

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 : La méthode complexe permet-elle d'améliorer la vitesse et la capacité de changement de direction chez les joueurs de tennis, tout en augmentant leur force relative ?

Par : Marius VINCENT

Sous la direction de : M. Francois-Xavier GAMELIN

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et
de l'Éducation Physique le : 19/05/2025

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

Remerciements

Je souhaite tout d'abord adresser mes plus sincères remerciements à Monsieur François-Xavier Gamelin pour son encadrement, ses conseils précieux et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son accompagnement m'a permis d'enrichir mes réflexions et de structurer efficacement mon travail, en développant une approche rigoureuse de la recherche appliquée.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur Alexandre Landtsheere pour m'avoir accueilli au sein de son académie, à la Ligue des Hauts-de-France de Tennis. Son exigence, sa rigueur et sa confiance m'ont offert un environnement de travail formateur, dans lequel j'ai pu m'épanouir aussi bien en tant qu'entraîneur qu'en tant que futur préparateur physique. Son implication dans le développement des joueurs et son exigence quotidienne m'ont profondément inspiré tout au long de cette expérience.

Je remercie également Thomas Larchaud, préparateur physique de l'académie, pour sa disponibilité, son expertise et la qualité de nos échanges. Son regard critique et ses conseils pratiques m'ont permis de mieux comprendre les enjeux du suivi physique de joueurs de haut niveau.

Je tiens également à remercier l'ensemble des joueurs pour leur sérieux, leur engagement, leur patience et leur confiance tout au long de la mise en place du protocole expérimental. Leur implication a été essentielle à la réussite de ce travail.

Enfin, je remercie mes amis, qui se reconnaîtront, pour leur soutien indéfectible, leur écoute et leur bienveillance, ainsi que ma famille, pour leur présence constante, leur confiance et leurs encouragements sans faille, qui m'ont porté tout au long de cette année exigeante.

Sommaire

Table des matières

Remerciements.....	1
Sommaire.....	2
Glossaire.....	3
1. Introduction.....	1
2. Revue de la littérature.....	2
2.1. Introduction à la revue.....	2
2.2. Qualités physiques étudiées.....	2
2.2.1. La vitesse et le changement de direction au tennis.....	2
2.2.2. La force relative et son rôle dans la performance.....	5
2.3. Les méthodes combinées.....	8
2.3.1. Définition des méthodes combinées.....	8
2.3.2. Mécanisme des méthodes combinées.....	8
2.3.3. Utilisation de la méthode complexe dans notre protocole.....	10
2.3.4. Avantages de la méthode complexe pour le tennis.....	10
3. Problématique, objectifs et hypothèses.....	11
3.1. Problématique.....	11
3.2. Objectifs.....	12
3.3. Hypothèses.....	12
4. Stage.....	13
4.1. Milieu professionnel.....	13
4.2. Sujets.....	14
4.3. Matériel et techniques de mesure.....	14
4.3.1. Échauffement standardisé.....	15
4.3.2. Évaluation de la vitesse d'accélération : Sprint 5m et 10m.....	15
4.3.3. Évaluation du changement de direction : T-test.....	18
4.3.4. Évaluation de la force relative : 1RM au squat.....	20
4.3.5. Évaluation de la force explosive et de la puissance : Countermovement Jump (CMJ).....	23
4.4. Protocole.....	25
4.4.1. Le déroulement.....	25
4.4.2. Programme des exercices de la séance de la méthode complexe.....	27
4.5. Analyse statistique.....	30
5. Résultats.....	31
5.1. Vitesse linéaire sans changement de direction.....	31
5.1.1. Sprint 5 mètres.....	31
5.1.2. Sprint 10 mètres.....	32
5.2. Vitesse avec changement de direction (T-Test).....	33
5.3. Force explosive (Countermovement Jump).....	35
5.4. Force maximale et relative.....	36
5.4.1. Squat 1RM.....	36
5.4.2. Force relative.....	37
6. Discussion.....	38
6.1. Interprétation.....	38
6.2. Limites.....	40

6.3. Applications sur le terrain.....	41
6.4. Perspectives.....	42
7. Conclusion.....	43
8. Références bibliographiques.....	44
8.1. Ouvrages.....	44
8.2. Articles scientifiques.....	44
8.3. Rapports, documents spécifiques et sites internet.....	50
Compétences acquises au cours du stage.....	53

Index des tableaux

Tableau 1: Données des athlètes.....	14
Tableau 2: Structure de la Séance – Bloc 1.....	28
Tableau 3: Structure de la Séance – Bloc 2.....	28
Tableau 4: Structure de la Séance – Bloc 3.....	28
Tableau 5: Structure de la Séance – Bloc 4.....	29
Tableau 6: Procédés de développement de la force. Tableau de Jean-Bernard Fabre et Caroline Martin d'après les données de Quéting et Perrotte (2006).....	29
Tableau 7: Évolution des performances au sprint 5 mètres (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.....	31
Tableau 8: Évolution des performances au sprint 10 mètres (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.....	32
Tableau 9: Évolution des performances au T-Test (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.....	33
Tableau 10: Évolution des performances au Countermovement Jump (en centimètres) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.....	35
Tableau 11: Évolution des performances au Squat 1RM (en kilogrammes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.....	36
Tableau 12: Évolution des performances de la force relative entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.....	37

Index des figures

Figure 1: Dispositif du T-test.....	19
Figure 2: Le déroulement du protocole.....	27
Figure 3: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au sprint 5 mètres (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).....	32
Figure 4: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au sprint 10 mètres (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).....	33
Figure 5: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au T-Test (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).....	34
Figure 6: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au Countermovement Jump (en centimètres) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).....	35
Figure 7: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au Squat 1RM (en kilogrammes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).....	36
Figure 8: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles de la force relative entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).....	37

Glossaire

BDC : Bas Du Corps

Ca²⁺ : Ions Calcium

CDD : Changement De Direction

CMJ : Countermovement Jump

CNT : Entraînement par méthode de Contraste de charge

CPX : Entraînement par méthode Complexe

ES : Taille d'effet (Effect Size)

H1, H2, H3, H4 : Hypothèse 1, 2, 3, 4

HDC : Haut Du Corps

PAP : Potentiation par Post-Activation

PPS : Préparation Physique Spécifique

RFD : Taux de Développement de la Force (Rate of Force Development)

RM : Répétition Maximale

THD : Triple Hop for Distance

1. Introduction

Le tennis est un sport intermittent à haute intensité, caractérisé par des efforts explosifs répétés, tels que les sprints, les freinages, les changements de direction et les frappes. Il exige une combinaison de qualités physiques fondamentales, notamment la vitesse, la capacité de changement de direction (CDD), et la force relative (Fernandez-Fernandez et al., 2018 ; Martin, 2018). Ces qualités sont reconnues comme des déterminants clés de la performance, car elles conditionnent la capacité du joueur à effectuer des déplacements efficaces, explosifs et répétés tout au long du match, ce qui est essentiel pour atteindre la balle dans de bonnes conditions (Kovacs, 2006 ; Reid & Schneiker, 2008).

La vitesse au tennis ne se limite pas à des accélérations linéaires, mais implique également une capacité à changer de direction rapidement et efficacement. En effet, la majorité des déplacements s'effectue sur de courtes distances, avec peu d'opportunités d'atteindre une vitesse maximale. L'accélération initiale et les déplacements multidirectionnels constituent ainsi des composantes clés de la performance tennistique (Fernandez-Fernandez et al., 2018)

De même, la capacité de changement de direction, qui repose sur un ensemble de compétences motrices complexes, constitue un élément fondamental pour optimiser les déplacements sur le court. Elle implique la capacité à freiner, réaccélérer et modifier rapidement sa trajectoire tout en maintenant le contrôle postural et l'efficacité motrice (Sheppard & Young, 2006)

La force relative est définie comme le rapport entre la force maximale qu'un individu peut produire et sa masse corporelle (Pačes et al., 2016). Cette variable permet d'évaluer la capacité d'un athlète à générer de la force en proportion de son poids corporel, ce qui est particulièrement pertinent dans les disciplines où le corps doit être déplacé rapidement et efficacement, comme le tennis. Il a été démontré que la force relative est étroitement liée aux capacités de puissance, notamment dans les actions de sprint et de saut, qui dépendent fortement du développement de la force maximale rapportée au poids corporel (Wisloff et al., 2004).

Dans un environnement compétitif où les périodes d'entraînement sont souvent courtes et entrecoupées de compétitions régulières, il devient impératif de maximiser l'efficacité de chaque séance. L'entraînement combiné, en particulier la méthode complexe, est une approche qui permet de concilier

le développement de la force et de l'explosivité au sein d'une même séance. Cette méthode, qui consiste à alterner un exercice de force lourd avec un exercice explosif ou pliométrique du même groupe musculaire dans une même séance (Cavaco B. et al., 2014), est particulièrement bénéfique pour optimiser le temps d'entraînement tout en ciblant les qualités physiques essentielles, telles que la force, la puissance et l'explosivité. Ce type d'entraînement permet de stimuler efficacement les fibres musculaires de type II, cruciales pour les mouvements explosifs, sans sacrifier la force maximale.

La question principale qui se pose alors est la suivante : La méthode complexe permet-elle d'améliorer la vitesse et la capacité de changement de direction chez les joueurs de tennis, tout en augmentant leur force relative ? Ce mémoire s'attache à explorer cette problématique en examinant l'impact de la méthode complexe sur ces qualités physiques spécifiques au tennis. L'objectif est d'évaluer, à travers des données précises, les effets de cette méthode combinée sur la performance des joueurs et d'en dégager des pistes concrètes pour optimiser leur entraînement tout en respectant les contraintes physiques et logistiques du tennis de haut niveau.

2. Revue de la littérature

2.1. Introduction à la revue

L'objectif de cette revue de littérature est d'examiner les connaissances scientifiques concernant les qualités physiques essentielles en tennis, à savoir la vitesse, le changement de direction et la force relative, ainsi que l'impact potentiel des méthodes combinées, telles que l'entraînement par contraste de charge et la méthode complexe, sur leur optimisation. Ces qualités sont fondamentales pour la performance tennistique, affectant directement la réactivité et la performance des joueurs sur le terrain.

En explorant les travaux existants, cette revue cherchera à évaluer dans quelle mesure la méthode complexe pourrait jouer un rôle dans le développement de ces qualités physiques, tout en mettant en évidence ses contributions spécifiques dans le cadre du tennis.

2.2. Qualités physiques étudiées

2.2.1. La vitesse et le changement de direction au tennis

Définitions

La vitesse, au tennis, se distingue des autres sports par sa nature multidirectionnelle. Caroline Martin (2018) notamment explique que « la vitesse correspond à la faculté du joueur à se déplacer et changer de direction le plus rapidement possible et pas seulement à sprinter en ligne droite ». Elle souligne que « les joueurs ont besoin de capacités d'accélération linéaires exceptionnelles autant que d'une vivacité latérale et multidirectionnelle ». La vivacité est définie comme la capacité à enchaîner rapidement des mouvements variés et multidirectionnels, sollicitant la force de démarrage, la force de freinage et la capacité à orienter efficacement le corps vers une cible (Vincent, 2020). Elle constitue ainsi une composante clé de la performance dans les sports à déplacements courts et imprévisibles comme le tennis. C.Martin (2018) précise également que la vitesse correspond au « ratio de changement de distance par rapport au temps », tandis que l'accélération est « le changement de vitesse par rapport au temps ». Ainsi, les aptitudes d'accélération et de décélération dépendent en grande partie du taux de développement de la force (RFD), définie selon Maffiuletti et al. (2016) comme la capacité du système neuromusculaire à produire une augmentation rapide de la force dans un délai très court, généralement inférieur à 200 ms. Cette qualité est particulièrement déterminante au tennis, où les actions se déroulent sur des temps très brefs, ne laissant pas suffisamment de temps au joueur pour atteindre sa force maximale. Une RFD élevée permet ainsi d'optimiser les accélérations, les changements de direction et les frappes puissantes dans un laps de temps réduit.

Le CDD repose sur des compétences motrices multiples. Sheppard et Young (2006) le décrivent comme une combinaison de vitesse linéaire, de capacité à décélérer et accélérer rapidement, et de force réactive. Hidalgo et Mazerie (2019) appuient cette définition en expliquant que le CDD implique la capacité de se déplacer efficacement dans plusieurs directions sans perdre en efficacité. Ils ajoutent qu'un joueur de tennis réalise en moyenne quatre changements de direction par point, mettant en évidence l'importance de cette qualité dans le sport. Caroline Martin (2018) rejoint cette analyse en soulignant que la réussite des mouvements de CDD dépend de la capacité du joueur à stabiliser son corps, notamment en abaissant son centre de gravité lors des phases de décélération (Delaney et al., 2015). Enfin, Fernandez et al. (2006) et Costa-Pereira et al. (2016) insistent sur l'importance de la force et de la coordination pour garantir une transition fluide entre les phases de freinage et de réaccélération.

Importance au tennis

La vitesse et le CDD jouent un rôle crucial dans la performance tennistique, influençant directement la capacité du joueur à couvrir le terrain et à maintenir une réactivité du jeu de jambes face aux mouvements de l'adversaire et de la balle. Selon Hidalgo et Mazerie (2019), un joueur masculin de bon niveau effectue en moyenne entre 8 et 12 mètres de déplacement par point, répartis sur environ 3 mètres par action. Bien que ces déplacements soient courts, ils représentent au total entre 300 et 500 actions explosives au cours d'un match. Cette répétition de mouvements met en évidence la nécessité de développer des qualités telles que la vitesse et l'accélération pour maintenir la performance tout au long du match. Fernandez et al. (2006) ajoutent que la maîtrise de ces qualités permet aux joueurs de réagir plus rapidement aux coups de l'adversaire, de couper les trajectoires, et de se repositionner efficacement après chaque frappe.

Caroline Martin et Delaney et al. (2015) soulignent également que le tennis, par sa nature multidirectionnelle, nécessite une combinaison unique d'explosivité, de coordination, et de stabilité. Cette spécificité fait de la vitesse et du CDD des qualités déterminantes pour anticiper les coups adverses et optimiser la réactivité sur le court.

Facteurs influençant ces qualités

La vitesse et les changements de direction sont des compétences essentielles pour les joueurs de tennis, influencées par plusieurs facteurs physiques. La force, la puissance, l'explosivité et l'agilité sont des éléments clés permettant de réaliser ces mouvements rapides et de réagir efficacement aux exigences du jeu. Ces facteurs, lorsqu'ils sont bien développés, facilitent l'exécution des accélérations, des changements de direction et des transitions rapides sur le terrain. Nous allons maintenant examiner ces facteurs influençant ces qualités.

La force joue un rôle clé dans l'exécution des mouvements de changement de direction. Delaney et al. (2015) soulignent que, pour réussir ces mouvements, le joueur doit stabiliser son corps, notamment en abaissant son centre de gravité durant la phase de décélération. Dans cette phase, où la vitesse linéaire est proche de zéro, le joueur doit rapidement surmonter l'inertie pour se propulser efficacement dans la nouvelle direction. Cela nécessite l'application d'une grande quantité de force contre le sol, en

particulier par la génération d'une force excentrique importante lors de l'absorption des forces, comme le précise Caroline Martin (2018).

La plupart des actions musculaires en tennis, telles que les sprints, les changements de direction et les frappes de balle, nécessitent une puissance maximale élevée et une capacité à produire cette puissance rapidement (Caroline Martin, 2018). Selon l'auteur, la puissance est le produit de la force et de la vitesse de contraction musculaire. Autrement dit, un joueur de tennis puissant est celui qui est capable de développer une force importante à une vitesse élevée. Cela est essentiel, notamment lors de sprints ou lors de la décélération soudaine.

La force explosive, quant à elle, entre en jeu dans ce contexte, et est définie par Caroline Martin (2018) comme la capacité du joueur à atteindre un niveau de force donné dans le temps le plus court possible. Un sportif avec une force explosive élevée est ainsi capable de faire varier brusquement sa propre quantité de mouvement, ou celle de sa raquette. Cette capacité est particulièrement importante lors d'actions comme les accélérations soudaines et les changements de direction rapides, où les temps de contact au sol sont très courts (< 100 ms). En effet, le cycle étirement-raccourcissement est activé dans pratiquement toutes les actions explosives en tennis. Ce mécanisme permet aux muscles de se pré-activer par un étirement (phase excentrique) avant de se contracter rapidement (phase concentrique) (Fernandez-Fernandez et al., 2013).

Enfin, l'agilité est un facteur clé du changement de direction. Sheppard et Young (2006) la définissent comme « la capacité à réaliser un mouvement de l'ensemble du corps avec un changement de vitesse ou de direction en réponse à un stimulus ». Cette capacité est essentielle dans des sports comme le tennis, où les déplacements rapides, les adaptations posturales et les changements de direction sont fréquents et déterminants pour la performance. Cette conception de l'agilité intègre non seulement les aspects biomécaniques du mouvement, mais également la capacité à percevoir, analyser et réagir à un signal externe. Comme le précisent Cooke et al. (2011), l'agilité ne se limite donc pas à un simple changement de direction préprogrammé, mais englobe aussi la dimension cognitive de réaction à un stimulus visuel, auditif ou kinesthésique, tel que le déplacement de l'adversaire ou la trajectoire de la balle. Cette composante, qui combine perception et prise de décision rapide, joue un rôle essentiel dans la réactivité du joueur.

2.2.2. La force relative et son rôle dans la performance

Définition

Selon Pačes et al. (2016), la force relative correspond au rapport entre la force maximale produite et la masse corporelle d'un individu, généralement exprimée en Newton par kilogramme (N/kg). Les auteurs précisent que cette variable permet de comparer objectivement les niveaux de force entre individus, indépendamment de leur masse corporelle, et qu'elle constitue un indicateur plus pertinent que la force maximale absolue, souvent influencée par le gabarit. Comme le soulignent également Zatsiorsky et Kraemer (2006), la force relative reflète la capacité d'un athlète à produire une force proportionnelle à sa masse, ce qui s'avère essentiel dans les disciplines où le corps doit être déplacé efficacement, comme le tennis.

Importance au tennis

Dans le contexte tennistique, une force relative élevée est indispensable pour optimiser les phases de décélération, de ré-accélération et les changements de direction (Delaney et al., 2015). Ces qualités spécifiques nécessitent une mobilisation efficace de la force musculaire tout en maintenant une masse corporelle optimale. Caroline Martin (2018) souligne que la capacité individuelle à générer de grandes quantités de force relative sur des périodes courtes est un facteur clé de performance, en particulier pour les sprints et les frappes explosives.

La pertinence de la force relative dans le tennis réside également dans son impact sur l'explosivité et la vitesse. Selon Quéting et Perrotte (2006), un joueur n'a pas nécessairement besoin d'une force maximale absolue très élevée, mais plutôt d'un rapport masse-puissance optimisé pour performer efficacement sur le terrain. En effet, une force maximale relative bien développée améliore non seulement la puissance des frappes, mais aussi la réactivité et les déplacements rapides.

Facteurs influençant cet qualité

Le choix de l'entraînement en musculation est un facteur clé dans le développement de la force relative des joueurs de tennis. Dans cette discipline, il est essentiel d'augmenter la force sans générer une prise de masse excessive, afin de maintenir les qualités de vitesse, d'agilité et de déplacement. Or, un entraînement de musculation basé sur un volume élevé et des charges modérées (environ 65 à 80 % du

1RM) favorise une hypertrophie musculaire importante, ce qui peut induire une augmentation de la masse corporelle (Kraemer & Ratamess, 2004). Cette prise de masse est souvent perçue comme néfaste dans les sports où le poids du corps doit être déplacé rapidement, comme le tennis.

Pour contourner cet effet, de nombreux préparateurs physiques et entraîneurs privilégient des protocoles de force maximale, consistant à utiliser des charges très lourdes (>85 % du 1RM) avec un faible nombre de répétitions (1 à 5). Ce type d'entraînement permet de développer la force neuromusculaire, en activant davantage les fibres rapides, sans engendrer une hypertrophie significative (Stone et al., 2003 ; Kraemer & Ratamess, 2004 ; Zatsiorsky & Kraeme, 2006). Ainsi, cette méthode vise à améliorer la force relative tout en maintenant un poids corporel optimal pour les exigences du tennis.

La génétique joue un rôle clé dans le développement de la force relative d'un individu. Selon Bouchard et al. (2000), la composition des fibres musculaires, qu'elles soient de type I (fibres lentes) ou de type II (fibres rapides), peut être en partie déterminée par des facteurs génétiques. Les fibres de type II, qui sont davantage impliquées dans la production de force et d'explosivité, peuvent conférer un avantage à ceux qui en ont une plus grande proportion. En effet, des études génétiques ont montré que certaines variations génétiques influencent la capacité des muscles à générer de la force, notamment en favorisant un meilleur recrutement des unités motrices (Bouchard et al., 2000). Par conséquent, les athlètes possédant une plus grande proportion de fibres rapides peuvent développer une force élevée sur un temps très court, ce qui représente un avantage dans les disciplines nécessitant des actions explosives, comme le tennis.

Parmi les facteurs influençant la force relative, la nutrition joue un rôle déterminant, notamment dans le contrôle de la masse corporelle. Une alimentation adaptée est essentielle pour maintenir une force relative optimale, particulièrement chez les joueurs de tennis soumis à des variations de charge d'entraînement. Selon Caroline Martin (2018), les besoins énergétiques des joueurs de tennis varient en fonction des phases de l'entraînement. Pendant les périodes de forte intensité, les besoins en glucides augmentent pour soutenir l'effort, tandis que lors des phases d'affûtage ou de compétition, les apports en lipides doivent être modulés pour éviter une prise de masse excessive. En effet, un excès de lipides peut conduire à des apports énergétiques excessifs et à un gain de masse corporelle, ce qui peut nuire aux qualités de vitesse et de réactivité (Ranchordas et al., 2013). Il est donc essentiel de suivre

une alimentation adaptée pour maintenir la force relative tout en optimisant la performance physique sur le court.

2.3. Les méthodes combinées

2.3.1. Définition des méthodes combinées

Les méthodes combinées d'entraînement ont émergé ces dernières décennies pour combiner les avantages de l'entraînement en force et de l'entraînement pliométrique, avec pour objectif d'améliorer la puissance et l'explosivité des athlètes. Selon Patrick Cormier et al. (2020), deux méthodes principales sont utilisées : l'entraînement complexe (CPX) et l'entraînement par contraste (CNT). Bien que les termes soient parfois utilisés de manière interchangeable, Cormier et al. (2020) précisent que la différence fondamentale réside dans la séquence des exercices au sein de la séance.

L'entraînement par contraste, selon Patrick Cormier et al. (2020), implique l'utilisation de charges lourdes effectuées en premier dans la séance, suivies par des exercices de puissance avec des charges légères. Cette alternance de charges contrastées est utilisée pour maximiser l'efficacité de la séance en sollicitant les deux composants de la puissance musculaire.

L'entraînement complexe, défini par Braulio Cavaco (2014), consiste à alterner un exercice de force lourd avec un exercice explosif ou pliométrique du même groupe musculaire dans une même séance. La méthode repose sur la théorie de la potentiation par post-activation (PAP), selon laquelle un exercice de force intense précédant un exercice explosif permet d'améliorer la performance du second grâce à l'activation du système neuromusculaire.

2.3.2. Mécanisme des méthodes combinées

Les deux méthodes combinées reposent sur un mécanisme physiologique commun : la PAP. Ce phénomène est observé après un exercice de résistance intense, créant une condition optimale pour les exercices explosifs qui suivent. Patrick Cormier et al. (2020) expliquent que l'exercice de force lourde augmente l'excitabilité des motoneurones, préparant ainsi les muscles à une contraction plus puissante lors de l'exercice explosif ultérieur.

La PAP permet, entre autres, l'activation de fibres musculaires de type II (Patrick Cormier et al., 2020), essentielles pour les mouvements explosifs. Ce mécanisme a également été expliqué par Didier Reiss et Pascal Prévost (2020) qui soulignent trois facteurs clés : l'augmentation des ions Ca^{2+} , le recrutement accru des unités motrices, et la réduction de l'angle de pennation des fibres musculaires, qui améliorent l'efficacité des contractions suivantes. Selon Didier Reiss et Pascal Prévost (2020), la postactivation potentiation avait en premier lieu été appelée en français la pré-activation pour expliquer que c'était une mise en train avant l'exercice. Les revues de musculation ont rapidement adopté le terme postactivation pour indiquer que cette activation se produisait après l'exercice. Dans la littérature scientifique, le terme potentiation par post-activation est désormais plus couramment utilisé.

Abded Fathi et al. (2018) soulignent que la pliométrie, en tant que méthode spécifique de musculation, est particulièrement efficace pour améliorer l'explosivité et la puissance musculaire. Elle repose sur l'utilisation du cycle étirement-raccourcissement, caractérisé par une phase excentrique rapide, suivie d'une phase isométrique très brève, puis d'une phase concentrique explosive, le tout réalisé en un temps de contact au sol d'environ 250 millisecondes (Duperrex et al., 2016). Lorsqu'elle est combinée à d'autres formes de musculation, notamment le travail en force (85-100 % 1RM) ou en puissance (50-70 % 1RM), cette approche peut s'avérer bénéfique en optimisant le temps d'entraînement et les effets sur la performance. Ces méthodes permettent de maximiser la puissance musculaire tout en réduisant le temps nécessaire pour entraîner la force et la puissance de manière isolée.

Ronaldo Kobal (2017) note que la combinaison d'exercices de musculation et de pliométrie dans une même séance permet d'obtenir des gains plus importants en termes de puissance musculaire par rapport à l'entraînement de force ou pliométrique isolé. Les différentes façons de combiner ces méthodes, telles que des séries de musculation suivies de pliométrie (entraînement complexe), ou bien pliométrie suivie de musculation (entraînement traditionnel), ont chacune leurs avantages spécifiques en fonction des objectifs de l'entraînement.

L'efficacité de ces méthodes combinées a été démontrée dans plusieurs études. Comyns et al. (2010) ont rapporté que des améliorations significatives de la vitesse ont été observées après seulement quatre séances d'entraînement complexe chez des athlètes de rugby. De même, Santos et Janeira (2008) ont noté des améliorations significatives de la force des membres supérieurs et de la poussée après un programme CPX de dix semaines chez des jeunes joueurs de basket-ball.

L'entraînement CPX et l'entraînement par CNT reposent alors sur l'activation neuromusculaire induite par un exercice de résistance lourd suivi d'un exercice explosif, permettant d'améliorer simultanément la force, la puissance et la vitesse des athlètes.

2.3.3. Utilisation de la méthode complexe dans notre protocole

Pour notre protocole d'entraînement, nous avons choisi d'utiliser la méthode CPX, qui consiste en l'alternance d'exercices de force et d'explosivité dans une même séance. Cette méthode implique une séquence d'exercices réalisée en trois étapes consécutives : un premier exercice de force maximale (à 90 % de 1RM) est réalisé, suivi immédiatement d'un exercice plus léger axé sur l'explosivité (à 50 % de 1RM), puis d'un travail spécifique, le plus souvent de type pliométrique.

Le premier exercice lourd est conçu pour activer les unités motrices de manière intense et augmenter l'excitabilité neuromusculaire, favorisant ainsi les conditions optimales pour l'exercice suivant. L'exercice léger, effectué immédiatement après, permet de maximiser la production de puissance musculaire, en tirant parti des effets de la PAP, comme expliqué par Reiss et Prévost (2020). Enfin, le travail pliométrique est ajouté à la fin de la séquence pour solliciter davantage les fibres musculaires de type II, essentielles pour la vitesse et l'explosivité, et pour améliorer la capacité du joueur à effectuer des mouvements explosifs et rapides, tels que les sprints et les changements de direction.

Cette approche s'appuie sur des principes physiologiques solides, où chaque exercice cible un aspect spécifique de la performance musculaire, tout en favorisant la récupération active et l'activation maximale du système neuromusculaire pour les exercices explosifs à venir.

2.3.4. Avantages de la méthode complexe pour le tennis

L'un des principaux avantages de la méthode complexe pour les joueurs de tennis est qu'elle optimise le temps d'entraînement. En combinant des exercices de force et d'explosivité dans une même séance, la méthode complexe permet de maximiser les gains physiques sans nécessiter des séances distinctes pour chaque type d'entraînement. Cela est particulièrement pertinent pour les joueurs qui, en période de compétition, doivent équilibrer leur entraînement physique avec les exigences techniques et tactiques du sport. En travaillant simultanément sur la force et l'explosivité, cette méthode permet de renforcer les capacités physiques sans risquer une diminution de la force maximale, un risque souvent associé à un entraînement exclusivement dédié à l'explosivité.

En effet, la force maximale est considérée comme une qualité fondamentale dans le développement de l'explosivité. En effet, selon Stone et al. (2003), elle contribue de manière significative à la production de puissance, quel que soit le type de charge mobilisée. Les auteurs soulignent que l'amélioration de la force maximale par l'entraînement peut entraîner une amélioration directe de la puissance et de l'explosivité, ce qui est déterminant dans les mouvements réalisés à haute intensité. Cette relation s'explique notamment par une meilleure activation neuromusculaire et une mobilisation plus efficace des fibres de type II, essentielles à la performance explosive.

Ainsi, la méthode complexe, qui combine un exercice de force lourde (par exemple, des squats à haute charge) suivi immédiatement d'un exercice pliométrique léger (comme des sauts), permet de maximiser l'activation des fibres musculaires de type II, responsables des mouvements explosifs. Ce type d'entraînement stimule la potentiation par post-activation, un phénomène qui améliore la performance des exercices explosifs après un travail de force intense, comme l'indiquent Patrick Cormier et al. (2020).

Avec l'utilisation de cette méthode, les joueurs bénéficient non seulement d'une amélioration simultanée de leur force maximale et de leur explosivité, mais aussi d'une approche plus efficace et ciblée de leur entraînement.

3. Problématique, objectifs et hypothèses

3.1. Problématique

Le tennis, sport de haut niveau, nécessite un ensemble de qualités physiques spécifiques telles que la vitesse, le changement de direction, la puissance musculaire et la force relative, afin d'optimiser la performance des joueurs. Cependant, les athlètes professionnels font face à une contrainte importante : leur emploi du temps, principalement constitué de compétitions hebdomadaires, limite le temps disponible pour l'entraînement. De ce fait, les joueurs ne peuvent pas s'engager dans des sessions d'entraînement longues et répétitives, qui risqueraient d'entraîner une fatigue excessive avant les matchs.

Dans ce contexte, la méthode CPX pourrait constituer une solution efficace. Elle combine l'alternance entre des séries lourdes visant la force et des exercices légers axés sur la puissance et l'explosivité,

suivis d'un exercice spécifique de type pliométrique. Cette approche repose sur le principe de la PAP, permettant ainsi d'améliorer simultanément plusieurs qualités physiques. L'objectif est de vérifier si cette méthode peut être appliquée de manière efficace chez les joueurs de tennis de haut niveau, en favorisant des gains rapides et significatifs en force, vitesse, et CDD, tout en respectant les contraintes spécifiques de leur calendrier de compétition.

Dès lors, la question suivante se pose : la méthode complexe permet-elle d'améliorer significativement la vitesse, la capacité de changement de direction et la force relative chez des joueurs de tennis de bon niveau, tout en s'insérant efficacement dans leur programme en cours de saison ?

3.2. Objectifs

L'objectif principal de cette étude est donc d'évaluer l'impact de la méthode CPX sur les qualités physiques essentielles au tennis, notamment la vitesse, le CDD, la force relative et explosive. Il s'agit de déterminer si cette approche peut être bénéfique pour les joueurs.

Les objectifs secondaires incluent l'identification et la sélection des méthodes de mesure appropriées pour évaluer ces différentes qualités, notamment des tests spécifiques pour la vitesse, le CDD, la force relative et explosive, afin de garantir une évaluation précise des effets de l'entraînement.

Ainsi d'examiner la faisabilité de l'application de cette méthode d'entraînement dans le contexte spécifique des tournois de tennis, en tenant compte des contraintes de temps et de la récupération des joueurs.

3.3. Hypothèses

Afin de structurer l'évaluation de l'impact de la méthode CPX sur les performances des joueurs de tennis, quatre hypothèses sont formulées :

- H1 : La méthode complexe améliore la vitesse.
- H2 : La méthode complexe améliore les changements de direction.
- H3 : La méthode complexe améliore la force explosive.
- H4 : La méthode complexe améliore la force relative.

Ces hypothèses sont basées sur l'idée que la méthode CPX, en sollicitant de manière simultanée plusieurs qualités physiques, pourrait constituer un moyen efficace et efficient pour améliorer les performances athlétiques des joueurs de tennis tout en respectant les contraintes de leur calendrier compétitif. L'étude vise à tester la validité de ces hypothèses en mesurant précisément les effets de cette méthode sur les différentes capacités physiques ciblées.

4. Stage

4.1. Milieu professionnel

Mon stage s'est déroulé au sein de l'Académie de Tennis d'Alexandre Landtsheere, l'une des meilleures structures des Hauts-de-France, réputée pour son excellence et pour attirer des joueurs de haut niveau. Les joueurs s'entraînent sur place, à la Ligue des Hauts-de-France, un lieu d'entraînement de référence dans la région. L'académie forme des joueurs professionnels tels que Cyril Vandermeersch (700ème mondial), Robin Catry (1000ème mondial), ainsi que des jeunes talents prometteurs.

Au début de mon stage, mes missions consistaient principalement à assister Alexandre Landtsheere lors des entraînements, en l'aidant à gérer les joueurs et en apportant mes compétences là où cela était nécessaire. Petit à petit, mes responsabilités ont évolué : j'ai pu prendre en charge l'entraînement de certains joueurs et commencer à donner mes propres consignes. À terme, j'ai été amené à remplacer Alexandre lors de ses déplacements, ce qui m'a permis de gérer les séances de manière autonome et d'adapter les entraînements en fonction des besoins des joueurs.

Une autre mission importante a été ma collaboration avec le préparateur physique, Thomas Larchaud, qui entraîne les joueurs trois fois par semaine. J'ai eu l'opportunité de travailler étroitement avec lui sur la création des séances de préparation physique, en apprenant à adapter les exercices aux exigences spécifiques du tennis. À côté de cela, j'étais en charge de concevoir et de diriger une quatrième séance hebdomadaire de préparation physique, pour laquelle j'étais seul responsable. Cela m'a permis de mettre en place mon protocole de mémoire.

Enfin, j'ai suivi certains joueurs en compétition, notamment Cyril Vandermeersch lors du tournoi du Futur 25 000 \$ à Hazebrouck. Cette expérience m'a permis de vivre de l'intérieur la gestion des

joueurs pendant un tournoi, en les accompagnant lors des échauffements et en effectuant des débriefs après chaque match. J'ai également transmis mes retours à Alexandre Landtsheere quand il ne pouvait pas être présent, ce qui a enrichi mes compétences dans la gestion du suivi d'un joueur en situation de compétition.

4.2. Sujets

L'étude a été réalisée auprès de 9 joueurs de tennis issus de l'Académie de Tennis d'Alexandre Landtsheere. Le groupe est composé de 2 joueurs professionnels, dont Cyril Vandermeersch (700ème mondial) et Robin Catry (1000ème mondial), ainsi que de 7 joueurs de haut niveau, tous classés 2^{de} série, avec des classements français variant entre 1/6 et Numéroté. La moyenne d'âge des joueurs est de $20,88 \pm 2,80$ ans, la masse moyenne est de $76,63 \pm 9,50$ kg, et leur expérience en musculation est de $4,13 \pm 1,55$ ans. Ces données permettent de dresser un profil des joueurs participant à l'étude, offrant ainsi une base pour évaluer l'impact des méthodes d'entraînement sur la performance physique.

Tableau 1: Données des athlètes

Groupe	n	Âge (en années)	Poids (en kg)	Expérience en musculation (en années)
Moyenne	9	$20,67 \pm 2,92$	$79,91 \pm 8,87$	$3,89 \pm 1,27$

4.3. Matériel et techniques de mesure

Dans le cadre de cette étude, plusieurs tests ont été utilisés pour évaluer la performance des joueurs en termes de vitesse, de changement de direction, de force relative et de force explosive. Ces tests ont été choisis en raison de leur pertinence pour le développement des qualités physiques essentielles au tennis.

4.3.1. Échauffement standardisé

Afin de garantir la fiabilité des performances et de limiter les biais liés à la variabilité interindividuelle, nous avons choisi de standardiser l'échauffement en amont des tests physiques. Chaque joueur a ainsi suivi notre protocole d'échauffement structuré, conçu pour favoriser une activation optimale, prévenir

les blessures et assurer des conditions de passation comparables entre les participants. Ce protocole, que nous appellerons « échauffement standardisé » dans la suite du mémoire, comprenait :

- 5 minutes de course continue à intensité faible à modérée, afin d'élever progressivement la température corporelle et la fréquence cardiaque ;
- Des exercices de mobilité dynamique : cercles de hanches, rotations de cheville et d'épaules, flexions latérales du tronc ;
- Une activation neuromusculaire progressive : montées de genoux, talons-fesses, fentes dynamiques avant/arrière et pas chassés sur 10 à 15 mètres ;
- 2 à 3 sprints progressifs sur 15 mètres, réalisés à intensité croissante, pour préparer le système neuromusculaire aux efforts explosifs ;
- 2 à 3 sauts verticaux sous-maximaux (type CMJ), à intensité croissante, pour stimuler la filière neuromusculaire avant les tests de puissance.

4.3.2. Évaluation de la vitesse d'accélération : Sprint 5m et 10m

Le test de sprint 0-10m avec un temps pris à 5m consiste à mesurer la vitesse d'un athlète lors de son accélération sur une distance de 10 mètres. Le test est divisé en deux parties : les premiers 5 mètres, où l'athlète commence depuis une position statique ou en mouvement, et les 5 derniers mètres pour lesquels la performance est également mesurée. Le temps total du test est pris lorsque l'athlète franchit les 10 mètres, mais le chronométrage est également enregistré spécifiquement au moment où l'athlète atteint la marque des 5 mètres.

Selon Reiss et Prévost (2020), la phase de départ d'un sprint, en particulier lors des premiers mètres, est cruciale et correspond au départ explosif. Cette phase est caractérisée par l'utilisation de la force explosive pour permettre à l'athlète de surmonter l'inertie et de prendre rapidement de la vitesse. Reiss et Prévost comparent cette étape à un "saut en longueur", où l'athlète génère rapidement une force importante pour initier son mouvement. Ainsi, il est pertinent de considérer que le test sur la distance de 0-5m mesure principalement la force explosive, car il évalue la capacité de l'athlète à produire une poussée rapide et puissante dès le début du sprint.

Pour les distances de 5-10m et 0-10m, les athlètes continuent d'accélérer, mais ils entrent dans une phase d'accélération continue où la puissance explosive et la force générée sont essentielles pour augmenter la vitesse. L'étude de Scheuringer (2024) révèle que le CMJ et le Triple Hop for Distance (THD), qui mesurent la force explosive, montrent des corrélations significatives avec les performances de sprint sur 5-10m et 0-10m. Cela signifie que ces distances de sprint mesurent, en plus de l'accélération, la capacité de l'athlète à maintenir une puissance explosive tout au long du processus d'accélération. Scheuringer (2024) souligne que les tests de sauts horizontaux comme le CMJ et le THD sont particulièrement adaptés pour évaluer les performances sur ces distances, en raison de leur capacité à mesurer la force explosive tout en maintenant un haut niveau d'intensité et de vitesse.

Enfin, les tests de sprint sur les distances de 0-5m, 5-10m et 0-10m permettent d'évaluer différents aspects de la performance athlétique, en particulier la vitesse et les différentes forces utilisées. Le test de 0-5m met en évidence la force explosive nécessaire pour un départ rapide (Reiss et Prévost, 2020), tandis que les distances de 5-10m et 0-10m permettent d'analyser la capacité de l'athlète à augmenter sa vitesse, en sollicitant la puissance et l'accélération (Scheuringer, 2024). Ces tests sont essentiels pour comprendre comment l'athlète génère de la force et adapte ses mouvements au cours du sprint pour atteindre l'accélération la plus rapide, offrant ainsi une évaluation complète des qualités de vitesse d'un joueur de tennis.

Le test de sprint sur 20 mètres, avec des temps intermédiaires à 5 et 10 mètres, est recommandé par Caroline Martin (2018) et validé par Fernandez-Fernandez et al. (2014) pour mesurer la vitesse linéaire et l'accélération, spécifiquement dans le contexte du tennis. Ce test permet d'évaluer la vitesse lors des premiers appuis, ce qui est essentiel pour la réactivité face aux balles adverses, en particulier lors des changements rapides de direction ou des départs explosifs.

Cependant, afin de simplifier le protocole de test et de limiter l'utilisation de matériel, nous avons choisi de ne mesurer que les temps intermédiaires à 5 et 10 mètres. Cette approche permet de se concentrer sur les phases essentielles de l'accélération sans la complexité liée à l'ajout de mesures supplémentaires à 15 ou 20 mètres. En gardant ce protocole plus simple, nous optimisons l'efficacité et la rapidité du test tout en maintenant sa pertinence pour l'évaluation des performances spécifiques au tennis, où les déplacements rapides sur de courtes distances sont fréquents et cruciaux.

Description de notre protocole du sprint

Matériels utilisés :

1. Cellules photoélectriques
2. Mètre ruban de 10m
3. Un terrain de tennis
4. Observateur pour vérifier la précision des distances et des actions

Les cellules photoélectriques sont placées à trois endroits : à la ligne de départ (0 m) et à 5 mètres pour mesurer le temps intermédiaire, et une dernière cellule à la ligne d'arrivée (10 mètres).

Procédure :

1. Échauffement : Chaque athlète effectue l'échauffement standardisé.
2. Démonstration : L'administrateur ou un autre participant doit démontrer la procédure du test.
3. Test : Chaque athlète peut effectuer jusqu'à deux essais sous-maximaux pour se familiariser avec le test.
4. Déroulement : L'athlète commence en position statique à la ligne de départ. Il s'élance lorsqu'il le souhaite et réalise son sprint sur les 10 mètres. Le premier temps est enregistré lorsqu'il franchit la première cellule photoélectrique placée à 5 mètres. Ensuite, l'athlète poursuit son effort jusqu'à la ligne d'arrivée située à 10 mètres, où un second temps est enregistré.
5. Répétitions : Chaque athlète effectue deux essais avec des périodes de repos de deux à trois minutes entre chaque essai, et le meilleur temps est enregistré.

Raisons de disqualification :

- Ne pas franchir correctement la ligne de départ ou d'arrivée.
- Ne pas rester dans le parcours de sprint (par exemple, dévier de la trajectoire).

4.3.3. Évaluation du changement de direction : T-test

Ce test implique des déplacements multidirectionnels – avant, latéraux, et arrière – autour de cônes disposés en forme de "T". L'athlète commence par un sprint de 9,14 mètres vers un cône, puis effectue une série de mouvements latéraux de 4,57 mètres et 9,14 mètres avant de revenir à la position de départ.

Le T-test est un test reconnu pour mesurer l'agilité multidirectionnelle, c'est-à-dire la capacité à effectuer des changements de direction rapides tout en maintenant l'équilibre et la vitesse. Semenick (1990) le définit ainsi : « Le test T est une mesure de l'agilité multidirectionnelle et de la maîtrise du corps. Il évalue la capacité d'un individu à changer rapidement de direction tout en maintenant son équilibre, sans perdre de vitesse. » Ce test évalue donc l'habileté de l'athlète à naviguer efficacement dans plusieurs directions, ce qui est essentiel dans de nombreux sports, notamment le tennis.

En outre, d'après une étude menée par Pauole et al. (2000), l'objectif principal de leur étude était d'évaluer la fiabilité et la validité du T-test comme outil de mesure pour différentes qualités physiques, notamment la vitesse des jambes, la puissance des jambes et l'agilité. Ils ont constaté que le protocole de mesure du T-test, tel que décrit par Semenick, présentait une fiabilité élevée après trois essais. Bien que le T-test soit souvent considéré comme une meilleure évaluation de la vitesse des jambes que de la puissance ou de l'agilité, les analyses de corrélation et de régression ont montré que ce test implique une combinaison de ces trois qualités. En effet, pour les hommes et les femmes, les résultats indiquent que le T-test évalue simultanément la vitesse, la puissance et l'agilité des jambes.

Le T-test est fréquemment utilisé dans les protocoles de tests physiques pour les athlètes de tennis. Caroline Martin (2018) recommande l'utilisation du T-test pour évaluer les capacités de changement de direction en tennis, notamment en raison de sa capacité à tester l'agilité dans un contexte de mouvements multidirectionnels qui sont essentiels dans ce sport. Elle souligne que "les joueurs de tennis sont plus rapides lorsqu'ils réalisent ce test raquette en main" (Sekulic et al., 2017b), ce qui rend le test particulièrement adapté à l'évaluation des capacités spécifiques des athlètes de tennis.

Description de notre protocole du T-test

Matériels utilisés :

1. Quatre cônes
2. Cellules photoélectriques
3. Mètre ruban de 10m
4. Un terrain de tennis
5. Observateur, pour vérifier que les cônes sont bien touchés

Les cônes doivent être disposés comme indiqué dans la figure 1. La distance entre les points A et B est de 9,14 mètres, ainsi que la distance entre les points C et D. Un cône est placé à chaque point : A, B, C, D.

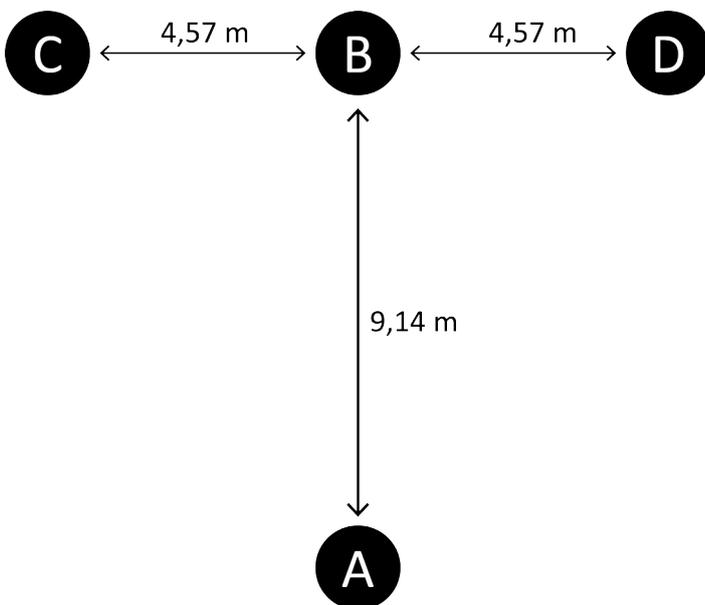


Figure 1: Dispositif du T-test

Procédure :

1. Échauffement : Chaque athlète effectue l'échauffement standardisé.
2. Démonstration : L'administrateur ou un autre participant doit démontrer la procédure du test.
3. Test : Chaque athlète peut effectuer jusqu'à deux parcours d'essai sous-maximaux pour se familiariser avec le test.

4. Déroulement : À partir du point A, l'athlète sprinte jusqu'au point B, touche le cône avec sa main droite, puis se déplace vers la gauche jusqu'au point C, touche ce cône avec sa main gauche, se déplace ensuite vers le point D à droite, touche ce cône, revient au point B à gauche, et rétro pédale jusqu'au point A.

5. Répétitions : Chaque athlète effectue deux essais avec des périodes de repos de deux à trois minutes entre chaque essai, et le meilleur temps est enregistré.

Raisons de disqualification :

- Ne pas toucher la base de l'un des cônes.
- Croiser les pieds lors du déplacement latéral.
- Ne pas garder le devant du corps face aux cônes à tout moment.

4.3.4. Évaluation de la force relative : 1RM au squat

Le test 1RM (une répétition maximale) au squat évalue la capacité maximale d'un athlète à soulever une charge en une seule répétition dans un mouvement de squat. Ce test mesure la force maximale générée lors de l'exercice.

Selon Ruben et al. (2010), ce test utilise un squat arrière en poids libre avec une barre olympique et des plaques de poids. Les athlètes commencent avec la barre placée à la base du cou et effectuent un squat jusqu'à ce que les cuisses soient parallèles au sol. Le test commence par des séries d'échauffement avec 40 à 60 % du 1RM perçu, suivies de séries avec des charges croissantes (60 à 80 %), jusqu'à atteindre la charge maximale qu'ils peuvent soulever une seule fois, avec des pauses de 2 minutes entre chaque série.

Dans notre étude, nous avons suivi le même protocole que Ruben et al. (2010), dont la fiabilité du test a été démontrée avec un indice de corrélation intraclass (ICC) supérieur à 0,90. Cette méthode garantit une évaluation précise et fiable de la force maximale des membres inférieurs des athlètes.

Une fois le 1RM obtenu, il est divisé par la masse corporelle de l'athlète, mesurée à l'aide de la balance Sanitas SBF 73, pour calculer la force relative : $1RM \text{ squat (en kg)} / \text{masse corporelle de l'athlète (en kg)}$. Cela permet de mesurer la force générée en relation avec la taille et le poids de l'athlète.

Le test 1RM au squat est largement reconnu pour évaluer la force maximale qu'un athlète peut générer dans cet exercice spécifique. Ce test permet de mesurer la quantité maximale de poids qu'un athlète peut soulever en une seule répétition, ce qui donne une indication directe de sa force musculaire. Une fois la 1RM obtenue, la force relative est calculée en divisant la 1RM par la masse corporelle de l'athlète, ce qui permet de comparer la force générée par rapport à la taille et au poids de l'athlète, un facteur essentiel dans de nombreux sports.

Selon Grgic et al. (2020), le test 1RM est un outil fiable pour mesurer la force musculaire, indépendamment de l'expérience en résistance, du sexe, de l'âge ou de la familiarisation préalable. Cette étude démontre que, même pour des exercices aussi complexes que le squat, le test 1RM offre une fiabilité robuste, en particulier lorsqu'il est bien exécuté. Cette fiabilité est essentielle pour garantir que les résultats du test reflètent fidèlement la capacité de l'athlète à générer de la force maximale. Ainsi, le test 1RM au squat reste un outil efficace et valide pour évaluer la force maximale des athlètes, même dans des contextes où l'exercice peut être considéré comme complexe.

Le test 1RM est particulièrement recommandé dans le domaine du tennis pour évaluer la force dynamique des joueurs. Selon Caroline Martin (2018), il est essentiel de tester la force dynamique chez les athlètes de tennis, car les changements de performance en force dynamique sont traditionnellement évalués à l'aide de la méthode de la répétition maximale, qui détermine la charge maximale qu'un joueur peut soulever lors d'une seule répétition. Elle fait référence à la méthode des charges libres, qui est couramment utilisée pour évaluer la force maximale fonctionnelle spécifique au sport, comme le souligne Wisloff et al. (2004).

De plus, Caroline Martin (2018) insiste sur l'importance de normaliser les résultats en fonction du poids du corps du joueur, une approche soutenue par Brown et Weir (2001). En effet, l'idée sous-jacente des tests de force maximale est que l'amélioration de la force maximale est souvent associée à une amélioration de la force relative, ce qui, à son tour, entraîne une augmentation de la puissance. Fabre et al. (2014) appuient cette théorie, soulignant que l'amélioration de la force relative contribue à l'optimisation de la puissance, un facteur clé pour les performances athlétiques, notamment dans les sports comme le tennis.

Description de notre protocole du 1RM Squat

Matériels utilisés :

1. Barre olympique
2. Plaques de poids
3. Support de squat autoportant
4. Balance Sanitas SBF 73 pour mesurer la masse corporelle
5. Chronomètre pour gérer les intervalles de repos
6. Un observateur pour s'assurer de la bonne exécution du mouvement

Procédure :

1. Échauffement : Chaque athlète effectue l'échauffement standardisé.
2. Démonstration : L'administrateur ou un autre participant montre l'exécution correcte du mouvement de squat arrière avec la barre.
3. Test :
 - L'athlète commence avec une série d'échauffement en réalisant 5 à 10 répétitions avec 40 à 60 % de son 1RM perçu.
 - Ensuite, l'athlète effectue 3 à 5 répétitions avec des charges de 60 à 80 % du 1RM perçu.
 - Après chaque série, un intervalle de repos de 2 minutes est respecté.
 - L'athlète augmente progressivement les poids jusqu'à atteindre le maximum qu'il peut soulever en une seule répétition.
4. Mesure du poids corporel : La masse corporelle de l'athlète est mesurée à l'aide de la balance Sanitas SBF 73 avant le test pour déterminer la force relative.
5. Calcul du 1RM : Le poids maximal soulevé par l'athlète est enregistré comme son 1RM. Ensuite, la force relative est calculée en divisant le 1RM (en kg) par la masse corporelle de l'athlète (en kg).
6. Répétitions : Chaque athlète effectue le test une fois, et le meilleur 1RM obtenu est enregistré.

Raisons de disqualification :

- Si la technique du squat n'est pas correctement réalisée (par exemple, les cuisses ne sont pas parallèles au sol ou l'athlète ne contrôle pas le mouvement).
- Si l'athlète ne termine pas le mouvement jusqu'à l'extension complète des jambes.
- Si l'athlète se repose de manière inadéquate ou interrompt le test sans respecter les règles d'exécution.

4.3.5. Évaluation de la force explosive et de la puissance : Countermovement Jump (CMJ)

Le Countermovement Jump (CMJ) est un test de saut vertical où l'athlète commence en position debout, fléchit rapidement ses genoux (contre-mouvement) avant de sauter aussi haut que possible, en utilisant uniquement la force générée par ses jambes.

Le Countermovement Jump est un test couramment utilisé pour évaluer la puissance explosive des membres inférieurs, en particulier dans des sports nécessitant des mouvements explosifs, comme le tennis. Dans une étude menée par Souza A.A, et al. (2020), l'objectif était d'évaluer la fiabilité intra-juge des variables mesurées lors du test CMJ. Les variables mesurées comprenaient la puissance de saut, la hauteur du saut, la vitesse de montée, ainsi que la puissance de développement de la force. Cette étude a révélé que la puissance de saut était la variable la plus fiable et que le CMJ pouvait être utilisé pour évaluer de manière précise des changements subtils dans la performance de la puissance musculaire des jambes. L'étude a également mis en évidence le taux de développement de la puissance, bien qu'essentielle, nécessite davantage d'études pour mieux comprendre son rôle dans la performance du CMJ. Ainsi, cette étude suggère que le CMJ mesure la puissance de saut, la capacité à générer de la force rapidement, ainsi que d'autres variables comme la vitesse de montée et la puissance de développement de la force.

De plus, dans une autre étude réalisée par Markovic et al. (2004), les chercheurs ont cherché à déterminer la fiabilité et la validité des tests de saut vertical, y compris le CMJ. Cette étude a mis en évidence que le CMJ, lorsqu'il est mesuré à l'aide d'un tapis de contact relié à une minuterie numérique, est l'un des tests les plus fiables et valides pour évaluer la puissance explosive des jambes. Selon les résultats de cette étude, le CMJ était plus fiable que d'autres méthodes de mesure, comme les tests de saut de portée ou les tests avec ceinture. Ce test a également montré qu'il est particulièrement utile pour mesurer la capacité à produire rapidement de la force avec les membres inférieurs, en particulier pour des mouvements explosifs.

En résumé, les deux études confirment que le CMJ est un test fiable pour mesurer la puissance explosive des jambes. Il permet d'évaluer des variables clés comme la hauteur du saut, la puissance de saut et la capacité à développer rapidement de la force, ce qui est essentiel pour des sports dynamiques comme le tennis.

Le Countermovement Jump (CMJ) est fortement conseillé dans le contexte du tennis pour évaluer des qualités physiques essentielles, telles que la puissance explosive et la réactivité des membres inférieurs. Selon Caroline Martin (2018), les tests de saut sont largement utilisés dans les centres de performance pour mesurer la force des jambes. Elle souligne que le CMJ est particulièrement adapté pour évaluer la capacité à absorber et restituer rapidement de l'énergie, une compétence clé pour les mouvements explosifs en tennis.

De plus, Hidalgo A. et Mazerie J. (2019) mettent en évidence l'importance de mesurer les composantes de la détente verticale, telles que la réactivité au sol et la force explosive, pour évaluer la performance des joueurs de tennis. Ils précisent qu'un match de tennis comprend entre 300 et 500 actions explosives, ce qui démontre l'importance de ces qualités. Selon eux, le CMJ permet de différencier la capacité d'un athlète à générer de la puissance, en mesurant la différence de hauteur entre deux types de sauts, ce qui reflète les qualités élastiques des jambes. Ces qualités sont cruciales dans le tennis, où les joueurs doivent réaliser rapidement des changements de direction et des mouvements explosifs pour optimiser leur performance sur le court.

Description de notre protocole du CMJ avec OptoJump

Matériel utilisé :

1. OptoJump (système de mesure de la hauteur de saut et de la puissance)
2. Un terrain de tennis
3. Observateur pour s'assurer que les sauts sont effectués correctement

Procédure :

1. Échauffement : Chaque athlète effectue l'échauffement standardisé.
2. Démonstration : L'administrateur ou un autre participant doit démontrer la procédure du test.

3. Test : Chaque athlète peut effectuer jusqu'à deux essais sous-maximaux pour se familiariser avec le test.

4. Déroulement : L'athlète se positionne debout sur la plateforme, les pieds écartés à la largeur des hanches avec ses chaussures de tennis. Les mains sont positionnées sur les hanches et doivent y rester pendant le saut. Après un signal de départ, l'athlète effectue un saut vertical en fléchissant les genoux sans pause, puis saute aussi haut que possible. L'athlète doit enchaîner directement la phase de flexion et de saut, en s'assurant que l'extension des jambes est complète pour maximiser la hauteur du saut.

5. Répétitions : Chaque athlète effectue deux essais avec des périodes de repos de deux à trois minutes entre chaque essai, et le meilleur temps est enregistré.

Raisons de disqualification :

- Ne pas maintenir les mains sur les hanches pendant le saut.
- Effectuer une pause ou un arrêt durant la phase de flexion avant le saut.
- Ne pas effectuer l'extension complète des jambes pendant le saut.
- Ne pas effectuer le saut de manière verticale

4.4. Protocole

4.4.1. Le déroulement

Le protocole expérimental se compose de cinq phases successives (figure 2) : une phase initiale de tests, une phase pré-expérimentale, une phase de tests intermédiaires, une phase expérimentale, et une phase finale de tests. Ce protocole a été conçu pour respecter les contraintes spécifiques des joueurs de haut niveau, notamment leur emploi du temps dense et leur programme d'entraînement. L'objectif principal est de mesurer l'impact de la méthode complexe tout en veillant à ce qu'elle s'intègre de manière fluide dans leurs habitudes d'entraînement.

Phase 1 : phase initiale de tests

Lors de la première phase, une série de test est réalisée pour mesurer les qualités physiques que l'on souhaite observer chez ces joueurs de haut niveau c'est à dire la vitesse, le COD, l'explosivité et la

force relative du bas du corps. Ces tests de référence permettront de comparer les performances après les 6 semaines d'entraînement physique classique, constitué de 4 séances par semaine. Ils serviront ainsi de point de départ pour l'évaluation de l'impact du programme d'entraînement standard sur les qualités observées.

Phase 2 : phase pré-expérimentale

La phase pré-expérimentale dure 6 semaines et consiste à suivre le programme d'entraînement habituel des joueurs, sans modifier leur emploi du temps déjà bien établi. Les 4 grandes thématiques des séances physiques comprennent :

- Musculation Haut du Corps (HDC)
- Séance cardiovasculaire par intervalles
- Séance de Préparation Physique Spécifique (PPS)
- Musculation Bas du Corps (BDC)

L'objectif de cette phase est d'observer l'impact des séances classiques sur les qualités physiques ciblées avant l'introduction de la méthode complexe.

Phase 3 : phase intermédiaire de tests

À la fin de la phase pré-expérimentale, les mêmes tests qu'au début (Phase 1) seront réalisés. Ces tests serviront de référence pour comparer les effets des 6 semaines d'entraînement classique sur les qualités physiques ciblées. Ils fourniront une première mesure des impacts du programme d'entraînement standard, avant l'introduction de la méthode CPX.

Phase 4 : Phase expérimentale

La phase expérimentale dure également 6 semaines et consiste à reproduire les 3 mêmes séances que celles de la phase pré-expérimentale : musculation HDC, séance cardiovasculaire par intervalles, et PPS. Cependant, la séance de musculation BDC sera remplacée par une séance CPX. Cette modification vise à tester l'impact de cette méthode sur les performances physiques des joueurs tout en maintenant une cohérence avec leur programme habituel. Cela permettra d'évaluer si cette séance a un

effet mesurable sur les qualités physiques ciblées, tout en respectant leur emploi du temps et sans perturber leurs entraînements réguliers.

Phase 5 : phase finale de tests

À la fin de la phase expérimentale, des mêmes tests sont effectués pour mesurer l'impact de l'introduction de la méthode CPX sur la vitesse, le CDD, l'explosivité et la force relative du bas du corps. Ces tests finaux permettront de comparer les résultats obtenus après l'ajout de la séance CPX avec ceux obtenus après les 6 semaines d'entraînement classique.

Ce protocole permet de tester les effets de la méthode CPX tout en respectant les contraintes des joueurs. En maintenant leurs 4 séances de préparation physique identiques tout au long des 12 semaines (phase pré-expérimentale et phase expérimentale), ce protocole évalue de manière précise l'impact de l'ajout de cette méthode sur les performances physiques des joueurs, sans perturber leur emploi du temps d'entraînement et de compétition.

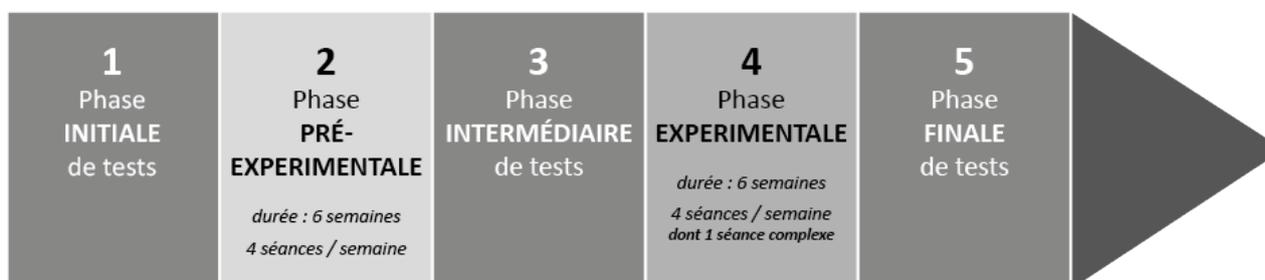


Figure 2: Le déroulement du protocole

4.4.2. Programme des exercices de la séance de la méthode complexe

Les exercices de cette séance sont organisés en trois blocs successifs, chacun comprenant trois types d'exercices réalisés à la suite : un exercice lourd, suivi immédiatement d'un exercice léger, puis d'un travail spécifique/pliométrique. Pour chaque bloc, les exercices sont réalisés de manière consécutive, sans temps de repos entre les exercices. Cependant, un repos de 3 minutes est prévu entre chaque série

au sein d'un même exercice, afin de permettre une récupération optimale avant de passer à la série suivante. De plus, après avoir complété l'ensemble des trois exercices dans un bloc, un repos de 5 minutes est observé avant de débiter le bloc suivant, à l'exception de la transition entre les blocs 3 et 4, où le repos est réduit à 3 minutes. Cette organisation permet de maximiser l'efficacité de la méthode complexe, en favorisant une combinaison d'exercices lourds pour développer la force, d'exercices légers pour la vitesse et la puissance, et d'exercices spécifiques/pliométrique pour travailler les qualités fonctionnelles liées à l'explosivité.

Tableau 2: Structure de la Séance – Bloc 1

BLOC 1	Lourd	Léger	Travail spécifique
exercice	Squat		Saut vertical avec élastique
Répétition x Série	3 x 3	6 x 3	6 x 3
Intensité (%1RM)	90 %	50 %	Poids de corps

Tableau 3: Structure de la Séance – Bloc 2

BLOC 2	Lourd	Léger	Travail spécifique
exercice	Soulevé de terre		Sprint avec résistance élastique au début
Répétition x Série	3 x 3	6 x 3	10m
Intensité (%1RM)	90 %	50 %	Poids de corps

Tableau 4: Structure de la Séance – Bloc 3

BLOC 3	Lourd	Léger	Travail spécifique
exercice (jambe gauche)	Monter box sur une jambe		Saut latéral avec élastique réception sur un pied
Répétition x Série	3 x 2	6 x 2	6 x 2
Intensité (%1RM)	90 %	50 %	Poids de corps

Tableau 5: Structure de la Séance – Bloc 4

BLOC 4	Lourd	Léger	Travail spécifique
exercice (jambe droite)	Monter box sur une jambe		Saut latéral avec élastique réception sur un pied
Répétition x Série	3 x 2	6 x 2	6 x 2
Intensité (%1RM)	90 %	50 %	Poids de corps

Pour composer notre séance utilisant la méthode complexe, nous avons soigneusement défini les charges, les intensités et les temps de récupération afin d’optimiser le développement de la force, de la puissance et de l’explosivité. Ces choix se sont appuyés sur le tableau 6 présenté par Caroline Martin (2018) dans Tennis : Optimisation de la performance, qui propose des repères précis selon la qualité physique visée. Ce tableau nous a permis de sélectionner des intensités cohérentes (notamment 90 % de 1RM pour le travail de force et environ 50 % de 1RM pour l’explosivité), ainsi que des temps de récupération adaptés, garantissant un enchaînement efficace entre les exercices lourds et légers, conformément aux principes de la méthode complexe. Cette approche visait à solliciter au mieux les mécanismes de post-activation potentiation (PAP) tout en respectant les contraintes de sécurité et d’efficacité propres à notre population de joueurs.

Objectifs d’entraînement	Nature des charges	Nombre de répétitions	% de RM	Vitesse de réalisation	Nombre de séries	Durée de récupération entre les séries	Durée de récupération entre deux séances
Force maximale	Lourdes	1-5 RM	85-100 % (concentrique)	Très lente	3-5	5 à 7 min	7 à 10 jours
Puissance – force	Moyennes supérieures	5-8 RM	50-70 %	Lente	4-8	2 à 5 min	3 à 5 jours
Puissance – vitesse	Moyennes inférieures	6-12 RM	30-50 %	Élevée	4-8	2 à 5 min	2 à 3 jours
Force explosive	Légères	6-12 RM	10-30 %	Maximale	4 à 8	1 à 3 min	2 à 3 jours
Endurance de force	Moyennes	> 10 RM	70-85 %	Lente	8 à 10	3 à 5 min	2 à 3 jours

Tableau 6: Procédés de développement de la force. Tableau de Jean-Bernard Fabre et Caroline Martin d’après les données de Quétin et Perrotte (2006).

4.5. Analyse statistique

Dans cette étude, nous comparerons les performances des joueurs de tennis à trois moments distincts : avant la phase pré-expérimentale, après la phase pré-expérimentale et après la phase expérimentale. Ces évaluations permettront de mesurer l'impact du protocole d'entraînement sur des paramètres tels que la vitesse, le changement de direction, la force relative et la force explosive, tout en respectant leur programme d'entraînement habituel.

Les données quantitatives seront exprimées en moyenne \pm écart-type ou en médiane (avec intervalle interquartile), selon la distribution observée. Les données qualitatives seront présentées en effectifs absolus et en pourcentages.

Dans un premier temps, nous calculerons les moyennes et les écarts-types des résultats pour chaque test réalisé à chacune des trois étapes (avant, après la phase pré-expérimentale, et après la phase expérimentale). Ces statistiques descriptives permettront d'avoir une vision d'ensemble de la répartition des performances et d'identifier les évolutions potentielles entre les différentes phases de l'étude.

Nous vérifierons ensuite la normalité des données à l'aide du test de Shapiro-Wilk, puis l'homogénéité des variances grâce au test de Levene. Si la normalité et l'homogénéité sont confirmées, nous utiliserons une ANOVA à une dimension pour mesures répétées afin d'analyser les différences entre les trois moments de mesure. Ce test nous permettra de comparer les performances des joueurs tout au long du protocole et de déterminer s'il existe des variations significatives entre les différentes phases de l'étude. En cas de résultat significatif, une analyse post-hoc sera réalisée à l'aide du test de Student apparié afin d'identifier précisément les différences entre les phases (avant, après pré-expérimentale, après expérimentale).

Si les conditions de normalité ou d'homogénéité ne sont pas respectées, nous utiliserons alors le test non paramétrique de Friedman, plus adapté pour évaluer les différences entre les trois moments de mesure sans supposer la normalité des distributions.

La taille de l'effet sera également calculée à l'aide du d de Cohen. Cette analyse nous permettra d'évaluer l'ampleur de l'effet du protocole d'entraînement, indépendamment de la seule significativité statistique. Nous considérerons un d compris entre 0,0 et 0,2 comme un effet trivial, entre 0,2 et 0,5

comme un effet faible, entre 0,5 et 0,8 comme un effet moyen, entre 0,8 et 1,2 comme un effet élevé, entre 1,2 et 2,0 comme un effet très élevé, et au-delà comme un effet immense.

Les valeurs seront considérées comme statistiquement significatives pour $p < 0,05$.

Les analyses statistiques seront réalisées à l'aide du site AnatStats et du logiciel LibreOffice Calc.

L'objectif de cette analyse statistique est de déterminer si le protocole d'entraînement a eu un effet significatif sur les qualités physiques des joueurs de tennis, en comparant les résultats des tests réalisés avant, après la phase pré-expérimentale et après la phase expérimentale. Cette analyse permettra d'évaluer si des différences significatives existent entre ces différentes phases, en fonction du respect ou non des hypothèses statistiques de normalité et d'homogénéité.

5. Résultats

5.1. Vitesse linéaire sans changement de direction

5.1.1. Sprint 5 mètres

Tableau 7: Évolution des performances au sprint 5 mètres (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.

	T1	T2	T3
Sprint 5m (sec)	1,20 \pm 0,04	1,18 \pm 0,04	1,16 \pm 0,03

L'analyse post-hoc réalisée entre le test 2 et le test 3 met en évidence une différence significative des performances au sprint 5 mètres ($p = 0,046$). Cette évolution indique que le protocole d'entraînement mis en place a eu un effet positif sur l'explosivité horizontale.

Cependant, l'estimation de la taille de l'effet via le D de Cohen donne une valeur de 0,49, correspondant à un effet de faible ampleur voire moyenne. Ainsi, bien que l'amélioration observée soit statistiquement significative, son intensité reste modérée.

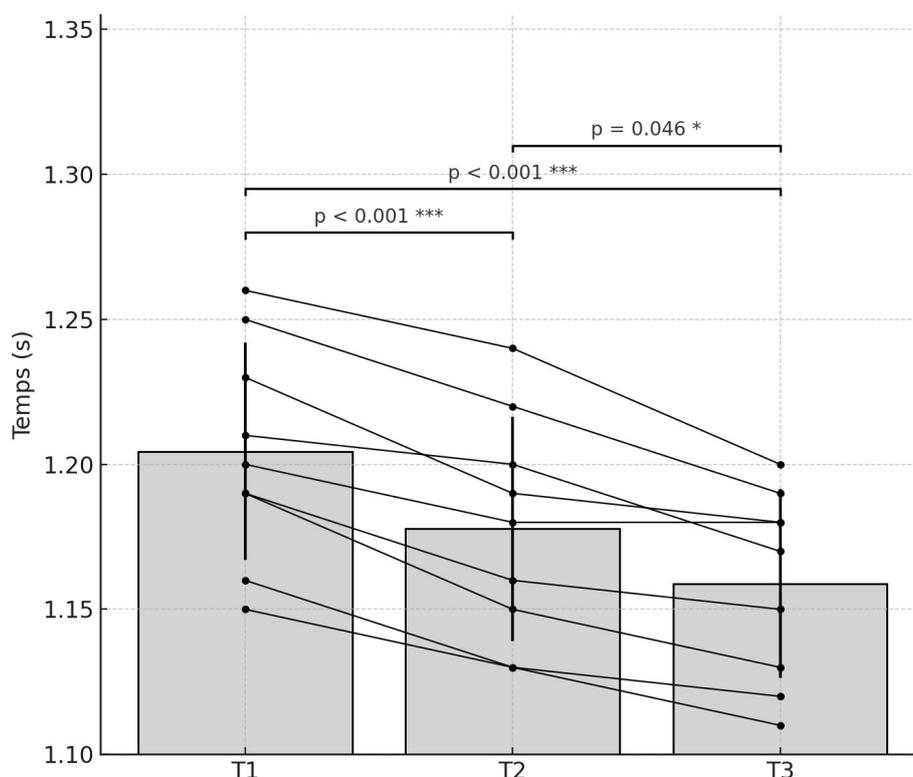


Figure 3: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au sprint 5 mètres (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).

5.1.2. Sprint 10 mètres

Tableau 8: Évolution des performances au sprint 10 mètres (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.

	T1	T2	T3
Sprint 10m (sec)	1,90 \pm 0,08	1,86 \pm 0,08	1,84 \pm 0,07

L'analyse post-hoc réalisée entre le test 2 et le test 3 met en évidence une différence significative des performances au sprint 10 mètres ($p = 0,0103$). Cette évolution indique que le protocole d'entraînement mis en place a eu un effet positif sur la vitesse linéaire sur courte distance.

Cependant, l'estimation de la taille de l'effet via le D de Cohen donne une valeur de 0,32, correspondant à un effet de faible ampleur. Ainsi, bien que l'amélioration observée soit statistiquement

significative, son intensité du changement induit par la phase expérimentale sur cette qualité physique spécifique reste limitée.

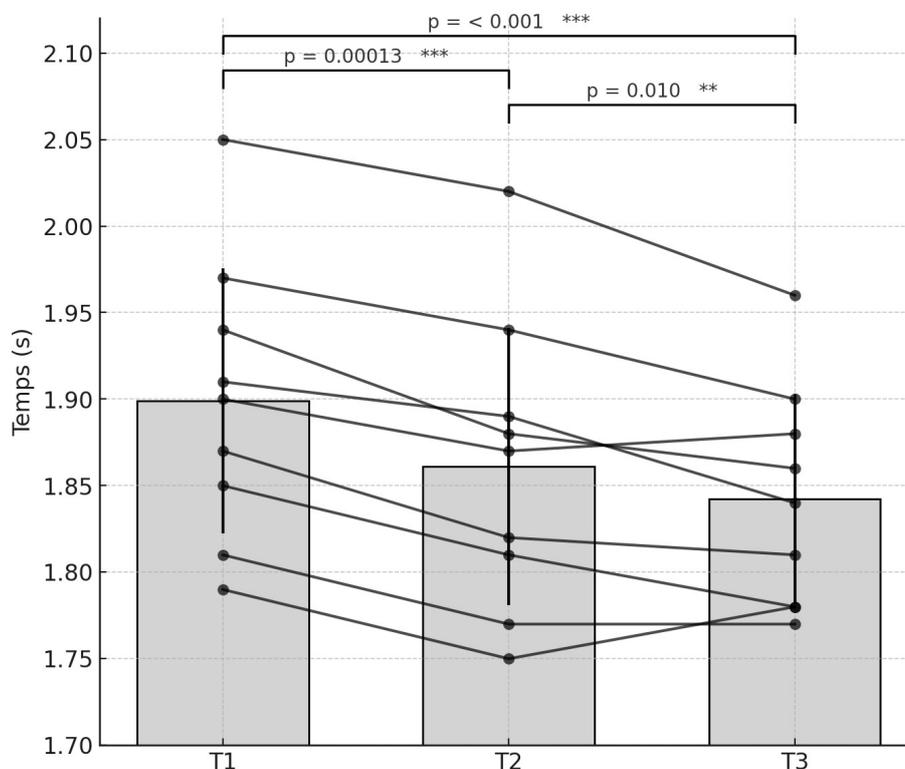


Figure 4: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au sprint 10 mètres (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).

5.2. Vitesse avec changement de direction (T-Test)

Tableau 9: Évolution des performances au T-Test (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.

	T1	T2	T3
T-Test (sec)	10,10 \pm 0,26	10,07 \pm 0,26	10,00 \pm 0,22

L'analyse post-hoc réalisée entre le test 2 et le test 3 met en évidence une différence significative des performances au T-Test ($p = 0,0014$). Cette évolution indique que le protocole d'entraînement mis en place a eu un effet positif sur la capacité de changement de direction.

Cependant, l'estimation de la taille de l'effet via le D de Cohen donne une valeur de 0,25, correspondant à un effet de faible ampleur. Ainsi, bien que l'amélioration observée soit statistiquement significative, son intensité reste limitée.

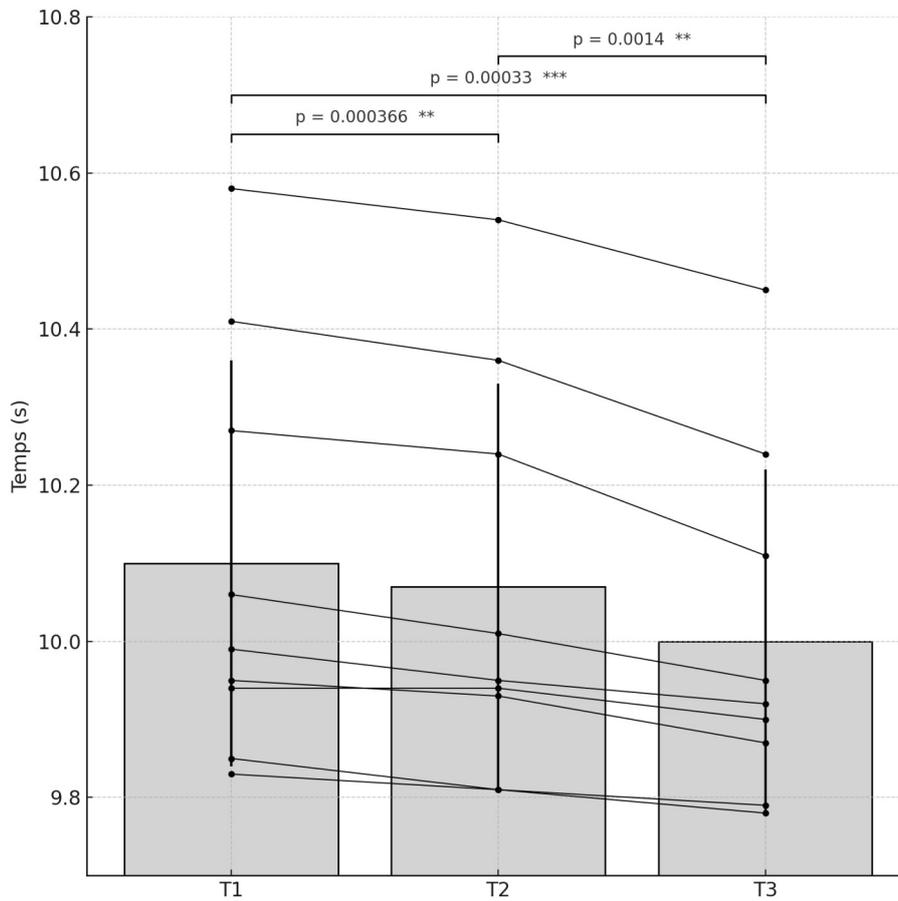


Figure 5: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au T-Test (en secondes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).

5.3. Force explosive (Countermovement Jump)

Tableau 10: Évolution des performances au Countermovement Jump (en centimètres) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.

	T1	T2	T3
CMJ (cm)	35,37 \pm 4,56	36,44 \pm 4,36	38,61 \pm 4,25

L'analyse post-hoc réalisée entre le test 2 et le test 3 met en évidence une différence significative des performances au test de saut vertical (CMJ) ($p = 1,14E-06$). Cette évolution indique que le protocole d'entraînement mis en place a eu un effet positif sur l'explosivité verticale.

Par ailleurs, l'estimation de la taille de l'effet via le D de Cohen donne une valeur de 0,50, correspondant à un effet d'ampleur moyenne. Ainsi, l'amélioration observée est à la fois significative et modérée sur cette qualité physique.

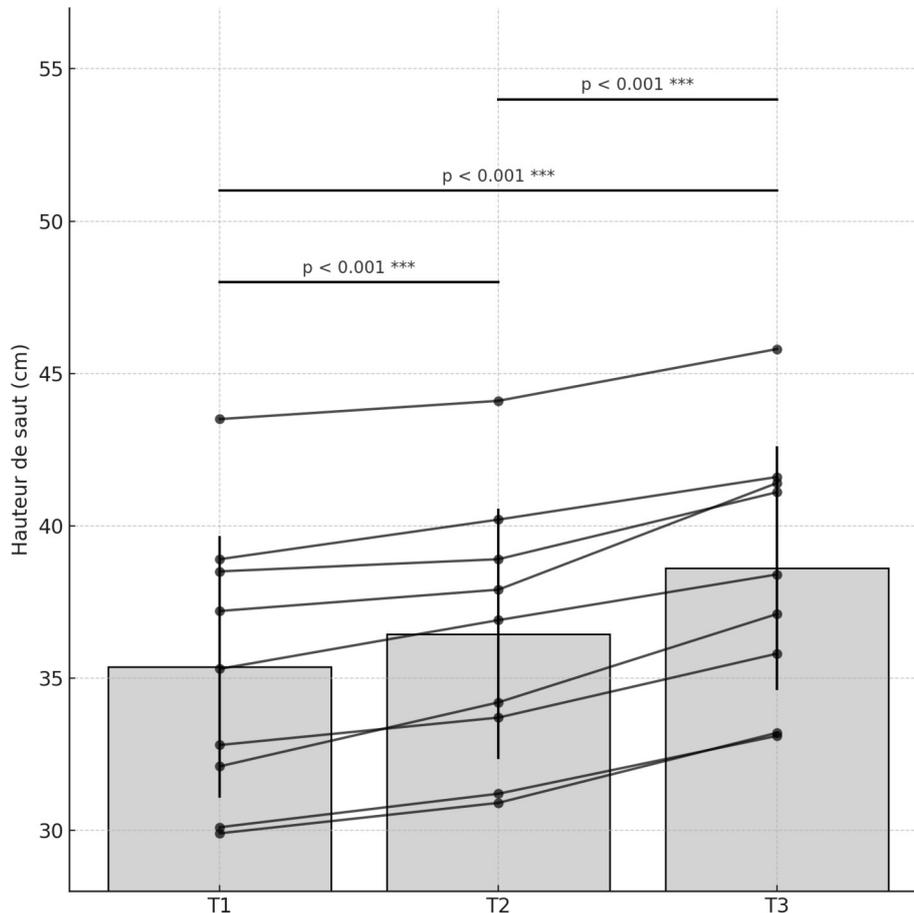


Figure 6: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au Countermovement Jump (en centimètres) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).

5.4. Force maximale et relative

5.4.1. Squat 1RM

Tableau 11: Évolution des performances au Squat 1RM (en kilogrammes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.

	T1	T2	T3
1RM Squat (kg)	134,44 \pm 10,44	139,44 \pm 11,58	146,11 \pm 11,40

L'analyse post-hoc réalisée entre le test 2 et le test 3 met en évidence une différence significative des performances au Squat 1RM ($p = 4,78E-04$). Cette évolution indique que le protocole d'entraînement mis en place a eu un effet positif sur la force maximale.

Par ailleurs, l'estimation de la taille de l'effet via le D de Cohen donne une valeur de 0,58, correspondant à un effet d'ampleur moyenne. Ainsi, l'amélioration observée est à la fois significative et modérée sur cette qualité physique.

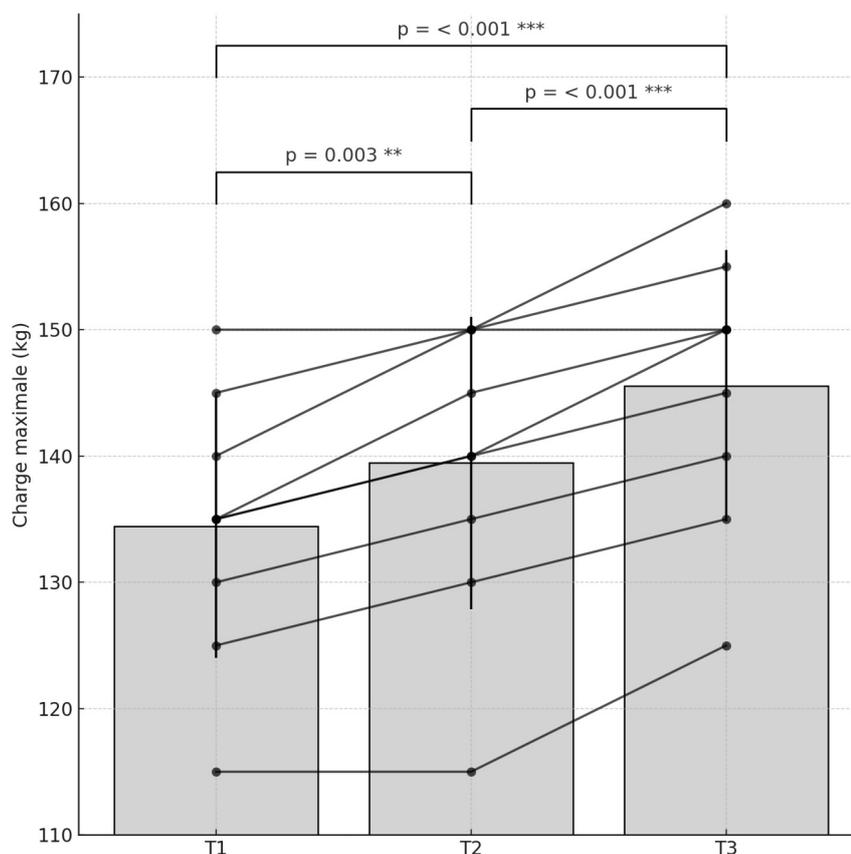


Figure 7: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles au Squat 1RM (en kilogrammes) entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).

5.4.2. Force relative

Tableau 12: Évolution des performances de la force relative entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3). Les données sont exprimées en moyenne \pm écart-type.

	T1	T2	T3
Force relative	1,69 \pm 0,11	1,75 \pm 0,11	1,84 \pm 0,10

L'analyse post-hoc réalisée entre le test 2 et le test 3 met en évidence une différence significative des performances en force relative ($p = 5,54E-04$). Cette évolution indique que le protocole d'entraînement mis en place a eu un effet positif sur la capacité à produire de la force en rapport avec le poids corporel.

Par ailleurs, l'estimation de la taille de l'effet via le D de Cohen donne une valeur de 0,72, correspondant à un effet d'ampleur moyenne. Ainsi, l'amélioration observée est à la fois significative et modérée sur cette qualité physique.

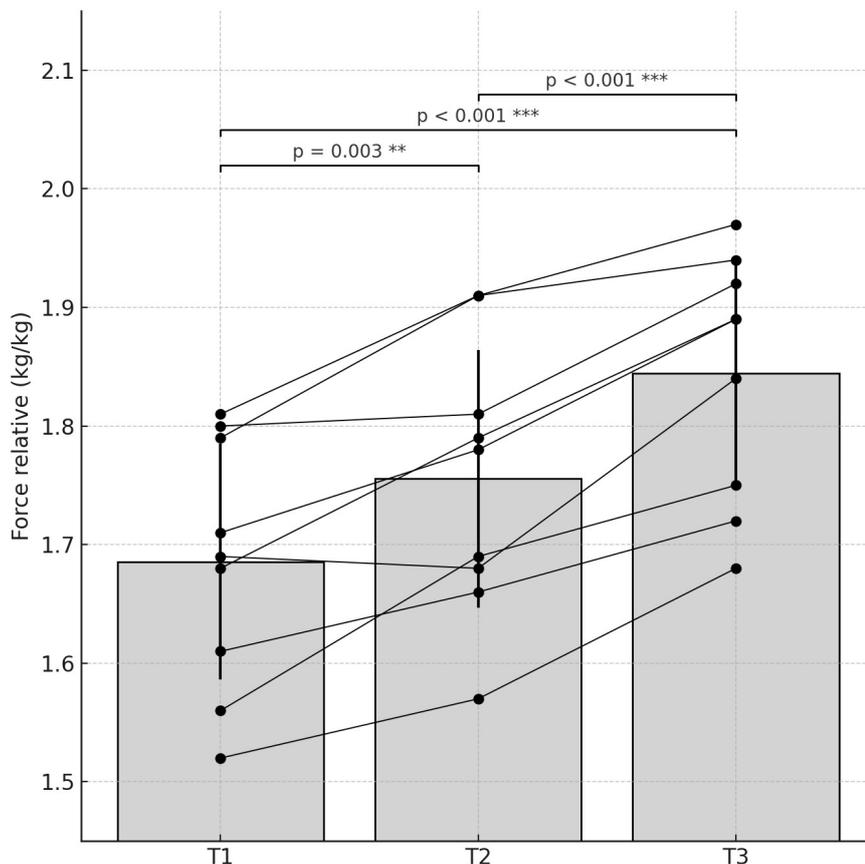


Figure 8: Évolution des performances moyennes \pm écart-type et individuelles de la force relative entre le test 1 (T1), le test 2 (T2) et le test 3 (T3).

6. Discussion

6.1. Interprétation

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact d'un protocole d'entraînement basé sur la méthode complexe sur les qualités physiques de joueurs de tennis, notamment la vitesse, la capacité de changement de direction, la force explosive et la force relative. Afin de donner du sens aux résultats obtenus, il est essentiel de les confronter aux données existantes dans la littérature scientifique. Cette mise en perspective permet d'évaluer la pertinence du protocole mis en place et d'en dégager les implications concrètes sur les adaptations observées.

Comyns et al. (2010) ont rapporté que des améliorations significatives de la vitesse ont été observées après seulement quatre séances d'entraînement complexe chez des athlètes de rugby. Dans notre étude, la vitesse a été évaluée à travers le sprint 10 mètres, pour lequel une amélioration significative a également été observée entre le test 2 et le test 3 ($p = 0,0103$), bien que la taille de l'effet reste faible (D de Cohen = 0,32). Ces résultats indiquent que le protocole complexe mis en place, s'il a effectivement permis une amélioration de la vitesse linéaire, l'a fait avec une intensité relativement modérée. Cela suggère que l'efficacité de ce type d'entraînement sur la vitesse dépend peut-être du profil des athlètes, de la durée du programme ou de la spécificité des exercices utilisés.

Stone et al. (2003) soulignent que l'amélioration de la force maximale peut entraîner une amélioration directe de la puissance et de l'explosivité, deux qualités clés dans les mouvements réalisés à haute intensité. Cette relation trouve un écho dans nos résultats : le sprint 5 mètres, indicateur d'explosivité horizontale, s'est amélioré significativement entre le test 2 et le test 3 ($p = 0,046$), avec une taille d'effet de 0,49. De même, le test du saut vertical (CMJ), qui reflète l'explosivité verticale, a montré une amélioration significative ($p = 1,14E-06$), avec un effet d'ampleur moyenne ($D = 0,50$). En complément de ces données, on observe également une amélioration significative de la force maximale mesurée au Squat 1RM ($p = 4,78E-04$; $d = 0,58$), ce qui confirme que le protocole a permis de développer cette qualité. Cette progression de la force maximale pourrait expliquer, en partie, les gains observés en explosivité, soutenant ainsi les conclusions de Stone et al. (2003) sur la relation directe entre force maximale et performance explosive.

Par ailleurs, Santos et Janeira (2008) ont mis en évidence des gains significatifs de force des membres supérieurs et de la poussée après un programme CPX de dix semaines chez des jeunes joueurs de

basket-ball. Ces résultats sont cohérents avec ceux de notre étude sur le bas du corps : le test du Squat 1RM, indicateur de force maximale, montre une amélioration significative entre les phases test 2 et test 3 ($p = 4,78E-04$), avec une taille d'effet de 0,58, soit un effet d'ampleur moyenne. Ce gain valide l'intérêt d'un protocole complexe pour renforcer les qualités de force maximales sans générer une prise de masse excessive, ce qui est fondamental dans les sports où le poids du corps doit être déplacé avec rapidité, comme le tennis.

Enfin, Delaney et al. (2015) rappellent que dans le contexte tennistique, une force relative élevée est indispensable pour optimiser les phases de décélération, de ré-accélération et les changements de direction. Nos résultats montrent une augmentation significative de la force relative ($p = 5,54E-04$; $D = 0,72$), ce qui renforce l'idée que le protocole a permis de développer cette capacité essentielle. De plus, les joueurs affichant les meilleures valeurs de force relative sont également ceux qui ont obtenu les meilleurs temps au T-Test, évaluant la vitesse avec changement de direction. Cela appuie l'hypothèse d'un lien fort entre force relative et efficacité dans les déplacements multidirectionnels, en accord avec les recommandations issues de la littérature.

Néanmoins, l'évolution des performances au T-Test, bien que significative ($p = 0,0014$), s'accompagne d'un effet de faible ampleur ($D = 0,25$). Cela suggère que, dans les conditions de cette étude, la méthode complexe n'a pas généré d'amélioration marquée sur la capacité de changement de direction. Il est possible que l'absence d'exercices spécifiquement axés sur la décélération, les appuis latéraux ou la prise d'information ait limité l'impact du protocole sur cette qualité. Ainsi, bien que la progression observée soit réelle, elle reste modeste en comparaison des effets obtenus sur la force maximale, la force relative et l'explosivité verticale.

Dans l'ensemble, nos résultats rejoignent plusieurs constats établis par la littérature scientifique : le protocole d'entraînement complexe appliqué a permis d'obtenir des améliorations significatives en force maximale, force relative et explosivité verticale, confirmant son efficacité sur ces qualités physiques. En revanche, ses effets se sont révélés plus modérés sur la vitesse linéaire et la capacité de changement de direction. Ces éléments soulignent l'intérêt de cette méthode dans un cadre de développement de la force et de la puissance, tout en mettant en lumière l'importance d'adapter le contenu du protocole en fonction des objectifs spécifiques de performance.

6.2. Limites

Cette étude présente plusieurs limites qu'il est important de souligner.

Tout d'abord, la taille de l'échantillon était relativement faible, avec seulement neuf joueurs inclus dans l'analyse. Cette population réduite limite la puissance statistique de l'étude et rend les résultats plus sensibles aux performances individuelles. Cela peut également limiter la généralisation des conclusions à une population plus large de joueurs de tennis.

De plus, l'absence d'un groupe témoin externe constitue une limite importante. Tous les joueurs ont suivi un entraînement classique en parallèle du protocole expérimental, ce qui complique l'attribution spécifique des améliorations observées à la seule méthode complexe. Un groupe témoin totalement non exposé aurait permis une comparaison plus rigoureuse.

La durée de l'intervention, relativement courte, peut également avoir restreint les effets observables. Certaines adaptations neuromusculaires, notamment sur des qualités comme la vitesse ou la force explosive, nécessitent des périodes d'entraînement plus longues pour se manifester pleinement.

L'influence de l'entraînement habituel constitue une autre limite. Les joueurs ont poursuivi leur programme classique de préparation physique et de tennis en parallèle du protocole expérimental. Il est donc possible que certaines améliorations soient partiellement dues à l'effet cumulatif de l'entraînement global, et non exclusivement au protocole complexe.

Par ailleurs, aucun suivi de la charge d'entraînement externe (volume, intensité) ni interne (échelle de perception de l'effort, fréquence cardiaque) n'a été réalisé. Cette absence de contrôle ne permet pas d'évaluer précisément l'état de fatigue ou de récupération des joueurs au moment des tests, ce qui pourrait avoir influencé les performances mesurées sans que cela soit détecté.

Il est également important de souligner que les joueurs inclus dans cette étude évoluent à un niveau de compétition élevé et participent régulièrement à des tournois nationaux ou internationaux. Ces déplacements ont parfois conduit à des absences sur certaines séances de préparation physique générale, en particulier pendant les périodes de tournoi. Néanmoins, l'ensemble des joueurs a maintenu la réalisation du protocole d'entraînement complexe, bien que certaines séances aient été effectuées en autonomie et dans des environnements différents de celui de l'encadrement direct.

Enfin, un effet plafond est envisageable pour certains joueurs. Les athlètes ayant déjà un niveau élevé de vitesse ou de force relative peuvent présenter une marge de progression réduite, ce qui pourrait masquer l'impact potentiel du protocole d'entraînement sur certaines qualités physiques.

Ces limites doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats et dans la mise en perspective des conclusions de cette étude.

6.3. Applications sur le terrain

Les résultats de cette étude offrent plusieurs pistes d'application concrète pour l'entraînement des joueurs de tennis.

L'utilisation d'un protocole basé sur la méthode complexe, tel qu'appliqué dans cette étude à travers des blocs d'exercices précisément structurés, s'est révélée efficace pour améliorer des qualités physiques essentielles, notamment la force relative et l'explosivité verticale. Ces qualités sont particulièrement déterminantes pour les actions explosives du tennis, telles que les démarrages, les impulsions au service, et la stabilité lors des frappes en déplacement.

Ainsi, l'intégration de la méthode complexe dans la planification d'entraînement pourrait être recommandée pour le développement de ces qualités. Elle pourrait notamment être programmée sur des périodes de six à huit semaines, à raison de deux séances par semaine, en amont de périodes de compétition importantes. L'accent doit être mis sur une sélection rigoureuse des exercices, en suivant une progression cohérente comme celle proposée dans ce mémoire, afin de garantir une surcharge progressive et adaptée aux spécificités du tennis.

Cependant, les résultats indiquent que l'impact du protocole sur la vitesse linéaire sur courte distance (Sprint 10m) et sur la capacité de changement de direction (T-Test) demeure relativement limité. Cela suggère que pour développer plus efficacement ces qualités spécifiques, il serait pertinent d'y associer des méthodes d'entraînement ciblées. Par exemple, des séances axées sur le travail technique du sprint court ou sur des exercices de changement de direction reproduisant les contraintes du jeu pourraient renforcer l'efficacité du protocole, en complément de son action plus globale.

Enfin, l'application du protocole doit s'accompagner d'un suivi précis de la charge d'entraînement, tant externe (volume, intensité) qu'interne (perception de l'effort, état de récupération), pour

maximiser les adaptations et limiter les effets de la fatigue, particulièrement dans le cadre d'une population de joueurs engagés en compétition régulière.

6.4. Perspectives

À la lumière des résultats de cette étude, plusieurs perspectives d'approfondissement peuvent être envisagées.

Une première piste serait d'appliquer le protocole basé sur la méthode complexe à des joueurs de niveau inférieur, tels que des compétiteurs début de seconde série. Ce public présentant généralement une marge de progression physique plus importante, il serait intéressant d'observer si l'impact du protocole est plus marqué sur des qualités telles que la force relative, l'explosivité verticale ou la vitesse.

Il serait également pertinent d'évaluer l'effet de ce protocole sur des athlètes de haut niveau évoluant dans d'autres disciplines sportives, comme le football. Tester la méthode complexe dans un contexte sportif différent permettrait de mieux comprendre si son efficacité est liée aux spécificités du tennis, ou si elle peut être généralisée à d'autres sports sollicitant fortement la force, l'explosivité et les changements de direction.

Une autre perspective consisterait à analyser les styles de jeu des joueurs et à étudier s'il existe une corrélation entre leur style de profil tactique et les performances aux tests physiques. Il serait intéressant, par exemple, d'observer si un joueur au style offensif bénéficie davantage d'un travail d'explosivité verticale que d'un joueur plus défensif, ce qui ouvrirait des pistes d'individualisation du protocole selon les besoins spécifiques du joueur.

Enfin, il serait possible de spécialiser davantage le protocole en fonction de la qualité physique prioritairement ciblée. Des déclinaisons du protocole pourraient être envisagées afin de concentrer le travail soit sur l'explosivité verticale, soit sur l'explosivité horizontale, soit sur l'amélioration de la vitesse sur de très courtes distances, en fonction des objectifs de performance visés.

Ces perspectives ouvrent des pistes intéressantes pour l'optimisation du protocole complexe et pour son intégration ciblée dans la préparation physique des joueurs de tennis et, potentiellement, d'autres disciplines sportives.

7. Conclusion

L'objectif de ce mémoire était d'évaluer l'impact d'un protocole d'entraînement utilisant la méthode complexe sur plusieurs qualités physiques déterminantes pour la performance tennistique : la force relative, l'explosivité verticale et horizontale, la vitesse linéaire et la capacité de changement de direction.

Les résultats ont montré que ce protocole, structuré en blocs spécifiques, a permis d'améliorer significativement la force relative et l'explosivité verticale. Ces deux qualités sont essentielles dans un sport où les actions explosives comme les démarrages, les impulsions au service ou les frappes en mouvement sont déterminantes. En revanche, l'impact du protocole sur la vitesse linéaire sur courte distance et sur la capacité de changement de direction s'est révélé plus limité, et les effets observés sur l'explosivité horizontale (sprint 5 mètres) restent de faible ampleur malgré une amélioration significative.

Ces résultats confirment l'intérêt d'intégrer la méthode complexe dans la préparation physique des joueurs de tennis en cours de saison, notamment pour développer la force et l'explosivité sans prise de masse excessive. Toutefois, ils soulignent aussi la nécessité de compléter ce protocole par des approches plus ciblées pour optimiser certaines qualités spécifiques comme la vitesse ou la mobilité latérale.

Enfin, ce travail ouvre plusieurs perspectives de recherche : tester ce protocole sur des profils de joueurs présentant une plus grande marge de progression, l'adapter à d'autres disciplines sportives, ou encore le spécialiser en fonction des besoins individuels et des styles de jeu.

Ainsi, ce mémoire met en lumière l'importance d'une planification précise, progressive et individualisée de la préparation physique, au service d'une optimisation continue de la performance sportive.

8. Références bibliographiques

8.1. Ouvrages

Cometti, G. (1998). *Los Métodos modernos de Musculación*. Barcelona: Editorial Paidotribo.

Hidalgo, A., & Mazerie, J. (2019). *Tennis : La préparation physique pour tous*. Amphora.

Martin, C. (2016). *Tennis : Optimisation de la performance*. Paris : Éditions INSEP

Reiss, D., & Prévost, P. (2020). *La nouvelle bible de la préparation physique*. Editions Amphora.

Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. *Science and Practice of Strength Training*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006.

8.2. Articles scientifiques

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, **93**(4), 1318-1326.

<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>

Alves, J. M. V. M., Rebelo, A. N., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, **24**(4), 936-941. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181c7c5fd>

Baker, D. (2003). Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **17**(3), 493-497. [The Journal of Strength & Conditioning Research](https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181c7c5fd)

Baudry, S., & Duchateau, J. (2007). Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the load-velocity relation of tetanic and voluntary shortening contractions. *Journal of Applied Physiology*, **103**(4), 1318-1325. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00403.2007>

Bouchard, C., Léger, L., & Lortie, G. (2000). The influence of genetics on physical fitness and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **32**(6), 1013-1022.

Brown L., Weir J., 2001. Accurate assessment of muscular strength and power. ASEP procedures recommendation. *J. Exerc. Physiol.* **4**, 1-21. [\(PDF\) ASEP Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power](#)

Cavaco, B., Sousa, N., Reis, V. M., Garrido, N., Saavedra, F., Mendes, R., & Vilaça-Alves, J. (2014). Short-Term Effects of Complex Training on Agility with the Ball, Speed, Efficiency of Crossing, and Shooting in Youth Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, **43**, 105-112. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4332169/>

Cooke, K., Quinn, A., & Sibte, N. (2011). Testing Speed and Agility in Elite Tennis Players. *Strength and Conditioning Journal*, **33**(4), 69-72 <http://dx.doi.org/10.1519/SSC.0b013e31820534be>

Comyns TM, Harrison AJ, Hennessy LK. (2010). Effect of Squatting on Sprinting Performance and Repeated Exposure to Complex Training in Male Rugby Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **24**(3), 610-618. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181c7c3fc>

Cormier, P., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J. Á., & Alcaraz, P. E. (2020). Complex and contrast training: Does strength and power training sequence affect performance-based adaptations in team sports? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **34**(5), 1461–1479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003493>

Costa-Pereira, T. J., Nakamura, F. Y., Tardelli de Jesus, M., Roveri-Vieira, C. L., Misuta, M. S., Machado Leite de Barros, R., & Moura, A. (2016). Analysis of the distance covered and technical actions performed by professional tennis players during official matches. *Journal of Sports Sciences*, **34**(7), 640-646. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1165858>

Delaney, J. A., Scott, T. J., Ballard, D. A., Duthie, G. M., Hickmans, J. A., Lockie, R. G., & Dascombe, B. J. (2015). Contributing Factors to Change-of-Direction Ability in Professional Rugby League Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **29**(10), 2688-2696. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000960>

Duperrex, A., Guignard, A., & Guex, K. (2016). Pliométrie en milieu aquatique vs. au sol : influence sur la performance de saut. *Revue de l'Education Physique*, **2**(2), 12–17
https://www.researchgate.net/publication/304246742_Pliometrie_en_milieu_aquatique_vs_au_sol_influence_sur_la_performance_de_saut

Fabre J.B., Martin V., Borelli G., Fritsch N., Theurel J., 2014. Effects of a whole-body strength training program on metabolic responses and body composition. *Cazz. Med. Ital.* **173**, 47-56.

Fathi, A., et al. (2018). Effect of a 16-week combined strength and plyometric training program followed by a detraining period on athletic performance in pubertal volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **32**(3), 694-703. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002461>

Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Pluim, B. M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, **40**(5), 387-391.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023168>

Fernandez-Fernandez, J., Ellenbecker, T., Sanz-Rivas, D., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2013). Effects of a 6-Week Junior Tennis Conditioning Program on Service Velocity. *Journal of Sports Science and Medicine*, **12**(2), 232-239. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3761833/>

Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2014). Fitness Testing of Tennis Players: How Valuable Is It? *British Journal of Sports Medicine*, **48**(Suppl 1), i22-i31.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093152>

Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2018). Sequencing effects of neuromuscular training on physical fitness in youth elite tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **32**(3), 849–856. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002319>

Fleck, S. J., & Kontor, K. A. (1986). The use of heavy resistance training in strength and power sports. *National Strength and Conditioning Association Journal*, **8**, 66-69.

Gossen, E. R., & Sale, D. G. (2000). Effect of rest interval length on postactivation potentiation. *European Journal of Applied Physiology*, **83**(6), 524-530.

Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: A Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, **6**(31). <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>

Kobal, R., Loturco, I., Barroso, R., Gil, S., Cuniyochi, R., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., & Tricoli, V. (2017). Effects of different combinations of strength, power, and plyometric training on the physical performance of elite young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **31**(6), 1468–1476. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001609>

Kovacs MS. Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med*. 2006; **40**(5): 381–386. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023309>

Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004; **36**(4): 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121945.36635.61>

Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol*. 2016; **116**(6):1091–1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>

Markovic, G., et al. (2004). Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **18**(3): 551–555. [Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests.](https://doi.org/10.1186/1531-2248-18-3-551)

Loturco, I., Pereira, L. A., Moraes, J. E., Kitamura, K., Cal Abad, C. C., Kobal, R., & Nakamura, F. Y. (2017). Jump-Squat and Half-Squat Exercises: Selective Influences on Speed-Power Performance of Elite Rugby Sevens Players. *PLoS ONE*, **12**(1), e0170627. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170627>

Pačes, J., Zháněl, J., Vodička, T., Mudra, P., Vilím, M., & Hubáček, O. (2016). Analyse de l'interface des caractéristiques anthropométriques et de force des joueurs de tennis de 11 à 12 ans. *Studia Sportiva*, **10**(1), 129-134. https://www.researchgate.net/publication/322609934_Analyza_urovne_antropometrickych_a_silovych_charakteristik_tenistu_a_tenistek_ve_veku_11-12_let

Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **14**(4), 443-450.

https://www.researchgate.net/publication/232193916_Reliability_and_Validity_of_the_T-Test_as_a_Measure_of_Agility_Leg_Power_and_Leg_Speed_in_College-Aged_Men_and_Women

Reid, M., & Schneiker, K. (2008). Strength and Conditioning in Tennis: Current Research and Practice. *Journal of Science and Medicine in Sport*, **11**(3), 248-256.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.05.002>

Reid M, Schneiker K. Strength and conditioning in tennis: current research and practice. *J Sci Med Sport*. 2008; **11**(3) :248–256. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.05.002>

Ruben, R. M., Molinari, M. A., Bibbee, C. A., Childress, M. A., Harman, M. S., Reed, K. P., & Haff, G. G. (2010). "The acute effects of an ascending squat protocol on performance during horizontal plyometric jumps." *Journal of Strength and Conditioning Research*, **24**(2), 358–369.

<https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181cc26e0>

Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Olmedillas, H., Guadalupe-Grau, A., Alayón, S., Carreras, A., Dorado, C., & Calbet, J. A. L. (2010). The upper extremity of the professional tennis player: Muscle volumes, fiber-type distribution, and muscle strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **20**(3), 524-534. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00969.x>

Santos EJAM, Janeira MAAS. Effects of Complex Training on Explosive Strength in Adolescent Male Basketball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2008; **22**(3): 903-909 <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31816a59f2>

Scheuringer, M. (2024). Validation of Horizontal Jump Tests for Assessing Sprint and Acceleration Performance in Amateur Soccer Players. Master Thesis, Paris Lodron University of Salzburg. [full.pdf](#)

Schmidtbleicher, D., et al. (1981). Training for power and strength in sports. *European Journal of Applied Physiology*, **46**, 221-228.

Sekulic, D., Pehar, M., Krolo, A., Spasic, M., Uljevic, O., Calleja-González, J., & Sattler, T. (2017). Evaluation of Basketball-Specific Agility: Applicability of Preplanned and Nonplanned Agility Performances for Differentiating Playing Positions and Playing Levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **31**(9), 2278-2288. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001646>

Semenick, D. (1990). The T-test. *NSCA Journal*, **12**(1), 36-37. National Strength and Conditioning Association. [Strength & Conditioning Journal](#)

Sheppard, J.M., & Young, W.B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, **24**(9), 919-932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>

Souza A.A, et al. (2020). Reliability and Test-Retest Agreement of Mechanical Variables Obtained During Countermovement Jump. *International Journal of Exercise Science*, **13**(4): 6-17. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7039490/>

Stone, M. H., Sanborn, K., O'Bryant, H. S., Hartman, M., Stone, M. E., Proulx, C., Ward, B., & Hruby, J. (2003). Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **17**(4), 739-745. [The Journal of Strength & Conditioning Research](#)

Weber, K. R., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Zinder, S. M. (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **22**(3), 726-730. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181660899>

Welch, M. L., Lopatofsky, E. T., Morris, J. R., & Taber, C. B. (2019). Effects of the French contrast method on maximum strength and vertical jumping performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, **33**(1), 259-265. https://digitalcommons.sacredheart.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1043&context=pthms_exscifac

Wisloff U., Castagna C., Helgerud J., Jones R., Hoff J., 2004. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br. J. Sports Med.* **38**, 285-288. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1724821/>

8.3. Rapports, documents spécifiques et sites internet

Babault et Deley (2009). Intérêts des méthodes « par contraste » en préparation physique. La lettre du Centre d'Expertise de la Performance Gilles Cometti, **2**, 1-10. <https://www.cepcometti.com>

Bastiaens, K., Muller, M., Baum, D., Nafziger, D., & Ferrauti, A. (2006). Short and long term effects of a throwing intervention during complex service training in elite children's tennis. In: Zukunft Der Sportspiele: Fordern, Fordern, Forschen (pp. 115-118). Flensburg, Allemagne.

Cerlati, M. (2020). La force explosive. PPM-30. [Calameo](#).

Long, M., Fee, C., & Taber, C. (2022). The French contrast method—Theory and application. NSCA Coach, **9**(4), 18-23. [NSCA Coach | Issue 9.4](#)

Quétin, P., & Perrotte, N. (2006). L'entraînement physique du joueur de tennis. Fédération Française de Tennis. <https://www.fft.fr>

Vincent, F. (2020). Vivacité : définition et application terrain. Prépa-Physique.net. Consulté sur <https://www.prepa-physique.net/vivacite-football/>

Résumés français et anglais, et mots clés

Résumé

L'objectif de ce mémoire était d'évaluer l'impact d'un protocole d'entraînement basé sur la méthode complexe sur plusieurs qualités physiques déterminantes chez des joueurs de tennis de bon niveau : la vitesse linéaire, la capacité de changement de direction (CDD), la force relative, ainsi que l'explosivité verticale et horizontale. La méthode complexe consiste à enchaîner un exercice de force lourd avec un exercice explosif ou pliométrique mobilisant le même groupe musculaire, au sein d'une même séance, dans le but de stimuler le système neuromusculaire et d'optimiser la performance athlétique.

L'étude a été menée auprès de neuf joueurs masculins âgés de 18 à 25 ans, évoluant à un niveau régional ou national. Le protocole s'est déroulé sur une période totale de douze semaines, divisée en deux phases distinctes : une phase pré-expérimentale de six semaines correspondant à un entraînement classique, puis une phase expérimentale de six semaines au cours de laquelle le protocole complexe a été intégré de manière structurée et progressive. Les performances physiques ont été évaluées à trois moments clés de la saison (T1, T2, T3) à l'aide de tests validés et standardisés : sprint 5 m et 10 m, T-Test, saut vertical (CMJ), Squat 1RM, et calcul de la force relative (1RM / masse corporelle). Une analyse de variance pour mesures répétées (ANOVA) a permis d'évaluer les effets du protocole, complétée par des tests post-hoc et le calcul de la taille d'effet (D de Cohen).

Les résultats ont mis en évidence des améliorations statistiquement significatives en force maximale ($p = 4,78E-04$; $D = 0,58$), en force relative ($p = 5,54E-04$; $D = 0,72$) ainsi qu'en explosivité verticale ($p = 1,14E-06$; $D = 0,50$). En revanche, les effets observés sur la vitesse linéaire ($D = 0,32$) et sur la capacité de changement de direction ($D = 0,25$) sont restés plus limités.

Ces résultats suggèrent que la méthode complexe constitue un outil efficace en cours de saison pour améliorer des qualités précises, tout en laissant entrevoir des axes d'optimisation selon les besoins spécifiques des joueurs.

Abstract

The aim of this thesis was to evaluate the impact of a training protocol based on the complex method on several key physical qualities in competitive tennis players: linear speed, change of direction ability (COD), relative strength, as well as vertical and horizontal explosiveness. The complex method involves combining a heavy resistance exercise with a plyometric or explosive exercise targeting the same muscle group, within the same session, with the goal of stimulating the neuromuscular system and optimizing athletic performance.

The study was conducted on nine male tennis players aged 18 to 25, competing at the regional or national level. The protocol took place over a total period of twelve weeks, divided into two distinct phases: a six-week pre-experimental phase involving traditional training, followed by a six-week experimental phase during which the complex protocol was integrated in a structured and progressive manner. Physical performance was assessed at three key time points in the season (T1, T2, T3) using validated and standardized tests: 5 m and 10 m sprints, T-Test, vertical jump (CMJ), 1RM Squat, and calculation of relative strength (1RM/body mass). A repeated measures ANOVA was used to analyze the effects of the protocol, supplemented by post-hoc tests and effect size estimation using Cohen's *d*.

The results revealed statistically significant improvements in maximal strength ($p = 4.78E-04$; $D = 0.58$), relative strength ($p = 5.54E-04$; $D = 0.72$), and vertical explosiveness ($p = 1.14E-06$; $D = 0.50$). In contrast, the effects on linear speed ($D = 0.32$) and COD ability ($D = 0.25$) were more limited.

These findings suggest that the complex method is an effective tool for improving specific physical qualities during the competitive season, particularly those related to strength and vertical power. However, the more modest effects on speed and multidirectional movement indicate the potential need for additional targeted training strategies depending on the specific performance goals of the athlete.

Mots-clés

Méthode complexe – Force relative – Vitesse – Changement de direction – Explosivité

Compétences acquises au cours du stage

Au cours de mon stage, trois compétences principales ont été développées et consolidées :

1. Capacité à concevoir et adapter des séances d'entraînement ciblées

Grâce à l'observation puis à la prise en charge de sportifs de haut niveau, j'ai appris à concevoir des séances spécifiques en fonction des objectifs de performance, du calendrier des compétitions, et du profil de chaque athlète (forces, faiblesses, état de forme). Cette compétence s'est appuyée sur l'analyse de données objectives (tests physiques, retours d'entraînement) et sur le dialogue constant avec l'athlète.

2. Maîtrise d'outils d'évaluation de la performance

J'ai appris à utiliser plusieurs tests et outils de mesure (sprints, CMJ, T-test, Hit & Turn Tennis Test...) afin d'évaluer la vitesse, la capacité de changement de direction, et la force relative des joueurs. Cela m'a permis de suivre leur progression et d'ajuster les contenus d'entraînement de manière pertinente.

3. Capacité à travailler en équipe pluridisciplinaire

Intégré dans une structure professionnelle, j'ai collaboré avec des entraîneurs, préparateurs physiques, kinésithérapeutes et parfois des médecins du sport. Cette expérience m'a permis de comprendre l'importance de la communication entre les différents acteurs pour optimiser le suivi de l'athlète et favoriser une approche globale de la performance.