,3	15
	24/01/2025	166,4	58,3	14	24/01/2025	169	63	15
	24/01/2025	170	51,9	13	24/01/2025	169,2	61,9	14
	24/01/2025	166,5	45,1	13	24/01/2025	158,8	40,8	15
	24/01/2025	149,3	33,9	13	24/01/2025	177,8	60,4	14
	24/01/2025	160,5	45,9	13	24/01/2025	163,8	49,1	14
	24/01/2025	145	33,2	13	24/01/2025	162,5	49,7	15
	24/01/2025	156,3	42,9	13	24/01/2025	169,7	80,1	15
	24/01/2025	166	43,8	13	24/01/2025	175	63,5	14
	24/01/2025	153,3	43,5	13	24/01/2025	166	59,8	14
	24/01/2025	145,6	41,1	13	24/01/2025	185,6	71,7	14
					24/01/2025	178	69	14
					24/01/2025	160,7	47,6	14

Tous les joueurs	Taille (cm)	Masse (kg)	Age
Moyenne	166,20	52,98	13,8
Ecart-type	11,19	11,39	0,8

Groupe témoin	Années d'âge	Taille (cm)	Masse (kg)
Moyenne	14,1	169,48	55,21
Ecart-type	0,74	9,82	17,69

Groupe mobilité	Années d'âge	Taille (cm)	Masse (kg)
Moyenne	13,6	167,21	53,89
Ecart-type	0,70	11,63	12,98

Groupe mobilité avec résistance	Années d'âge	Taille (cm)	Masse (kg)
Moyenne	13,8	162,27	49,83
Ecart-type	0,92	12,47	10,97

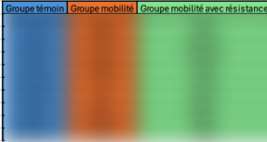


Image 2 : Présentation des différents groupes expérimentaux.

Tableau 3 : Caractéristiques anthropométriques et physiques en fonction des groupes en pré-test

	Groupe témoin	Groupe mobilité	Groupe mobilité avec résistance
Années d'âge	14,1±0,74	13,6±0,70	13,8±0,92
Taille (cm)	169,48±9,82	167,21±11,03	162,27±12,47
Masse (kg)	55,21±17,69	53,89±12,98	49,83±10,97
IMC	19,15±2,21	19,00±2,83	18,68±1,70
Dorsiflexion (cm)	8,5±2,8	10,4±3,4	10±3,6
Flexion genou (°)	135±3,6	137±4,3	136±3,6
Extension genou (°)	-4±2,2	-3±2,3	-3,0±2,1
Rotation interne hanche (°)	36±5,0	36±11,6	33±6,8
Rotation externe hanche (°)	49±5,4	52±8,3	49±7,2
Flexion latérale tronc (cm)	21±3,0	22±3,2	20±1,8
Single Hop Test (cm)	1,68±0,28	1,55±0,21	1,47±0,16
Triple Hop Test (cm)	4,59±1,77	4,87±0,57	4,97±0,41
Triple Crossover Test (cm)	4,48±1,75	4,60±0,65	4,69±0,53
Y Test D – Antérieur (cm)	87,65±6,13	89,69±6,45	89±4,83
Y Test D – Postérolatéral (cm)	83±8,59	78±7,67	74±6,77
Y Test D – Postéromédial (cm)	80±9,42	76±7,33	74±5,17
Y Test G – Antérieur (cm)	87±8,91	89±5,74	90±6,47
Y Test G – Postérolatéral (cm)	80,63±10,14	78±6,94	78±9,52
Y Test G – Postéromédial (cm)	81±8,07	78±6,94	76±7,65
Séance d'entraînement par semaine (n)	2	2	2

Tableau 4 : Caractéristiques anthropométriques et physiques en fonction des groupes en post-test

	Groupe témoin	Groupe mobilité	Groupe mobilité avec résistance
Années d'âge	14,3±0,67	13,6±0,70	13,9±0,99
Taille (cm)	170,45±10,09	167,58±11,23	162,98±13,02
Masse (kg)	56,32±18,42	54,28±13,19	50,92±11,89
IMC	19,30±2,32	19,03±2,78	18,89±1,86
Dorsiflexion (cm)	10,0±3,0	11,5±3,5	11,4±3,3
Flexion genou (°)	135±4,9	137±5,1	137±4,8
Extension genou (°)	-1±1,8	-2±1,1	-1±1,6
Rotation interne hanche (°)	38±7,7	43±12,3	37±4,9
Rotation externe hanche (°)	53±4,1	57±6,8	54±6,6
Flexion latérale tronc (cm)	23±2,2	23±3,0	23±3,3
Single Hop Test (cm)	1,87±0,14	1,83±0,11	1,71±0,14
Triple Hop Test (cm)	5,01±1,86	5,41±0,29	5,22±0,77
Triple Crossover Test (cm)	5,44±0,70	5,00±0,60	4,58±1,76
Y Test D – Antérieur (cm)	89,69±7,25	97,29±7,41	97±4,54
Y Test D – Postérolatéral (cm)	85±9,06	85±9,03	81±8,32
Y Test D – Postéromédial (cm)	82±9,90	84±8,24	81±5,91
Y Test G – Antérieur (cm)	90±10,08	97±6,56	98±7,18
Y Test G – Postérolatéral (cm)	82,75±10,79	85±8,02	85±10,23
Y Test G – Postéromédial (cm)	83±8,55	84±8,44	82±7,79
Séance d'entraînement par semaine (n)	2	2	2

Tableau 5 : Statistiques descriptives (n = 60) des variables de mobilité articulaire et de performance athlétique – Moyennes, médianes, écarts-types, valeurs minimales et maximales, indices de Kurtosis, et résultats du test de normalité de Shapiro-Wilk.

Résultats

Statistiques descriptives

Statistiques descriptives

	N	Manquants	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum	Maximum	Kurtosis		Shapiro-Wilk	
								Kurtosis	Erreur standard	W	p
Dorsiflexion (cm)	60	0	10.21	9.90	3.219	3.00	16.60	-0.5391	0.608	0.984	0.636
Flexion genou (°)	60	0	135.92	135.00	4.331	128	143	-1.3903	0.608	0.921	<.001
Extension genou (°)	60	0	-2.25	-2.00	2.096	-8	2	0.5360	0.608	0.950	0.015
Rotation interne hanche (°)	60	0	37.12	37.50	8.523	20	68	3.6051	0.608	0.894	<.001
Rotation externe hanche (°)	60	0	52.15	52.00	6.928	39	73	0.3598	0.608	0.981	0.459
Flexion latérale tronc (cm)	60	0	22.31	22.50	2.812	18.00	30.00	-0.3174	0.608	0.962	0.061
Single Hop Test (cm)	60	0	1.68	1.67	0.223	1.07	2.09	0.2777	0.608	0.976	0.283
Triple Hop Test (cm)	60	0	5.00	5.20	1.116	0.00	6.54	12.3293	0.608	0.705	<.001
Triple Crossover Test (cm)	60	0	6.27	5.00	11.108	0.00	90.60	59.1618	0.608	0.160	<.001
Y Test D – Antérieur (cm)	60	0	91.63	91.70	6.949	79.50	114.00	0.5873	0.608	0.975	0.247
Y Test D – Postérolatéral (cm)	60	0	81.05	81.60	8.700	60.60	102.70	-0.0741	0.608	0.994	0.989
Y Test D – Postéromédial (cm)	60	0	79.25	79.70	8.119	60.20	95.20	-0.2978	0.608	0.979	0.398
Y Test G – Antérieur (cm)	60	0	91.38	91.45	8.139	73.40	108.80	-0.2529	0.608	0.983	0.562
Y Test G – Postérolatéral (cm)	60	0	81.34	80.75	9.342	61.20	106.60	0.1305	0.608	0.984	0.598
Y Test G – Postéromédial (cm)	60	0	80.76	81.45	8.279	61.60	95.90	-0.2784	0.608	0.980	0.420

Tableau 6 : Résultats du test de Wilcoxon (pré vs post) – Groupe 1

			Statistique	p		Taille de l'effet
Dorsiflexion pré(cm)	Dorsiflexion post (cm)	W de Wilcoxon	2.00	0.011	Corrélation entre rangs bisériés	-0.927
Flexion genou pré (°)	Flexion genou post (°)	W de Wilcoxon	16.00 ^a	0.469	Corrélation entre rangs bisériés	-0.289
Extension genou pré (°)	Extension genou post (°)	W de Wilcoxon	4.50 ^b	0.121	Corrélation entre rangs bisériés	-0.679
Rotation interne hanche pré (°)	Rotation interne hanche post (°)	W de Wilcoxon	1.00	0.008	Corrélation entre rangs bisériés	-0.964
Rotation externe hanche pré (°)	Rotation externe hanche post (°)	W de Wilcoxon	5.50 ^a	0.050	Corrélation entre rangs bisériés	-0.756
Flexion latérale tronc pré (cm)	Flexion latérale tronc post (cm)	W de Wilcoxon	12.00	0.125	Corrélation entre rangs bisériés	-0.564
Single Hop Test pré (cm)	Single Hop Test post (cm)	W de Wilcoxon	0.00 ^a	0.009	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Triple Hop Test pré (cm)	Triple Hop Test post (cm)	W de Wilcoxon	4.00	0.014	Corrélation entre rangs bisériés	-0.855
Triple Crossover Test pré (cm)	Triple Crossover Test post (cm)	W de Wilcoxon	6.00	0.027	Corrélation entre rangs bisériés	-0.782
Y Test D – Antérieur pré (cm)	Y Test D – Antérieur post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.002	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test D – Postérolatéral pré (cm)	Y Test D – Postérolatéral post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.006	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test D – Postéromédial pré (cm)	Y Test D – Postéromédial post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.002	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test G – Antérieur pré (cm)	Y Test G – Antérieur post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.006	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test G – Postérolatéral pré (cm)	Y Test G – Postérolatéral post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.002	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test G – Postéromédial pré (cm)	Y Test G – Postéromédial post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.002	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000

Note. $H_a: \mu_{\text{Mesure 1}} - \mu_{\text{Mesure 2}} \neq 0$

^a 1 paire(s) de valeurs étaient rattachées

^b 3 paire(s) de valeurs étaient rattachées

Tableau 7 : Résultats du test de Wilcoxon (pré vs post) – Groupe 2

Test t pour échantillons appariés

			Statistique	p		Taille de l'effet
Dorsiflexion pré(cm)	Dorsiflexion post (cm)	W de Wilcoxon	0.00 ^a	0.009	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Flexion genou pré (°)	Flexion genou post (°)	W de Wilcoxon	9.50 ^b	0.261	Corrélation entre rangs bisériés	-0.472
Extension genou pré (°)	Extension genou post (°)	W de Wilcoxon	1.50 ^d	0.041	Corrélation entre rangs bisériés	-0.893
Rotation interne hanche pré (°)	Rotation interne hanche post (°)	W de Wilcoxon	2.00 ^a	0.017	Corrélation entre rangs bisériés	-0.911
Rotation externe hanche pré (°)	Rotation externe hanche post (°)	W de Wilcoxon	4.50 ^a	0.037	Corrélation entre rangs bisériés	-0.800
Flexion latérale tronc pré (cm)	Flexion latérale tronc post (cm)	W de Wilcoxon	1.50	0.009	Corrélation entre rangs bisériés	-0.945
Single Hop Test pré (cm)	Single Hop Test post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.002	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Triple Hop Test pré (cm)	Triple Hop Test post (cm)	W de Wilcoxon	13.50	0.169	Corrélation entre rangs bisériés	-0.509
Triple Crossover Test pré (cm)	Triple Crossover Test post (cm)	W de Wilcoxon	10.00	0.084	Corrélation entre rangs bisériés	-0.636
Y Test D – Antérieur pré (cm)	Y Test D – Antérieur post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.002	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test D – Postérolatéral pré (cm)	Y Test D – Postérolatéral post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.006	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test D – Postéromédial pré (cm)	Y Test D – Postéromédial post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.006	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test G – Antérieur pré (cm)	Y Test G – Antérieur post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.002	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test G – Postérolatéral pré (cm)	Y Test G – Postérolatéral post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.006	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test G – Postéromédial pré (cm)	Y Test G – Postéromédial post (cm)	W de Wilcoxon	0.00	0.002	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000

Note. H_a $\mu_{\text{Mesure 1}} - \mu_{\text{Mesure 2}} \neq 0$

^a 1 paire(s) de valeurs étaient rattachées

^b 2 paire(s) de valeurs étaient rattachées

^d 3 paire(s) de valeurs étaient rattachées

Tableau 8 : Résultats du test de Wilcoxon (pré vs post) – Groupe 3

Test t pour échantillons appariés

			Statistique	p		Taille de l'effet
Dorsiflexion pré(cm)	Dorsiflexion post (cm)	W de Wilcoxon	0.00 ^a	0.014	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Flexion genou pré (°)	Flexion genou post (°)	W de Wilcoxon	22.50	0.645	Corrélation entre rangs bisériés	-0.182
Extension genou pré (°)	Extension genou post (°)	W de Wilcoxon	2.00 ^a	0.030	Corrélation entre rangs bisériés	-0.889
Rotation interne hanche pré (°)	Rotation interne hanche post (°)	W de Wilcoxon	18.50	0.375	Corrélation entre rangs bisériés	-0.327
Rotation externe hanche pré (°)	Rotation externe hanche post (°)	W de Wilcoxon	6.00	0.030	Corrélation entre rangs bisériés	-0.782
Flexion latérale tronc pré (cm)	Flexion latérale tronc post (cm)	W de Wilcoxon	11.00 ^b	0.192	Corrélation entre rangs bisériés	-0.511
Single Hop Test pré (cm)	Single Hop Test post (cm)	W de Wilcoxon	1.50	0.009	Corrélation entre rangs bisériés	-0.945
Triple Hop Test pré (cm)	Triple Hop Test post (cm)	W de Wilcoxon	19.00	0.432	Corrélation entre rangs bisériés	-0.309
Triple Crossover Test pré (cm)	Triple Crossover Test post (cm)	W de Wilcoxon	7.00 ^b	0.076	Corrélation entre rangs bisériés	-0.689
Y Test D – Antérieur pré (cm)	Y Test D – Antérieur post (cm)	W de Wilcoxon	0.00 ^b	0.009	Corrélation entre rangs bisériés	-1.000
Y Test D – Postérolatéral pré (cm)	Y Test D – Postérolatéral post (cm)	W de Wilcoxon	9.00	0.064	Corrélation entre rangs bisériés	-0.673
Y Test D – Postéromédial pré (cm)	Y Test D – Postéromédial post (cm)	W de Wilcoxon	3.00	0.010	Corrélation entre rangs bisériés	-0.891
Y Test G – Antérieur pré (cm)	Y Test G – Antérieur post (cm)	W de Wilcoxon	8.00 ^b	0.097	Corrélation entre rangs bisériés	-0.644
Y Test G – Postérolatéral pré (cm)	Y Test G – Postérolatéral post (cm)	W de Wilcoxon	4.50 ^b	0.038	Corrélation entre rangs bisériés	-0.800
Y Test G – Postéromédial pré (cm)	Y Test G – Postéromédial post (cm)	W de Wilcoxon	1.50 ^b	0.015	Corrélation entre rangs bisériés	-0.933

Note. H_a $\mu_{\text{Mesure 1}} - \mu_{\text{Mesure 2}} \neq 0$

^a 2 paire(s) de valeurs étaient rattachées

^b 1 paire(s) de valeurs étaient rattachées

Tableau 9 : Résultats de l'ANOVA unidirectionnelle de Kruskal-Wallis sur les deltas scores

Kruskal-Wallis

	χ^2	ddl	p	ε^2
Dorsiflexion (cm)	1.935	2	0.380	0.0667
Flexion genou (°)	0.307	2	0.858	0.0106
Extension genou (°)	2.038	2	0.361	0.0703
Rotation interne hanche (°)	5.028	2	0.081	0.1734
Rotation externe hanche (°)	1.926	2	0.382	0.0664
Flexion latérale tronc (cm)	4.126	2	0.127	0.1423
Single Hop Test (cm)	3.428	2	0.180	0.1182
Triple Hop Test (cm)	1.912	2	0.384	0.0659
Triple Crossover Test (cm)	0.552	2	0.759	0.0197
Y Test D – Antérieur (cm)	17.851	2	<.001	0.6156
Y Test D – Postérolatéral (cm)	14.987	2	<.001	0.5168
Y Test D – Postéromédial (cm)	19.118	2	<.001	0.6592
Y Test G – Antérieur (cm)	15.352	2	<.001	0.5294
Y Test G – Postérolatéral (cm)	15.515	2	<.001	0.5350
Y Test G – Postéromédial (cm)	15.402	2	<.001	0.5311

Tableau 10 : Résultats des pré-tests de mobilité articulaire

Joueurs	Dorsiflexion (cm)	Flexion genou (°)	Extension genou (°)	Rotation interne hanche (°)	Rotation externe hanche (°)	Flexion latérale tronc (cm)	Groupe
	15,8	137	-2	25	58	18	Groupe 1
	12,5	140	-1	65	68	23,5	Groupe 1
	8	139	-2	34	48	22	Groupe 1
	8,3	132	0	40	40	19	Groupe 1
	12	132	-4	25	58	21,3	Groupe 1
	9	140	-3	39	43	27	Groupe 1
	15	142	-3	38	52	23,5	Groupe 1
	5,2	132	-4	35	52	27	Groupe 1
	8,3	140	-1	28	45	19	Groupe 1
	9,5	131	-8	30	55	24	Groupe 1
	14	135	-3	32	39	20	Groupe 2
	9	138	-4	37	43	20,5	Groupe 2
	3	134	-1	30	56	20,5	Groupe 2
	7	139	-2	38	45	23,5	Groupe 2
	8	132	-2	41	45	18,5	Groupe 2
	8	132	-1	28	42	19	Groupe 2
	13	129	-6	39	48	21,5	Groupe 2
	13,7	139	0	20	54	19,5	Groupe 2
	12	140	-6	40	62	18,5	Groupe 2
	12	137	-1	28	52	23	Groupe 2
	9,8	134	-3	34	53	23,8	Groupe 3
	8,5	131	-8	28	41	21	Groupe 3
	8,5	139	-2	41	46	24	Groupe 3
	13	133	0	42	52	19	Groupe 3
	5	133	-4	36	55	22,5	Groupe 3
	10	132	-5	37	42	22	Groupe 3
	4	132	-3	40	46	21	Groupe 3
	6,5	132	-4	28	48	18	Groupe 3
	9,2	141	-6	32	50	23,7	Groupe 3
	11,2	139	-5	38	57	23,2	Groupe 3
Groupe 3	Dorsiflexion (cm)	Flexion genou (°)	Extension genou (°)	Rotation interne hanche (°)	Rotation externe hanche (°)	Flexion latérale tronc (cm)	
Moyenne	8,6	134,6	-4,0	35,6	49,0	21,8	
Écart-type	2,8	3,6	2,2	5,0	5,4	2,1	
Groupe 1	Dorsiflexion (cm)	Flexion genou (°)	Extension genou (°)	Rotation interne hanche (°)	Rotation externe hanche (°)	Flexion latérale tronc (cm)	
Moyenne	10,4	136,5	-2,8	35,9	51,9	22,4	
Écart-type	3,4	4,3	2,3	11,6	8,3	3,2	
Groupe 2	Dorsiflexion (cm)	Flexion genou (°)	Extension genou (°)	Rotation interne hanche (°)	Rotation externe hanche (°)	Flexion latérale tronc (cm)	
Moyenne	10,0	135,5	-2,6	33,3	48,6	20,5	
Écart-type	3,4	3,5	2,0	6,5	7,0	1,9	

Tableau 11 : Résultats des pré-tests de performance athlétique.

Joueurs	Single Hop Test (cm)	Triple Hop Test (cm)	Triple Crossover Test (cm)	Y Test D - Antérieur (cm)	Y Test D - Postérolatéral (cm)	Y Test D - Postéromédial (cm)	Y Test G - Antérieur (cm)	Y Test G - Postérolatéral (cm)	Y Test G - Postéromédial (cm)	Groupe
	1,37	4,58	4,27	105,8	80,2	70,2	98	82,4	83,4	Groupe 1
	1,54	4,64	3,6	83,4	71,2	73,4	79,4	69,5	72,2	Groupe 1
	1,66	5,15	5,25	90,9	82,8	84,3	87,2	80,2	83,2	Groupe 1
	1,44	3,84	4,18	84,7	66,6	67,7	87,7	73,4	66,2	Groupe 1
	1,35	4,65	3,66	90,6	69,5	67,4	91,6	72,5	69,6	Groupe 1
	1,91	5,94	5,43	92,6	90,8	88,4	95,9	90,5	87,2	Groupe 1
	1,61	5,25	5,21	90,2	80,6	80,2	90,4	73,6	75,2	Groupe 1
	1,66	4,52	4,65	87,2	76,3	73,7	85,8	77,4	75,5	Groupe 1
	1,73	5,3	4,73	86,7	74,5	74,7	87,4	74,3	71,6	Groupe 1
	1,21	4,84	4,98	84,8	86,2	83,4	81,8	87,8	83,5	Groupe 1
	1,58	5,22	5,81	92,5	80,6	71,4	98,6	88,8	85,4	Groupe 2
	1,53	5,64	4,28	87,7	82,3	85,3	89,7	70,5	78,7	Groupe 2
	1,48	4,53	4,85	86,4	75,6	72,7	88,3	75,5	74,4	Groupe 2
	1,48	5,09	4,91	94,8	70,4	73,6	80,6	88,2	83,8	Groupe 2
	1,53	5,24	5,23	89,9	81,4	77,4	90,7	93,4	80,8	Groupe 2
	1,6	5,33	4,62	96,8	74,5	67,4	91,8	69,2	64,4	Groupe 2
	1,07	4,5	4,23	79,6	67,6	73,3	77,3	75,6	76,6	Groupe 2
	1,55	4,76	4,38	90,3	60,6	67,1	96,9	64,2	61,6	Groupe 2
	1,51	4,98	4,51	88,7	76,3	74,7	90,8	78,7	77,6	Groupe 2
	1,32	4,39	4,1	86,8	76,8	72,5	90,6	73,3	76,6	Groupe 2
	1,64	5,2	5,19	90,2	81,7	79,7	89,9	82,8	80,5	Groupe 2
	2,07	0	5,71	95,5	97,9	93,4	99,3	98,3	95,8	Groupe 3
	2,01	6,15	0	90,6	92,5	0	85,4	80,6	79,6	Groupe 3
	1,6	4,28	3,53	80,7	69,6	60,2	73,4	70,2	65,4	Groupe 3
	1,7	5,8	5,74	92,9	84,7	80,7	94,5	85,5	82,3	Groupe 3
	1,65	5,44	5,07	79,5	84,2	84,2	75,6	81,2	87,7	Groupe 3
	1,61	4,13	3,86	85,2	72,4	69,2	91,3	61,2	76,5	Groupe 3
	1,15	4,63	5,09	81,5	82,8	84,2	79,5	80,8	82,5	Groupe 3
	1,5	4,4	4,7	84,6	78,4	76,7	87,8	76,2	77,2	Groupe 3
	1,87	5,9	5,86	95,8	88,8	84,7	97,4	89,5	87,3	Groupe 3
Groupe 3	Single Hop Test (cm)	Triple Hop Test (cm)	Triple Crossover Test (cm)	Y Test D - Antérieur (cm)	Y Test D - Postérolatéral (cm)	Y Test D - Postéromédial (cm)	Y Test G - Antérieur (cm)	Y Test G - Postérolatéral (cm)	Y Test G - Postéromédial (cm)	
Moyenne	1,68	4,59	4,48	87,65	83,30	79,94	87,41	80,63	81,48	
Écart-type	0,26	1,77	1,75	6,13	8,59	9,42	8,91	10,14	8,07	

Groupe 1	Single Hop Test (cm)	Triple Hop Test (cm)	Triple Crossover Test (cm)	Y Test D - Antérieur (cm)	Y Test D - Postérolatéral (cm)	Y Test D - Postéromédial (cm)	Y Test G - Antérieur (cm)	Y Test G - Postérolatéral (cm)	Y Test G - Postéromédial (cm)
Moyenne	1,55	4,87	4,60	89,69	77,87	76,34	88,52	78,16	76,76
Écart-type	0,21	0,57	0,65	6,45	7,67	7,33	5,74	6,94	7,10

Groupe 2	Single Hop Test (cm)	Triple Hop Test (cm)	Triple Crossover Test (cm)	Y Test D - Antérieur (cm)	Y Test D - Postérolatéral (cm)	Y Test D - Postéromédial (cm)	Y Test G - Antérieur (cm)	Y Test G - Postérolatéral (cm)	Y Test G - Postéromédial (cm)
Moyenne	1,47	4,97	4,69	89,35	74,41	73,54	89,53	77,74	75,99
Écart-type	0,16	0,41	0,53	4,83	6,77	5,17	6,47	9,52	7,65

Tableau 12 : Résultats des post-tests de mobilité articulaire

Joueurs	Dorsiflexion (cm)	Flexion genou (°)	Extension genou (°)	Rotation interne hanche (°)	Rotation externe hanche (°)	Flexion latérale tronc (cm)	Groupe
	16,3	141	-2	30	61	19,5	Groupe 1
	14	143	0	68	73	24,3	Groupe 1
	7,4	140	-2	41	59	24	Groupe 1
	11,5	130	-2	43	55	20,5	Groupe 1
	13	135	-2	30	52	23	Groupe 1
	10	138	-1	37	48	28	Groupe 1
	16,6	140	-1	57	58	27	Groupe 1
	6	130	-3	48	57	25,4	Groupe 1
	9	142	-1	31	52	19,5	Groupe 1
	11	131	-4	44	55	22,5	Groupe 1
	15,3	140	-3	39	52	21	Groupe 2
	9,7	142	-4	37	43	23,5	Groupe 2
	5	134	1	38	53	23,8	Groupe 2
	9	140	0	39	47	25	Groupe 2
	11,5	132	0	42	55	23	Groupe 2
	9	129	-1	30	50	19,3	Groupe 2
	15	133	-2	38	58	24,4	Groupe 2
	14	140	-1	33	63	23	Groupe 2
	12	135	0	43	60	18,2	Groupe 2
	13,5	143	0	42	62	30	Groupe 2
	10	130	-3	29	50	25,3	Groupe 3
	9	132	-3	32	50	25	Groupe 3
	9,5	143	-2	49	52	27	Groupe 3
	13,5	139	-2	41	49	19,4	Groupe 3
	5	128	2	35	58	22	Groupe 3
	12	133	-2	43	46	20	Groupe 3
	7	134	0	39	50	21	Groupe 3
	7,6	139	0	29	51	18,4	Groupe 3
	10	133	1	33	55	25,2	Groupe 3
	11,2	140	-4	39	60	23,4	Groupe 3
Groupe 3	Dorsiflexion (cm)	Flexion genou (°)	Extension genou (°)	Rotation interne hanche (°)	Rotation externe hanche (°)	Flexion latérale tronc (cm)	
Moyenne	9,5	135,1	-1,3	36,9	52,1	22,7	
Écart-type	2,5	4,9	1,9	6,5	4,3	2,9	

Groupe 1	Dorsiflexion (cm)	Flexion genou (°)	Extension genou (°)	Rotation interne hanche (°)	Rotation externe hanche (°)	Flexion latérale tronc (cm)
Moyenne	11,5	137,0	-1,8	42,9	57,0	23,4
Écart-type	3,5	5,1	1,1	12,3	6,8	3,0

Groupe 2	Dorsiflexion (cm)	Flexion genou (°)	Extension genou (°)	Rotation interne hanche (°)	Rotation externe hanche (°)	Flexion latérale tronc (cm)
Moyenne	11,4	136,8	-1,0	38,1	54,3	23,1
Écart-type	3,1	5,0	1,6	4,7	6,4	3,2

Tableau 13 : Résultats des post-tests de performance athlétique.

Joueurs	Single Hop Test (cm)	Triple Hop Test (cm)	Triple Crossover Test (cm)	Y Test D – Antérieur (cm)	Y Test D – Postérolatéral (cm)	Y Test D – Postéromédial (cm)	Y Test G – Antérieur (cm)	Y Test G – Postérolatéral (cm)	Y Test G – Postéromédial (cm)	Groupe
	1,84	5,69	5,19	114	84,9	79,5	107,9	88,8	87,7	Groupe 1
	1,7	4,87	3,97	88,1	76,9	83,5	85,5	76	80,7	Groupe 1
	1,86	5,36	4,78	95	93,2	93,2	97,5	84,2	95,2	Groupe 1
	1,7	5,54	5	90,8	71,4	75,2	96,9	83,1	72,4	Groupe 1
	1,65	4,91	3,99	101,8	78,6	72,5	96,6	77,2	75,4	Groupe 1
	1,91	5,62	5,75	96,9	102,7	94,7	106	97,3	95,9	Groupe 1
	1,99	5,61	5,42	102	85,7	85,5	96,2	78,9	82,7	Groupe 1
	1,87	5,13	5,05	98,5	86,3	76,7	93,6	84,1	80,4	Groupe 1
	1,85	5,67	5,39	93	81,5	84,4	93,5	80,7	79,9	Groupe 1
	1,89	5,18	5,48	92,8	91,9	95,2	91,3	99,5	94,6	Groupe 1
	2,01	6,54	6,7	100	91,6	79,7	108,8	93,8	90,6	Groupe 2
	1,76	5,78	5,38	95,1	88,5	94,5	94,7	75,5	84,8	Groupe 2
	1,65	4,39	4,39	96,1	82,2	77,3	98,8	81,5	82,4	Groupe 2
	1,64	5,27	5,02	101,6	74,2	81,6	87,5	93,5	91,3	Groupe 2
	1,78	5,19	5,2	98,9	86,4	81,4	103	106,6	90,5	Groupe 2
	1,69	5,42	5,21	101,9	83	75,4	100,7	77,8	70,4	Groupe 2
	1,45	3,66	3,86	86,6	75,6	78,1	84,8	83,2	80,2	Groupe 2
	1,69	5,45	5	96,6	63,5	72,3	102,3	73,2	69	Groupe 2
	1,79	5,06	4,81	94,9	80,1	82,2	99	82,3	83	Groupe 2
	1,66	5,43	5	93,4	87,2	82,5	96,8	80,3	82,1	Groupe 2
	1,87	6,11	5,82	92,8	82,2	80,9	93,6	83,1	82,2	Groupe 3
	2,06	6,46	5,71	95,8	98,1	93,7	99,3	98,3	95,8	Groupe 3
	2,09	6,13	6,9	92,6	86,8	85,7	81,2	80	85,5	Groupe 3
	1,72	4,9	4,57	80,7	70,2	82	73,9	70,8	66	Groupe 3
	1,83	5,44	5,58	98,4	92,7	84,7	96,6	92	87,6	Groupe 3
	1,75	4,85	5,02	83	85	86,1	84,2	81,3	92,2	Groupe 3
	1,65	5,34	4,83	85,8	73	70,1	91,7	63	77,2	Groupe 3
	1,89	4,83	5,07	81,8	82,9	84,7	80	80,9	82,7	Groupe 3
	1,95	0	4,91	86	81,5	78,1	88	77	77	Groupe 3
	1,88	6,01	5,97	96	89,2	85,5	98	91,1	88	Groupe 3

Groupe 3	Single Hop Test (cm)	Triple Hop Test (cm)	Triple Crossover Test (cm)	Y Test D – Antérieur (cm)	Y Test D – Postérolatéral (cm)	Y Test D – Postéromédial (cm)	Y Test G – Antérieur (cm)	Y Test G – Postérolatéral (cm)	Y Test G – Postéromédial (cm)
Moyenne	1,87	5,01	5,44	89,29	84,16	81,15	88,65	81,75	83,42
Écart-type	0,14	1,86	0,70	6,55	8,38	9,10	8,60	10,36	8,55

Groupe 1	Single Hop Test (cm)	Triple Hop Test (cm)	Triple Crossover Test (cm)	Y Test D – Antérieur (cm)	Y Test D – Postérolatéral (cm)	Y Test D – Postéromédial (cm)	Y Test G – Antérieur (cm)	Y Test G – Postérolatéral (cm)	Y Test G – Postéromédial (cm)
Moyenne	1,83	5,36	5,00	97,29	85,31	84,04	96,50	84,98	84,49
Écart-type	0,11	0,32	0,60	7,41	9,03	8,24	6,56	8,02	8,44

Groupe 2	Single Hop Test (cm)	Triple Hop Test (cm)	Triple Crossover Test (cm)	Y Test D – Antérieur (cm)	Y Test D – Postérolatéral (cm)	Y Test D – Postéromédial (cm)	Y Test G – Antérieur (cm)	Y Test G – Postérolatéral (cm)	Y Test G – Postéromédial (cm)
Moyenne	1,71	5,22	5,06	96,51	81,23	80,50	97,64	84,77	82,43
Écart-type	0,14	0,77	0,73	4,54	8,32	5,91	7,18	10,23	7,79

Tableau 14 : Données anthropométriques et classification du profil de maturation biologique des joueurs U14/U15 selon le maturity offset

Date de naissance	Date de mesure	Taille debout (cm)	Taille assise (cm)	Poids (kg)	Âge	Maturity offset	Âge estimé PHV	Joueurs	Profil maturation	Groupe
05/01/2011	24/01/2025	182,5	143,5	70,8	14,06	1,69	12,37		Post-PHV	G1
26/05/2011	24/01/2025	150,5	125	38,8	13,7	-3,15	16,83		Pré-PHV	G2
13/07/2011	24/01/2025	156,5	128	37,6	13,5	-3,01	16,56		Pré-PHV	G1
12/10/2011	24/01/2025	170	140,5	68,9	13,3	0,75	12,55		Post-PHV	G1
20/01/2011	24/01/2025	166,4	135	58,3	14	-0,39	14,42		Pré-PHV	G3
27/06/2011	24/01/2025	170	133,5	51,9	13,6	-1,01	14,60		Pré-PHV	G2
11/06/2011	24/01/2025	166,5	132	45,1	13,6	-1,83	15,47		Pré-PHV	G1
30/08/2011	24/01/2025	149,3	124,9	33,9	13,4	-3,69	17,10		Pré-PHV	G2
17/07/2011	24/01/2025	160,5	133	45,9	13,5	-1,96	15,49		Pré-PHV	G1
21/05/2011	24/01/2025	145	121	33,2	13,7	-3,95	17,64		Pré-PHV	G1
23/10/2011	24/01/2025	156,3	120,5	42,9	13,3	-2,68	15,95		Pré-PHV	G3
09/03/2011	24/01/2025	166	129	43,8	13,9	-2,02	15,91		Pré-PHV	G3
15/10/2011	24/01/2025	153,3	125,3	43,5	13,3	-2,63	15,91		Pré-PHV	G2
12/09/2011	24/01/2025	145,6	119,5	41,1	13,4	-3,21	16,59		Pré-PHV	G2
06/02/2010	24/01/2025	183,2	140	62,1	15	0,94	14,03		Post-PHV	G3
28/03/2010	24/01/2025	184,4	142,8	67,9	14,8	1,65	13,19		Post-PHV	G2
20/02/2010	24/01/2025	172,3	138,2	53,7	14,9	-0,43	15,36		Pré-PHV	G1
24/02/2010	24/01/2025	173,6	139,5	62,3	14,9	0,58	14,35		Post-PHV	G2
02/01/2010	24/01/2025	169	132,5	63	15,1	0,37	14,70		Pré-PHV	G3
16/10/2010	24/01/2025	169,2	138	61,9	14,3	0,20	14,09		Pré-PHV	G3
13/01/2010	24/01/2025	158,8	129	40,8	15	-2,48	17,52		Pré-PHV	G3
29/05/2010	24/01/2025	177,8	136,6	60,4	14,7	0,41	14,26		Pré-PHV	G1
18/10/2010	24/01/2025	163,8	132,2	49,1	14,3	-1,45	15,72		Pré-PHV	G2
08/01/2010	24/01/2025	162,5	133,8	49,7	15,1	-1,29	16,35		Pré-PHV	G2
26/01/2010	24/01/2025	169,7	135,2	60,1	15	0,12	14,89		Pré-PHV	G2
30/12/2010	24/01/2025	175	138,9	63,5	14,1	0,55	13,53		Post-PHV	G1
20/02/2010	24/01/2025	166	136	59,8	14,9	-0,05	14,98		Pré-PHV	G1
14/08/2010	24/01/2025	185,6	140,2	71,7	14,5	1,93	12,53		Post-PHV	G3
04/04/2010	24/01/2025	176	134	60	14,8	0,27	14,55		Pré-PHV	G3
04/06/2010	24/01/2025	160,7	134,5	47,6	14,7	-1,62	16,27		Pré-PHV	G3



Fiche tests de mobilité articulaire

Tests	Objectifs	Matériels	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Dorsiflexion (Cheville)	Mesure de la dorsiflexion	Mur, goniomètre	Pied face au mur, mesure distance ou angle.	Talon reste au sol.	
Flexion (Genou)	Amplitude de flexion maximale	Goniomètre	Plier genou au maximum, mesurer l'angle.	Absence de douleur.	
Extension (Genou)	Amplitude d'extension maximale	Goniomètre	Jambe tendue, vérifier alignement, mesurer hyperextension éventuelle.	Absence de douleur ou compensation.	
Rotation interne/externe (Hanche)	Évaluer la rotation interne et externe	Goniomètre, table d'examen	Tourner la jambe assise à 90°, mesurer angle rotation interne/externe.	Amplitude normale (interne : 40-45°, externe : 45-50°).	
Flexion latérale (Tronc)	Mesurer la flexion latérale du tronc	Ruban de mesure ou marqueur mural	Inclinaison latérale, mesurer distance main-sol.	Mouvement fluide et sans douleur.	

Image 3 : Fiche des tests de mobilité articulaire.

Fiche tests de performance athlétique

Tests	Objectifs	Matériels	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Single Hop Test	Puissance unilatérale	Ruban de mesure, surface plane	Saut explosif sur une jambe, mesurer la distance.	Réception stable, sans déséquilibre.	
Triple Hop Test	Explosivité et endurance dynamique	Ruban de mesure, surface plane	Trois sauts consécutifs sur une jambe, mesurer la distance totale.	Stabilité et absence de déséquilibres majeurs.	
Triple Crossover Test	Coordination et puissance multidirectionnelle	Ruban de mesure, ligne tracée	Trois sauts latéraux croisant une ligne centrale, mesurer la distance totale.	Coordination fluide, réception stable.	
Y Test	Équilibre fonctionnel et stabilité	Ruban de mesure, bandes adhésives	Atteindre dans trois directions à partir d'une jambe d'appui, mesurer les distances.	Stabilité sur la jambe d'appui.	

Image 4 : Fiche des tests de performance athlétique.



Fiche mobilité articulaire Groupe 1 semaine 0-2

Exercices	Durée / Répétitions	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Échauffement : Mobilisations générales	5 minutes	Effectuer des petits cercles de chevilles, rotations de hanches et étirements dynamiques pour mobiliser les articulations.	Mobilité améliorée, absence de raideur ou douleur.	
Cheville : Étirement dynamique en fente avant (dorsiflexion)	3 séries de 12 répétitions par jambe	En position de fente avant, effectuez des flexions pour mobiliser la cheville.	Amplitude complète sans douleur, talon reste au sol.	
Genou : Flexion du genou allongé	3 séries de 12 répétitions par jambe	Assis, tournez le tibia, déplacez puis fléchissez le genou à fond en alternant rotations interne et externe.	Mouvement fluide et sans tension excessive.	
Hanche : '90/90 stretch' avec rotations internes et externes	Maintenir chaque position pendant 10 secondes, 3 séries	En position assise au sol, placez les jambes à 90° et effectuez des rotations lentes pour mobiliser la hanche.	Position stable et contrôlée, absence de compensation.	
Tronc : Rotations dynamiques avec bâton	3 séries de 15 répétitions par côté	Tenez un bâton derrière le cou et effectuez des rotations latérales contrôlées avec le tronc.	Rotation complète sans douleur ni restriction.	

Image 5 : Fiche entraînement mobilité articulaire simple semaine 0 à 2.



Fiche mobilité articulaire Groupe 1 semaine 2-4

Exercices	Durée / Répétitions	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Échauffement : Mobilisations générales	5 minutes	Effectuer des cercles des chevilles, rotations des hanches, et étirements dynamiques du tronc pour mobiliser les articulations.	Mobilité améliorée, absence de douleur ou raideur.	
Cheville : Étirement soléaire contre un mur	3 séries de 20 secondes par jambe	Poser les orteils en tirant au maximum le pied vers le haut (avance le torse sur le mur)	Amplitude complète sans douleur, talon reste au sol.	
Genou : Étirement en fente basse	3 séries de 10 secondes par jambe	En position de fente basse, appuyez doucement sur le genou avant pour étirer la partie postérieure.	Position stable, genou aligné avec le pied.	
Hanche : Rotation contrôlée en position quadrupédique	3 séries de 10 cercles par jambe	En position à quatre pattes, effectuez des cercles lents avec une jambe en maintenant le bassin stable.	Mouvement fluide, sans basculement du bassin.	
Tronc : Flexion latérale assise	3 séries de 15 secondes par côté	Assis au sol, inclinez lentement le torse d'un côté en atteignant le sol avec une main	Amplitude maximale sans douleur, posture droite maintenue.	

Image 6 : Fiche entraînement mobilité articulaire simple semaine 2 à 4.



Fiche mobilité articulaire Groupe 1 semaine 4-6

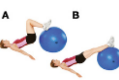
Exercices	Durée / Répétitions	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Échauffement : Mobilisations générales	5 minutes	Effectuer des cercles des chevilles, rotations des hanches, et étirements dynamiques du tronc pour mobiliser les articulations.	Mobilité améliorée, absence de douleur ou raideur.	
Cheville : Élévation mollets avec déficits	3 séries de 30 secondes	Surélevez les talons, laissez-les descendre pour étirer les mollets, puis remontez en poussant sur les orteils avec une contraction d'une seconde avant de redescendre.	Amplitude complète sans douleur	
Genou : Flexion de genou sur balle suisse, ou allongé sur le dos	3 séries de 20 secondes	Placez les talons sur une balle suisse, poussez les fessiers vers le plafond, tendez les genoux au maximum, puis revenez en fléchissant les genoux autant que possible.	Extension complète des genoux et un mouvement fluide sans compensation, tout en maintenant une bonne stabilité et alignement du bassin.	
Hanche : Étirement actif en "grenouille"	3 séries de 15 secondes	À genoux, genoux ouverts et pieds collés au sol, poussez doucement les hanches vers l'arrière.	Mobilité accrue sans douleur ni tension excessive.	
Tronc : Étirement thoracique en ouverture	3 séries de 10 répétitions par côté	Allongé sur le côté, genoux fléchis, tendez un bras devant vous et ouvrez-le lentement jusqu'à l'arrière.	Amplitude maximale sans douleur, épaules et bassin stables.	

Image 7 : Fiche entraînement mobilité articulaire simple semaine 4 à 6.



Fiche mobilité articulaire Groupe 1 semaine 6-8

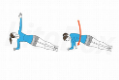
Exercices	Durée / Répétitions	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Échauffement : Mobilisations générales	5 minutes	Effectuer des cercles des chevilles, rotations des hanches, et étirements dynamiques du tronc pour mobiliser les articulations.	Mobilité améliorée, absence de douleur ou raideur.	
Cheville : marche à pied à talons	3 séries de 30 secondes	Effectuez 5 allers-retours de 10 pas, d'abord sur la plante des pieds avec les talons levés, puis sur les talons avec les orteils levés.	Maintenir un équilibre stable et un contrôle postural tout au long des mouvements, sans poser les talons ou les orteils au sol selon la phase.	
Genou : Écrasement et écartement avec balle	2 minutes par genou	Compressez une balle derrière votre genou, mobilisez le pied, puis abaissez la fesse vers le talon.	Compression stable de la balle, une mobilité fluide du pied dans toutes les directions, et un contact complet de la fesse avec le talon sans douleur.	
Hanche : Étirement en croisé	3 séries de 15 secondes par côté	En position assise, croisez une jambe au-dessus de l'autre et tournez lentement le torse vers le côté opposé.	Amplitude maximale sans douleur, posture droite maintenue	
Tronc : Planche avec rotation de tronc	3 séries de 10 répétitions par côté	En position de planche haute, tournez lentement votre torse en levant un bras vers le plafond, puis revenez à la position initiale et alternez les côtés.	Maintenir une ligne droite du corps (sans affaissement du bassin), une rotation fluide du tronc, et un bon alignement entre le bras levé et l'épaule sans perte d'équilibre.	

Image 8 : Fiche entraînement mobilité articulaire simple semaine 6 à 8.



Fiche mobilité articulaire Groupe 2 semaine 0-2

Exercices	Durée / Répétitions	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Échauffement : Mobilisations générales	5 minutes	Effectuer des cercles des chevilles, rotations des hanches, et étirements dynamiques du tronc pour mobiliser les articulations.	Mobilité améliorée, absence de douleur ou raideur.	
Cheville : Flexion/extension avec élastique	3 séries de 15 répétitions par pied	En position assise, attachez un élastique autour du pied et effectuez des flexions/extensions contre résistance.	Mouvement contrôlé avec amplitude maximale, sans douleur.	
Genou : Squats profonds avec haltères légers	3 séries de 12 répétitions	Tenez un haltère léger contre votre poitrine, descendez en squat profond, puis remontez lentement.	Genoux alignés avec les pieds, amplitude complète sans douleur ni compensation.	
Hanche : Fentes latérales avec charge légère	3 séries de 10 répétitions par côté	Tenez une haltère légère, faites une fente latérale en déplaçant le poids sur une jambe, puis revenez au centre.	Tronc droit, genou aligné avec le pied, mouvement fluide.	
Tronc : Russian twists avec médecine ball	3 séries de 20 répétitions	Asseyez-vous au sol, genoux fléchis, tenez un médecine ball et effectuez des rotations du tronc de gauche à droite.	Rotation complète du tronc sans déséquilibre, mouvement fluide.	

Image 9 : Fiche entraînement mobilité articulaire avec résistance semaine 0 à 2.



Fiche mobilité articulaire Groupe 2 semaine 2-4

Exercices	Durée / Répétitions	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Échauffement : Mobilisations générales	5 minutes	Effectuer des cercles des chevilles, rotations des hanches, et étirements dynamiques du tronc pour mobiliser les articulations.	Mobilité améliorée, absence de douleur ou raideur.	
Cheville : Équilibre dynamique sur surface instable	3 séries de 20 secondes par jambe	Tenez-vous sur un pied sur un coussin instable, ajoutez des mouvements légers (fléchir et tendre le genou) pour augmenter la difficulté.	Maintien de l'équilibre avec genou stable, aucune compensation.	
Genou : Fentes avant avec charge légère	3 séries de 10 répétitions par jambe	Avec un haltère léger, faites un pas en avant en fléchissant le genou, puis revenez à la position de départ.	Alignement genou-pied respecté, absence de douleur ou de déséquilibre.	
Hanche : Pont fessier avec bande élastique	3 séries de 12 répétitions	Allongé sur le dos, pieds au sol, ajoutez une bande élastique autour des genoux et soulevez les hanches.	Amplitude complète sans douleur, genoux écartés pour engager les muscles stabilisateurs.	
Tronc : Planche dynamique avec élévation d'un bras (avec charge légère)	3 séries de 8 répétitions par côté	En position de planche, alternez l'élévation d'un bras en gardant les hanches stables.	Stabilité du tronc et contrôle pendant l'élévation du bras, mouvement fluide.	

Image 10 : Fiche entraînement mobilité articulaire avec résistance semaine 2 à 4.



Fiche mobilité articulaire Groupe 2 semaine 4-6

Exercices	Durée / Répétitions	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Échauffement : Mobilisations générales	5 minutes	Effectuer des cercles des chevilles, rotations des hanches, et étirements dynamiques du tronc pour mobiliser les articulations.	Mobilité améliorée, absence de douleur ou raideur.	
Cheville : Travail de dorsiflexion avec élastique	3 séries de 12 répétitions par jambe	Attachez un élastique à une cheville et tirez-le doucement pour effectuer des mouvements contrôlés de dorsiflexion.	Amplitude complète sans douleur, contrôle du talon au sol.	
Genou : Squats sur une jambe avec appui léger	3 séries de 8 répétitions par jambe	Tenez-vous à une surface stable pour soutien et effectuez des squats unilatéraux lents.	Position stable, mouvement fluide, genou aligné avec le pied.	
Hanche : Élévations latérales avec bande élastique	3 séries de 12 répétitions par jambe	Fixez une bande élastique autour des chevilles et levez une jambe latéralement en maintenant le tronc droit.	Mouvement contrôlé, absence de compensation ou déséquilibre.	
Tronc : Russian twists avec poids supplémentaire	3 séries de 15 répétitions	Asseyez-vous au sol, genoux fléchis, et effectuez des rotations avec un médecine ball plus lourd.	Rotation complète du tronc, stabilité sans déséquilibre.	

Image 11 : Fiche entraînement mobilité articulaire avec résistance semaine 4 à 6.



Fiche mobilité articulaire Groupe 2 semaine 6-8

Exercices	Durée / Répétitions	Procédures	Critères de réussite	Illustrations
Échauffement : Mobilisations générales	5 minutes	Effectuer des cercles des chevilles, rotations des hanches, et étirements dynamiques du tronc pour mobiliser les articulations.	Mobilité améliorée, absence de douleur ou raideur.	
Cheville : Travail dynamique avec élastique	3 séries de 15 répétitions par jambe	Fixez un élastique à une cheville et effectuez des flexions dorsales rapides et contrôlées.	Mouvement fluide, contrôle du talon, amplitude complète.	
Genou : Lunges alternés avec rotation	3 séries de 12 répétitions	Effectuez des fentes avant alternées en tenant un médecine ball, ajoutez une rotation du tronc à chaque descente.	Genou aligné, rotation fluide, absence de compensation.	
Hanche : Étirement actif avec résistance	3 séries de 10 répétitions par côté	En position debout, fixez une bande élastique au-dessus des genoux et poussez les genoux vers l'extérieur.	Contrôle du mouvement, activation des muscles stabilisateurs.	
Tronc : Planche latérale avec élévation de jambe	3 séries de 8 répétitions par côté	En position de planche latérale, levez lentement la jambe supérieure, puis revenez à la position initiale.	Stabilité du tronc et des hanches, absence de déséquilibre.	

Image 12 : Fiche entraînement mobilité articulaire avec résistance semaine 6 à 8.

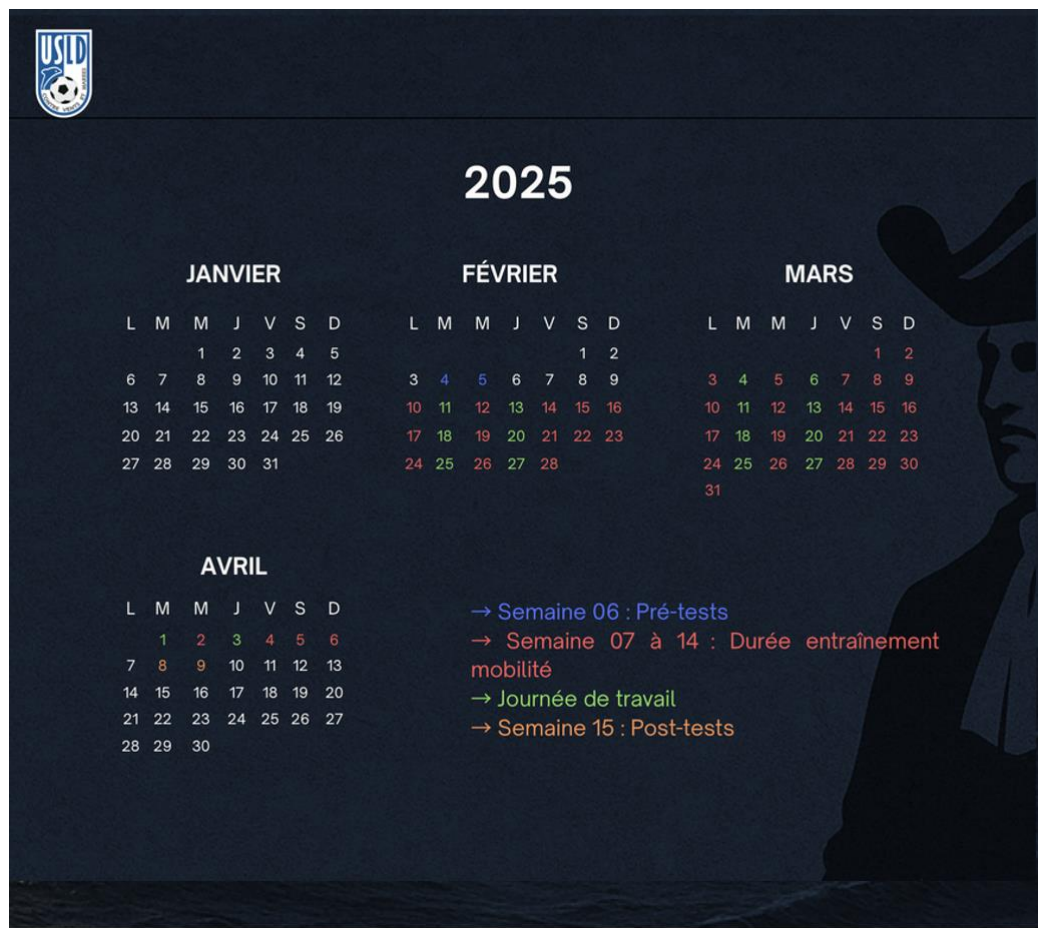


Image 13 : Calendrier du protocole



Figure 1 : Réalisation de la mesure de dorsiflexion de cheville



Figure 2 : Prise de mesure de la flexion du genou



Figure 3 : Prise de mesure de l'extension de genou



Figure 4 et 5 : Prise de mesure de la rotation interne et externe de la hanche



Figure 5 : Prise de mesure de la flexion latérale du tronc

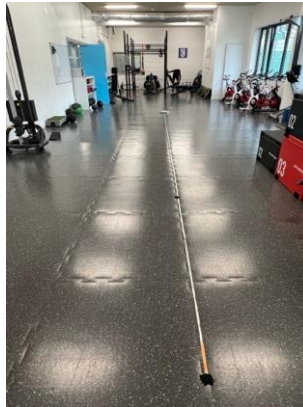


Figure 6 : Mise en place des tests athlétiques

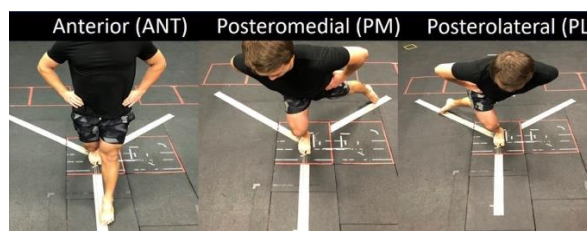


Figure 7 : Mise en place du Y-Test

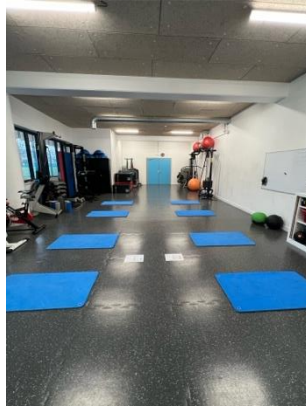


Figure 8 : Mise en place des séances de mobilité en section

Lien 1 : Vidéo explicative de la mesure de la flexion de genou

[Range of Motion Measurement: Knee Flexion](#)

Lien 2 : Vidéo explicative de la mesure de l'extension de genou

[Range of Motion Measurement: Knee Extension](#)

Lien 3 : Vidéo explicative de la mesure de la rotation interne et externe de la hanche

[Evaluation Articulaire de la Hanche Goniometrie ROTATIONS](#)

Lien 4 : Vidéo explicative de la mesure de flexion latérale de hanche

[Examen Clinique du Rachis - Mesure de Flexion Latérale](#)

Lien 5 : Document explicatif de l'utilisation du goniomètre

[Comment utiliser le goniomètre ?](#)

Image 11 : Convention de stage signée de l'ensemble des parties

Fiche de soutenance de mémoire :



Fiche de suivi de mémoire :



Résumé

Objectifs : Le football est un sport exigeant, particulièrement pour les jeunes joueurs en pleine croissance. Parmi les nombreuses qualités physiques impliquées, la mobilité articulaire reste peu étudiée alors qu'elle pourrait influencer directement la performance athlétique. Cette étude a pour objectif d'analyser l'impact d'un programme de développement de la mobilité articulaire sur des qualités athlétiques clés telles que l'équilibre, la puissance et la coordination chez de jeunes footballeurs U14 et U15. Deux modalités d'entraînement ont été comparées : un travail de mobilité articulaire simple et un travail de mobilité associé à une résistance légère.

Matériels et/ou méthode : Un protocole de huit semaines a été mis en place au sein du club de l'USL Dunkerque. Trente jeunes footballeurs (âge = $13,8 \pm 0,8$ ans ; taille = $166,2 \pm 11,18$ cm ; masse = $52,98 \pm 11,39$ kg) ont été répartis en trois groupes : un groupe témoin poursuivant l'entraînement habituel, un groupe suivant un programme de mobilité articulaire simple (mobilisation dynamique des chevilles, genoux, hanches, tronc), et un groupe réalisant un programme combiné (mobilité + renforcement léger avec élastiques ou charges modérées). Chaque groupe était constitué de 10 joueurs de taille équivalente dont la répartition des joueurs s'est appuyée sur leur appartenance ou non à la section sportive, active les mardis et jeudis. Les mesures comprenaient des tests de mobilité articulaire (dorsiflexion, rotation de hanche, flexion du tronc...) et des tests de performance (Single Hop, Triple Hop, Y-Balance Test), réalisés en pré- et post-intervention.

Résultats : Les deux groupes expérimentaux ont présenté des améliorations significatives de l'équilibre fonctionnel, notamment sur le Y-Balance Test ($p < 0,05$), sur l'atteinte antérieure (ex. : +6,2 % en moyenne). Aucune différence n'a été observée entre les deux modalités d'entraînement. Des corrélations modérées à fortes ($r = 0,52$ à $0,68$) ont été identifiées entre l'augmentation de la mobilité de hanche et les performances en saut unilatéral, confirmant un lien positif entre ces deux dimensions. Le groupe témoin n'a montré aucune évolution significative.

Discussion et Conclusion : Un programme structuré de mobilité articulaire, même sans matériel, peut améliorer efficacement l'équilibre et la stabilité chez les jeunes footballeurs. Cette approche simple et peu coûteuse peut être intégrée aux routines d'échauffement ou de récupération pour accompagner le développement moteur durant la croissance. Ces résultats offrent des perspectives concrètes d'application en club et justifient la poursuite d'études à plus grande échelle pour approfondir ces effets à long terme.

Mots-clés : football, mobilité articulaire, performance athlétique, jeunes footballeurs, croissance, équilibre, coordination.

Abstract

Objectives: Football is a demanding sport, especially for young players undergoing growth. Among the many physical qualities involved, joint mobility remains understudied, even though it may directly influence athletic performance. This study aimed to analyze the impact of a joint mobility development program on key athletic qualities such as balance, power, and coordination in U14 and U15 football players. Two training modalities were compared: a simple joint mobility routine and a mobility routine combined with light resistance.

Methods: An eight-week protocol was implemented within the USL Dunkerque football club. Thirty young players (age = 13.8 ± 0.8 years; height = 166.2 ± 11.18 cm; weight = 52.98 ± 11.39 kg) were divided into three groups: a control group continuing their regular training, a group following a simple mobility program (dynamic mobilization of ankles, knees, hips, and trunk), and a group performing a combined program (mobility + light resistance with bands or moderate loads). Each group consisted of 10 players of comparable size, with grouping based on participation in the sports section (active on Tuesdays and Thursdays). Assessments included joint mobility tests (dorsiflexion, hip rotation, trunk flexion) and performance tests (Single Hop, Triple Hop, Y-Balance Test) conducted before and after the intervention.

Results: Both experimental groups showed significant improvements in functional balance, particularly on the Y-Balance Test ($p < 0.05$), with an average increase of +6.2% in anterior reach. No significant difference was found between the two training modalities. Moderate to strong correlations ($r = 0.52$ to 0.68) were observed between hip mobility gains and single-leg jump performance, confirming a positive link between these variables. The control group showed no significant changes.

Discussion and Conclusion: A structured joint mobility program, even without equipment, can effectively improve balance and stability in young football players. This simple, low-cost approach can be integrated into warm-up or recovery routines to support motor development during growth. These findings offer concrete applications for football clubs and justify further large-scale studies to explore long-term effects.

Keywords: football, joint mobility, athletic performance, youth footballers, growth, balance, coordination.

Compétences acquises :

- Organiser : Planifier et mettre en œuvre un protocole expérimental sur huit semaines, coordonner les tests et les séances d'entraînement en tenant compte des contraintes du club et des jeunes joueurs.
- Standardiser : Réalisation de mesures (mobilité, performance athlétique), application de procédures précises pour garantir la validité des données, et conduite d'analyses statistiques appropriées (Wilcoxon, Kruskal-Wallis, corrélations de Spearman).
- Gérer : Encadrement de trois groupes de jeunes joueurs, création et suivi de deux programmes d'entraînement différenciés, adaptation logistique des séances selon les infrastructures et les périodes scolaires.
- Autonomiser : Conception complète du protocole de recherche, mise en œuvre sur le terrain, traitement et interprétation des résultats sans supervision directe constante.
- S'adapter : Capacité à faire face aux imprévus (vacances scolaires, indisponibilité des joueurs), ajustement du déroulé des séances et maintien de la qualité du suivi malgré les contraintes du contexte.

Mots-clés : Planifier, Standardiser, Gérer, Réaliser, S'adapter.