

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**LE PROFIL DE FORCE-VITESSE DE JOUEURS DE SOCCER UNIVERSITAIRES EN  
RELATION AVEC LEUR PERFORMANCE EN SITUATIONS DE MATCH**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA  
MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE**

**PAR  
ADAM TAÏF**

**AOÛT 2025**

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire, de cette thèse ou de cet essai a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire, de sa thèse ou de son essai.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire, cette thèse ou cet essai. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire, de cette thèse et de son essai requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES  
MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE (M. Sc.)

**Direction de recherche**

Jean Lemoyne

Prénom et nom

Directeur de recherche

Philippe Gendron

Prénom et nom

Codirecteur de recherche

**Jury d'évaluation**

Jean Lemoyne, Ph. D.

Prénom et nom

Directeur de recherche

Fonction du membre de jury

Claude Lajoie, Ph. D.

Prénom et nom

Évaluateur interne

Fonction du membre de jury

Maxime Allisse, Ph. D.

Prénom et nom

Évaluateur externe

Fonction du membre de jury

## RÉSUMÉ

**Introduction :** Une méthode d'évaluation émergente permet d'établir un portrait spécifique des qualités neuromusculaires d'athlètes au sprint : il s'agit du profil de force-vitesse (PFV). Bien qu'il soit établi dans la littérature actuelle que des qualités musculaires accrues engendrent de meilleures performances aux mouvements balistiques, qu'en est-il de la relation entre le PFV et les indicateurs de performance en situations de match chez les joueurs de soccer? Existerait-il des relations entre les différents paramètres du PFV évalué au sprint et la performance en matchs chez des joueurs de soccer universitaires?

**Objectif :** Cette étude a pour but d'analyser les relations entre les paramètres du PFV et les indicateurs de performance en situations de match chez des joueurs de soccer universitaires.

**Méthodes :** Le protocole d'évaluation du PFV au sprint nécessite l'utilisation d'un radar de vitesse ainsi que des photocellules aux lignes de départ et d'arrivée afin d'enregistrer la vitesse instantanée tout au long du sprint et le temps de sprint, respectivement. De ces données, le PFV de chaque étudiant-athlète de la formation masculine de soccer Les Patriotes de l'Université du Québec à Trois-Rivières a été extrapolé. Leur PFV a ensuite été comparé à des indicateurs de performance lors de sept matchs. Ces statistiques ont été déterminées et collectées grâce à une grille d'analyse élaborée avec la collaboration de cinq experts en soccer. Des analyses de corrélations de Pearson entre les paramètres du PFV (i.e. temps de sprint, force maximale, vitesse maximale, puissance maximale, etc) et les indicateurs de performance (i.e. buts, passes décisives, chances de marquer créées et obtenues, dribbles tentés et réussis, etc.) ont été effectuées.

**Résultats :** Les résultats de 12 joueurs de champs ont été compilés et analysés (âge :  $23 \pm 2$  ans ; taille :  $1,78 \pm 0,06$  m ; poids :  $76,50 \pm 6,59$  kg). Plusieurs statistiques offensives de matchs

considérées prédictives de performance sont corrélées significativement à différents paramètres du PFV ( $p < 0,05$ ). Les résultats indiquent qu'une force maximale (i.e.  $F_0$ ) supérieure serait reliée à plus de chances de marquer créées ( $r = 0,664, p = 0,019$ ), qu'une force maximale relative (i.e.,  $F_{0rel}$ ) supérieure serait reliée à plus de chances de marquer créées et plus de dribbles ( $r = 0,682, p = 0,015$  et  $r = 0,612, p = 0,035$  respectivement), qu'une puissance maximale (i.e.  $P_{max}$ ) supérieure serait reliée à plus de chances de marquer et de chances de marquer créées ( $r = 0,640, p = 0,025$  et  $r = 0,650, p = 0,022$  respectivement), qu'une puissance maximale relative (i.e.,  $P_{maxrel}$ ) supérieure serait reliée à davantage de chances de marquer créées, de dribbles et de dribbles réussis ( $r = 0,735, p = 0,006$  ;  $r = 0,636, p = 0,026$  et  $r = 0,615, p = 0,033$  respectivement), et qu'un temps de sprint plus court serait relié à plus de dribbles et de dribbles réussis ( $r = -0,581, p = 0,048$  et  $r = -0,670, p = 0,017$  respectivement).

**Conclusion :** Puisque plusieurs associations existent entre différents paramètres du PFV et plusieurs statistiques offensives au soccer, l'amélioration du PFV s'avère alors un outil important en phase offensive. Il peut être déduit de la littérature que l'optimisation du PFV devrait également être un facteur facilitant en phase défensive. Donc, il serait pertinent de reproduire une étude similaire au sein d'un plus grand échantillon comprenant plusieurs équipes afin de brosser un portrait plus global de la relation entre le PFV et la performance au soccer.

# TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	iv
TABLE DES MATIÈRES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES .....	x
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	xi
CHAPITRE 1 .....	1
INTRODUCTION .....	1
1.1    Le rôle de la condition physique dans les sports.....	1
1.2    L'importance de la condition physique au soccer.....	2
CHAPITRE 2 .....	5
CADRE THÉORIQUE .....	5
2.1    Le profil de force-vitesse : notions fondamentales .....	5
2.1.1    Définitions des concepts .....	6
2.1.2    Comment établir le PFV?.....	10
2.1.3    Les variables qui influencent le PFV .....	11
CHAPITRE 3 .....	15
PROBLÉMATIQUE.....	15
3.1    Validité du PFV avec la performance réelle en situations de match .....	15
3.2    Intégration dans les processus de préparation physique des joueurs .....	16

3.3	Objectif et hypothèse de recherche .....	19
CHAPITRE 4 .....		21
MÉTHODOLOGIE.....		21
4.1	Participants.....	21
4.2	Procédures.....	22
4.2.1	Conception expérimentale .....	22
4.2.2	Variables et instruments.....	24
4.2.2.1	Données collectées en présaison .....	24
4.2.2.2	Données collectées en matchs.....	25
4.3	Analyses des données .....	29
4.4	Analyses statistiques .....	30
CHAPITRE 5 .....		32
RÉSULTATS.....		32
5.1	Statistiques descriptives de l'échantillon .....	32
5.2	Statistiques descriptives des données de matchs .....	34
5.3	Objectif : Associations entre le PFV et la performance en matchs.....	36
CHAPITRE 6 .....		37
DISCUSSION.....		37
6.1	Paramètres du PFV et la performance en matchs .....	38
6.1.1	$F_0$ et $F_{0rel}$ .....	38

6.1.2	$P_{\max}$ et $P_{\max\text{rel}}$ .....	39
6.1.3	Temps de sprint.....	41
6.1.4	$FV_{\text{imb}}$ .....	43
6.2	Limites .....	44
6.3	Perspectives de recherche .....	45
6.4	Retombées et implications pratiques .....	46
CHAPITRE 7	.....	47
CONCLUSION	.....	47
RÉFÉRENCES	.....	48
ANNEXE A	.....	xii
ANNEXE B	.....	xiii
ANNEXE C	.....	xiv
ANNEXE D	.....	xv



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les variables ainsi que leur pertinence au soccer .....	9
Tableau 2 : Définitions des variables horizontales tirées de Morin et Samozino (2016) .....	18
Tableau 3 : Chronologie des étapes de la collecte de données .....	23
Tableau 4 : Définitions des statistiques indicatrices de performance validées par les experts .....	26
Tableau 5 : Compilation des réponses fournies par les cinq experts sondés .....	28
Tableau 6 : Statistiques des durées de matchs .....	29
Tableau 7 : Caractéristiques des participants selon leur position principale .....	32
Tableau 8 : Paramètres de la performance au sprint des joueurs selon leur position principale ..	33
Tableau 9 : Moyennes des statistiques de temps de jeu des joueurs par position .....	34
Tableau 10 : Moyennes des statistiques cumulatives des sept matchs en possession du ballon ..	35
Tableau 11 : Moyennes des statistiques cumulatives des sept matchs en phase défensive .....	36
Tableau 12 : Corrélations entre le PFV et les statistiques offensives de matchs .....	35
Tableau 13 : Corrélations entre le PFV et les statistiques défensives de matchs .....	36

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Graphiques de profils de force-vitesse obtenus au squat sauté (A) et au sprint (B).....	7
Figure 2 : Arbre décisionnel afin d'orienter l'intervention selon la performance au sprint adapté de Morin et Samozino (2016) .....	19
Figure 3 : Formation de l'équipe lors des matchs analysés ainsi que les différentes positions ....	21

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

$D_{rf}$  : Taux de réduction en termes de ratio de force ( $R_f$ ) lorsque la vitesse augmente pendant le sprint

$FV_{imb}$  : Pourcentage de la différence entre la pente actuelle et la pente optimale du profil de force-vitesse

$F_0$  : Force horizontale maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse

$F_{0rel}$  : Force horizontale maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse relative au poids de l'individu évalué

HZT- : Spécifie que la variable a été mesurée ou estimée lors d'une méthode d'évaluation horizontale du profil de force-vitesse

PFV : Profil de force-vitesse

$P_{max}$  : Puissance horizontale maximale générée

$R_f$  : Ratio de la composante horizontale de la force de réaction du sol de chaque pas en moyenne en rapport avec la force résultante correspondante

$R_{fmax}$  : Valeur théorique maximale de  $R_f$  (correspond au ratio de force générée au départ du sprint)

$S_{fv}$  : Pente actuelle du graphique du profil de force-vitesse

$S_{fvopt}$  : Pente optimale du graphique du profil de force-vitesse

$V_0$  : Vitesse de course maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse

# **CHAPITRE 1**

## **INTRODUCTION**

### **1.1 Le rôle de la condition physique dans les sports**

Dans le monde des sports, les qualités physiques prennent de plus en plus d'importance. Tel que le définit le thésaurus de l'activité gouvernementale (2022), la notion de condition physique réfère à l'état des attributs physiques tels que la puissance musculaire, la force musculaire et l'endurance musculaire. Que ce soit dans les sports individuels ou dans les sports d'équipes, le temps dédié à l'évaluation de la condition physique et à son analyse, ainsi qu'au développement des qualités physiques qui s'y attachent, s'avère grandissant. En effet, une compréhension plus approfondie de la condition physique et des paramètres de performance athlétique permettrait non seulement de cibler les éléments à améliorer, mais également d'exploiter leur plein potentiel afin de maximiser les performances dans le sport.

Le profil de force-vitesse (PFV) représente l'un des nombreux aspects de la condition physique en émergence dans le domaine de la performance sportive. Brièvement, le PFV peut être défini comme étant la relation décrivant les capacités mécaniques maximales du système neuromusculaire des membres inférieurs (Morin & Samozino, 2016). Cependant, une compréhension plus approfondie de ce que la mesure du PFV peut apporter à l'ensemble des sports est requise afin de mieux exploiter l'information qu'elle fournit. Par exemple, l'évaluation du PFV d'une joueuse de volley-ball pourrait permettre d'identifier la composante de la puissance (i.e. force ou vitesse) à développer lors de son prochain programme d'entraînement. Puisqu'il est possible d'estimer le PFV de chaque athlète ainsi que son profil optimal, il est donc également possible d'exposer la différence entre les deux (Petridis & al., 2021). Ainsi, la présence d'un déficit

en force ou en vitesse pourrait être rectifiée afin d'optimiser le PFV et donc améliorer la puissance maximale de cette athlète étant donné que la force maximale et la vitesse maximale sont des variables proportionnelles à la puissance maximale (i.e., Force x Vitesse = Puissance). En théorie, cela permettrait ensuite à cette joueuse d'atteindre plus de hauteur au filet afin de bloquer les attaques de son adversaire, entre autres.

## **1.2 L'importance de la condition physique au soccer**

Le soccer compte parmi ses adeptes presque la moitié de la population mondiale. Selon Parrish et Nauright (2014), il devient de plus en plus difficile de nier que le soccer est le produit le plus consommé à l'échelle planétaire avec 3,2 milliards de téléspectateurs lors de la Coupe du Monde 2010. Étant le sport le plus pratiqué au monde, l'accès aux plus hauts niveaux de compétition nécessite non seulement du talent, mais également des capacités physiques permettant de se démarquer du lot (Williams et al., 2003). Autrefois, la compréhension de ce qui différenciait les joueurs de soccer en comparaison avec le reste de la population se limitait à quelques observations élémentaires. Par exemple, il a été conclu que les caractéristiques majeures séparant les joueurs de soccer de la population générale était au niveau de l'endurance cardiovasculaire (évaluée au test de course de 12 minutes de *Cooper*) ainsi qu'au niveau de l'agilité (évaluée au test d'agilité *Illinois*) (Raven et al., 1976). Cependant, lorsque comparés à des athlètes de différentes disciplines (i.e., skieurs cross-country, joueurs de football américain, haltérophiles, etc.), les joueurs de soccer ne semblent pas se démarquer en termes de  $\dot{V}O_{2\max}$  ni en pourcentage de masse grasse (Raven et al., 1976). Bien que simplistes, il peut être déduit que ces observations n'ont pas vraiment de lien direct avec le niveau de performance spécifique au soccer. En 1997, Jankovic et ses collègues ont comparé des joueurs de soccer âgés entre 15 et 17 ans afin de tenter d'identifier quelles variables

physiologiques permettraient de prédire le succès de ces joueurs dans leur future carrière de soccer. Leurs résultats stipulent que les joueurs ayant été sélectionnés par des clubs dans les meilleures ligues en Croatie, Allemagne, Italie et Angleterre étaient ceux qui avaient une meilleure condition physique (i.e.,  $\dot{V}O_{2max}$ , puissance anaérobie, force de préhension, force abdominale et volume cardiaque) tandis que ceux avec de moins bonnes conditions ne surpassaient pas le niveau de ligues régionales (Williams & Reilly, 2000). Plus récemment, le niveau de performance au soccer a été associé à la capacité des attaquants à se déplacer rapidement avant et après la réception du ballon (Wallace et al., 2014). Également, les défenseurs ayant le plus de succès étaient ceux qui atteignaient de plus grandes vitesses par rapport à leurs adversaires afin d'intercepter la trajectoire du ballon. Par ailleurs, la fréquence de passes ainsi que la vitesse à laquelle le ballon se déplace a augmenté de façon linéaire de 35% au fil des 44 dernières années (Wallace et al., 2014). Cette tendance croissante au niveau de la vitesse de jeu s'avèrerait crucial au succès des équipes de soccer d'aujourd'hui (Frencken et al., 2011). D'autant plus, les équipes ayant le plus de succès aux dernières Coupes du Monde sont celles ayant effectué une quantité de passes considérablement supérieure en comparaison aux équipes qui ont eu des résultats moins favorables (Wallace et al., 2014).

Il a aussi été démontré que dans les tactiques du soccer moderne, les équipes s'organisent de façon à augmenter la densité de joueurs et réduire le plus possible les espaces libres afin de défendre leur but. Cette évolution tactique accentue donc les besoins en vitesse, en ce qui concerne les déplacements du ballon et des joueurs, afin de créer un déséquilibre offensivement, se démarquer avec ainsi que sans ballon, et éliminer la couverture défensive. Afin d'augmenter les chances de provoquer ce déséquilibre, une tendance au niveau des arrêts de jeu a été dénotée. En effet, en étudiant les finales des Coupes du Monde de 1966 à 2010, le ratio de temps de jeu en rapport avec le temps d'arrêt de jeu est passé de 4 : 1 à 1,5 : 1 (Wallace et al., 2014). Ainsi, pour chaque minute

et demie de temps de jeu, il y aurait une minute d'arrêt de jeu. Ce phénomène peut également être observé au niveau de la diminution de temps de jeu total relatif au temps total réglementaire (i.e., 90 minutes). Effectivement, le temps de jeu en pourcentage est passé d'environ 70% à 50% du temps total réglementaire (Wallace et al., 2014). Cette inclination pourrait être causée par les demandes d'intensités grandissantes dans le soccer moderne. Les joueurs prendraient donc davantage leur temps lorsque viennent les moments de remettre le ballon en jeu lors des rentrées de touche ou des coups de pied arrêtés afin de maximiser leurs temps de repos et d'optimiser leur récupération ponctuelle pour ultimement pouvoir répéter ces efforts (i.e., sprints et courses à hautes intensités) et ces tentatives de déséquilibre offensif. Somme toute, les études récentes tendent à démontrer que les exigences du soccer ont évolué au fil des années. Cela étant dit, l'évolution importante des exigences physiques du soccer en termes de vitesse de jeu et de puissance musculaire laisse croire que le profil athlétique des joueurs de soccer a également suivi une telle tendance. Il est donc plausible de considérer qu'il puisse exister une ou plusieurs corrélation(s) entre le PFV et la performance en matchs chez les joueurs de soccer.

## **CHAPITRE 2**

### **CADRE THÉORIQUE**

#### **2.1 Le profil de force-vitesse : notions fondamentales**

Lorsque pratiqué à un niveau considéré élite, le soccer nécessite plusieurs qualités physiques, physiologiques et motrices. Pendant un match réglementaire de 90 minutes, un joueur de soccer se déplace en moyenne sur une distance de 10 kilomètres à des intensités oscillant entre 80 et 90% de sa fréquence cardiaque maximale (Stølen et al., 2005). Bien que l'endurance cardiovasculaire et musculaire puissent sembler les plus importantes, la force et la puissance le sont tout autant. Par définition, la puissance est un produit de la force et de la vitesse qui consiste en la capacité neuromusculaire de performer la plus grande combinaison possible de ces deux variables afin d'engendrer une impulsion (Stølen et al., 2005). Pendant un match, plusieurs démonstrations de puissance sont performées telles que de courtes accélérations, des sprints, des sauts, des changements de direction et de vitesse, le tout en se maintenant en équilibre par l'intermédiaire d'importantes contractions musculaires tout en conservant le contrôle du ballon malgré la pression et les obstacles qu'imposent l'équipe adverse. Puisque la force maximale est l'une des qualités qui compose la puissance, elle l'influence donc considérablement. En fait, une relation significative a été observée entre la force maximale des athlètes, leur capacité à accélérer et leur vitesse de déplacement (Stølen et al., 2005). Donc, une force supérieure engendre nécessairement une meilleure accélération et une vitesse de course accrue. Similairement, Baena-Raya et al. (2021) ont conclu que la force maximale (i.e.,  $F_0$ ) devrait être développée afin d'engendrer une meilleure accélération lors de sprints. Ces qualités sont essentielles à la performance au soccer lors d'actions telles que se tourner, sprinter et changer de vitesse (Bangsbo,



1994). En optimisant la capacité contractile des groupes musculaires appropriés, le potentiel de performance au soccer devrait donc par la même occasion s'améliorer.

### **2.1.1 Définitions des concepts**

Les mouvements dits balistiques sont exécutés à des vitesses et accélérations maximales. Ceux-ci sont caractérisés par des contractions musculaires brèves, mais permettant de développer un niveau considérable de force (Zehr & Sale, 1994). Autrement dit, un exemple parfait de mouvement balistique serait lorsqu'un individu tente d'atteindre sa vitesse maximale à la course à pied ou encore un saut maximal, en hauteur ou en longueur. D'un point de vue mécanique, il peut être déduit de la seconde loi de Newton que le mouvement d'un corps résultera directement des forces auxquelles il est soumis. Ainsi, lors de mouvements balistiques, la vitesse résultante du centre de masse du corps dépendra directement de la ou les foulée(s) effectuée(s) engendrant ainsi l'accélération ou le saut (Samozino et al., 2012). Sachant cela, il devient donc impératif de savoir quelle caractéristique mécanique des membres inférieurs a le plus d'influence sur les impulsions dont il est question : la force ou la vitesse? Cela explique possiblement l'intérêt grandissant dans le monde de la performance sportive sur le PFV.

Lorsqu'il est question du PFV, plusieurs variables sont à considérer ainsi que leurs relations interdépendantes. En premier lieu, il est important de savoir que la force, lorsqu'illustrée en relation avec la vitesse de contraction musculaire, représente théoriquement une droite décroissante (i.e., pente négative). En second lieu, il existe une relation force-vitesse-puissance pouvant être décrite par une parabole. Les relations exposées ci-haut sont démontrées dans la Figure 1 tirée de Jiménez-Reyes et al. (2018).

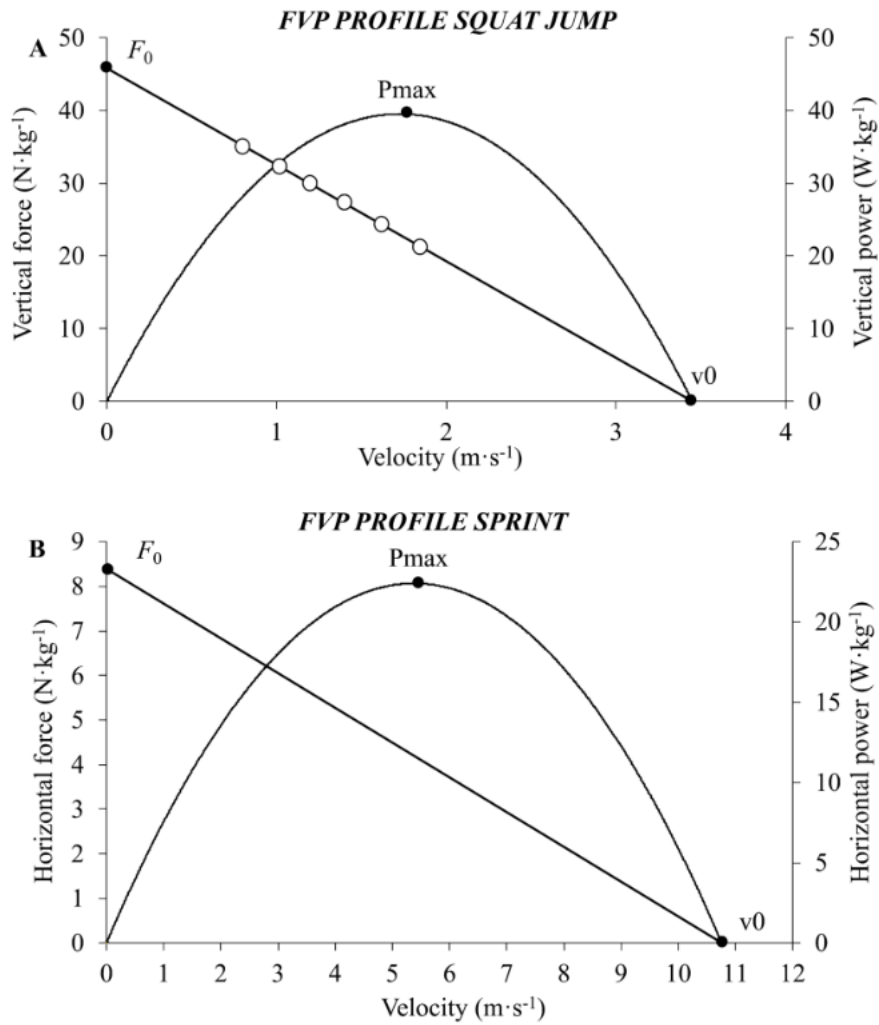


Figure 1 : Graphiques de profils de force-vitesse obtenus au squat sauté (A) et au sprint (B)

Parmi les variables identifiées dans la Figure 1,  $F_0$  représente la force maximale théorique développée lorsque la vitesse est nulle (i.e., vitesse = 0 m/s) (Samozino et al., 2012).  $P_{\text{max}}$  correspond à la puissance maximale pouvant être générée par les membres inférieurs en une seule répétition d'extension des membres inférieurs et  $V_0$  est à la vitesse maximale théorique de contraction musculaire atteinte lors d'une répétition à charge minimale. La relation

interdépendante des variables  $F_0$ ,  $V_0$  ainsi que  $P_{\max}$  en vient à la formule suivante :  $P_{\max} = F_0 V_0 / 4$ , où  $P_{\max}$  est mesuré en W/kg,  $F_0$  en N/kg et  $V_0$ , en m/s.

Cela étant dit, le Tableau 1 à la page suivante résume les définitions des variables d'intérêt tout en exposant la pertinence d'une investigation plus approfondie de la relation du PFV avec la performance au soccer.

Tableau 1 : *Les variables ainsi que leur pertinence au soccer*

Variables	Définitions	Rôles	Liens avec le soccer	Références
Puissance maximale ( $P_{\max}$ )	Puissance maximale produite en une seule extension des membres inférieurs	Définit l'ampleur de l'impulsion résultante	Variable la plus corrélée à la performance aux changements de direction	(Samozino et al., 2012) ; (Baena-Raya et al., 2021).
Force maximale ( $F_0$ )	Force maximale théorique lorsque la vitesse est nulle	Valeur théorique permettant de déterminer le profil de force	Variable associée à la performance d'accélération sur de courtes distances	(Samozino et al., 2012) ; (Baena-Raya et al., 2021).
Vitesse maximale ( $V_0$ )	Vitesse maximale théorique à laquelle les membres inférieurs font une extension lorsque la charge est nulle	Valeur théorique permettant de déterminer le profil de vitesse	Variable corrélée à la performance de sprints à vitesse maximale ou quasi-maximale	(Samozino et al., 2012) ; (Jiménez-Reyes et al., 2019).

### 2.1.2 Comment établir le PFV?

Tout comme pour n'importe quelle qualité physique ou physiologique, il existe plusieurs façons d'établir le PFV d'un athlète. Il est possible de séparer ces différentes méthodes d'évaluation en deux catégories : les méthodes horizontales et verticales.

En ce qui concerne les méthodes d'évaluation verticales validées, la procédure la plus communément employée consiste en plusieurs squats sautés ou *countermovement jump* (CMJ) avec différentes charges additionnelles (i.e., de 10 à 90 kg) à la masse corporelle de l'individu évalué (Jimenez-Reyes et al., 2018). Certains protocoles préfèrent cependant opter pour des charges additionnelles relatives à la masse corporelle, telles que 25%, 50%, 75% et 100% de la masse corporelle de l'individu évalué ou encore de 20%, 40%, 60% et 80% de la masse corporelle (Petridis et al., 2021; Simpson et al., 2021 respectivement). À l'aide de plaques de force ou d'un système de mesure optique, la hauteur de chaque squat sauté performé est obtenue (Jimenez-Reyes et al., 2018). Les valeurs de force, de vitesse et de puissance sont ensuite calculées par l'intermédiaire d'équations basées sur les variables suivantes : la masse totale (i.e., corporelle et additionnelle), la hauteur atteinte du saut et la distance parcourue par le centre de masse des participants.

Dans le cas des méthodes d'évaluation horizontales, il est possible de déduire le PFV au sprint en utilisant l'algorithme d'un programme informatique, des photocellules ainsi qu'un accéléromètre (Gurchiek et al., 2019). Toutefois, les interprétations de la vitesse maximale par l'algorithme démontrent une marge d'erreur considérable. Il a également été démontré qu'il est possible d'évaluer le PFV de joueurs de soccer en se servant de leurs données de *global positioning system* (GPS) lors de séances d'entraînement sur le terrain (Morin et al., 2021). Cette méthode d'évaluation passive comporte plusieurs avantages tels que la spécificité au sport, l'économie du

temps et de la charge physique supplémentaire que provoquent les évaluations physiques, puis de fournir sur une base régulière des informations concernant la forme physique des athlètes sans constamment leur faire repasser des tests. Cependant, cette méthode expérimentale reste à être validée. De plus, il est possible d'évaluer le PFV à l'horizontal en utilisant un radar de vitesse Stalker Acceleration Testing System (ATS) II afin de mesurer la vitesse instantanée des participants pendant qu'ils performant un sprint sur une distance de 30 à 40 mètres (Jimenez-Reyes et al., 2018). Après deux à trois sprints maximaux, les données du sprint le plus rapide de chaque participant est retenu afin d'extrapoler le PFV de chacun. Pour se faire, la méthode validée de Samozino et al. (2016) est employée. Brièvement, celle-ci consiste en l'application des lois de Newton permettant de déduire de la vitesse de course et de la masse corporelle de l'individu évalué, son PFV. Le temps de sprint sur 20 mètres est ensuite déterminé grâce aux données recueillies (Jiménez-Reyes et al., 2018).

### **2.1.3 Les variables qui influencent le PFV**

Plusieurs facteurs peuvent influencer le PFV d'un individu. Bien évidemment, son niveau de condition physique fait partie de ces éléments, mais qu'en est-il des variables plus discrètes telles que le sport pratiqué, le niveau du sport atteint par l'athlète ou encore son genre? Est-ce qu'un athlète professionnel a nécessairement un PFV plus optimal que celui qui pratique le même sport mais à un niveau compétitif (i.e., semi-professionnel)? Qu'advient-il des sports très similaires comme le soccer en comparaison avec le futsal, au même niveau de pratique relatif au sport (i.e., un joueur professionnel de soccer en comparaison avec un joueur professionnel de futsal)? Ces distinctions seront abordées dans les prochains paragraphes de ce chapitre.

En premier lieu, le sport pratiqué exerce une influence sur le PFV. Tel que stipulé dans l'étude de Baena-Raya et al. (2021), les joueurs de tennis, de soccer et de basketball ont une prédominance en application de force à l'horizontal. Cette prééminence existe en raison des exigences en changement de direction dans ces sports. En effet, la forte corrélation entre  $F_0$  et la performance aux changements de direction de joueurs de tennis pourrait être attribuée aux demandes mécaniques du sport qui requièrent constamment de courtes accélérations (Fernandez-Fernandez et al., 2009). La même conclusion pourrait être tirée pour le soccer et le basketball puisque  $P_{\max}$  est la variable la plus fortement associée au changement de direction chez les joueurs de soccer, suivi de très près par  $F_0$  (Baena-Raya et al., 2021). Une corrélation similaire pour ces variables est observée chez les joueurs de basketball. Effectivement, les joueurs de basketball performant souvent des 180° sur de courtes distances afin de se positionner entre leurs adversaires durant les phases défensives pour limiter les angles de passes (Spiteri et al., 2015). Les joueurs de basketball sont donc prédisposés à développer plus de force et de puissance (Spiteri et al., 2014). Plus récemment, Glaude-Roy et al. (2023) ont émis l'hypothèse que différentes variables de tests anaérobiques chez des joueurs de hockey seraient associées à certains paramètres du PFV. L'un des tests investigués évaluait la capacité à répéter des sprints (i.e., *Repeated sprint ability* ou RSA). Ce test est composé d'un sprint de 20 mètres, un changement de direction de 180°, puis un second sprint de 20 mètres afin de revenir à la ligne de départ. Les athlètes avaient 30 secondes pour effectuer chaque aller-retour avant d'enchaîner avec le suivant, et répétaient ceux-ci pour un total de six fois. Entre autres, les résultats de cette étude démontrent que  $V_0$  et  $P_{\max}$  seraient associés au temps total de sprint (i.e., le temps total des six sprints) ainsi qu'à la meilleure répétition effectuée (i.e., le temps le plus court enregistré pour un aller-retour) (Glaude-Roy et al., 2023). Il pourrait donc être conclu que les athlètes ayant une meilleure capacité à répéter des sprints ont également des valeurs de  $V_0$  et  $P_{\max}$  supérieures.

En second lieu, abordons les différences au niveau du PFV des joueurs pratiquant deux sports similaires, mais différents tout de même, tels que le soccer et le futsal. Notamment, le futsal consiste en du soccer intérieur, mais avec un ballon et une surface qui diffèrent du soccer. Le futsal se joue avec un ballon plus petit qui rebondi peu, sur une surface dure et considérablement plus petite qu'au soccer et se joue à cinq contre cinq tandis que le soccer se joue à onze contre onze sur du gazon synthétique ou naturel. Les résultats indiquent que la puissance maximale (i.e.,  $P_{\max}$ ) est similaire pour les joueurs pratiquant ces deux sports, mais que leur PFV diffère tout de même (Jiménez-Reyes et al., 2019). En effet, les joueurs de futsal démontrent une meilleure force maximale tandis que les joueurs de soccer, une meilleure vitesse maximale, c'est-à-dire que les joueurs de futsal démontreraient une variable  $F_0$  supérieure tandis que les joueurs de soccer afficheraient une variable  $V_0$  plus élevée. Cette différence observée est probablement causée par les différences d'exigences physiques spécifiques à ces deux sports. L'étude d'Unveren (2015) était arrivée à une conclusion similaire dans laquelle des joueuses de futsal avaient enregistré de meilleures performances au sprint et en agilité que des joueuses de soccer. On peut donc conclure que la pratique d'un sport qui exige énormément de changements de direction et d'accélération sur de courtes distances, tel que le futsal, le tennis ou encore le basketball, engendre un PFV penchant davantage en faveur d'une variable  $F_0$  accrue. Le lien de causalité de cette relation reste tout de même à explorer puisqu'il ne peut pas être exclu que certains pratiquent ces sports parce qu'ils détiennent un  $F_0$  prééminent, plutôt qu'un  $F_0$  supérieur causé par la pratique du sport.

Finalement, le PFV des hommes s'avèrent significativement supérieur à celui des femmes. Lorsque Jimenez-Reyes et al. (2019) ont recrutés des hommes et des femmes évoluant dans la première division professionnelle de soccer et de futsal d'Espagne afin, entre autres, d'observer les différences liées au sexe, il a été conclu que les hommes ont des valeurs de  $V_0$  et  $F_0$  plus élevées. Somme toute, les hommes, pour un même niveau professionnel au soccer ou au futsal, rapportent



une variable  $P_{\max}$  supérieure. Ce résultat pourrait être grâce à une meilleure capacité des hommes à appliquer efficacement leur force maximale en horizontal afin d'atteindre une vitesse maximale de course supérieure à celle des femmes.

Ultimement, le développement de la puissance a longtemps été une source d'intérêt et de débat en ce qui concerne la meilleure méthode d'optimisation de celle-ci (Samozino et al., 2012). Notez qu'il n'est pas nécessairement question de la meilleure méthode d'entraînement, mais plutôt de l'amélioration de la qualité précise qui permet d'augmenter le plus efficacement la puissance maximale (i.e.,  $P_{\max}$ ). Il est donc question d'optimiser la variable  $P_{\max}$  en améliorant les capacités en lien avec la force ou la vitesse (Samozino et al., 2012). Samozino ainsi que son équipe de chercheurs ont répondu à cette question de recherche en 2012. Entre autres, il a été conclu que la façon la plus efficace d'améliorer la performance de mouvements balistiques tels que les sauts, les sprints ou tout autre mouvement balistique pluri-articulaire des membres inférieurs et supérieurs est par l'entremise de l'augmentation de la variable  $P_{\max}$  et de l'optimisation du PFV. Cela étant dit, un PFV optimal devrait s'avérer un atout au soccer et permettrait de meilleures performances sur le terrain (Simpson et al., 2021). Cependant, aucune étude ne s'est intéressée à une comparaison directe du PFV avec la performance sportive spécifique à l'athlète. Ce qui nous mène à notre question de recherche : existe-t-il une corrélation entre les paramètres du PFV et la performance au soccer en contexte de match?

## **CHAPITRE 3**

### **PROBLÉMATIQUE**

Les sections précédentes démontrent la pertinence du PFV dans le contexte de l'optimisation de la performance sportive. À ce jour, seule la performance de mouvements balistiques a été comparée au PFV d'individus tels que le saut, le sprint ou encore, les changements de direction. Sachant cela, et puisque le soccer moderne continue d'évoluer, il devient pertinent de vérifier l'association du PFV directement sur la performance sportive dans des contextes plus spécifiques au soccer, comme les performances en matchs (Wallace et al., 2014). En effet, la capacité du joueur de soccer à accélérer et sprinter s'avère d'une importance grandissante (Haugen et al., 2014). Alors, pourquoi ne pas investiguer si l'optimisation du PFV apporte nécessairement de meilleures performances sportives lors de matchs de soccer? Pour répondre à une telle question, quelques défis découlent de l'implantation de ce concept sur le terrain. Dans les sections suivantes, la validité du PFV en lien avec la performance réelle en matchs ainsi que l'intégration du concept dans les processus de préparation physique des joueurs seront abordées.

#### **3.1 Validité du PFV avec la performance réelle en situations de match**

Bien que certaines qualités physiques soient essentielles à la performance dans les sports tels que le soccer, une multitude d'autres attributs exercent une influence sur celle-ci. Par exemple, il a été dénoté par Reilly et Holmes (1983) que les principaux facteurs permettant d'évaluer les habiletés techniques de joueurs de soccer sont les passes, les tirs, les contrôles et les dribbles. Toutefois, ces données ne sont considérées que complémentaires aux habiletés mentales et physiques nécessaires pour avoir du succès au soccer (Reilly et al., 2000). Effectivement, les

données qui caractérisent le mieux les joueurs élités comparativement aux joueurs sous-élités étaient au test d'agilité, aux tests de sprint (i.e., 15, 25 et 30 mètres) et au test d'anticipation en situations d'un contre un (Reilly et al., 2000). Également, les joueurs élités possédaient une puissance aérobie supérieure, étaient meilleurs au saut vertical et étaient davantage orientés sur la tâche (i.e., *task oriented*) au niveau de l'atteinte de leurs objectifs. En somme, la vitesse, l'agilité, l'orientation motivationnelle et les compétences perceptuelles seraient les meilleurs indicateurs de talent au soccer (Reilly et al., 2000).

Bien que la performance en matchs puisse être définie par un ensemble de facteurs, le sprint, le saut ainsi que l'agilité semblent être des variables prédominantes dans le domaine du soccer puisque ce sont des composantes qui réfèrent à la puissance musculaire. Ainsi, l'évaluation du PFV au soccer devient non seulement pertinente, mais plutôt fondamentale pour les préparateurs physiques. Une compréhension plus spécifique de ce qui compose le succès des joueurs de soccer élités permettrait donc d'orienter plus efficacement les interventions en préparation physique pour ces athlètes. Plus précisément, des connaissances plus approfondies sur le PFV de joueurs de soccer élités représenteraient des avancées intéressantes en termes d'identification de talents, certes, mais aussi au niveau de la préparation physique à des fins d'amélioration des performances des athlètes dans le sport et ce, à court, moyen et long terme.

### **3.2 Intégration dans les processus de préparation physique des joueurs**

Alors que diverses évaluations de la condition physique ont pour simple objectif d'effectuer un constat de l'ensemble des qualités physiques d'un athlète, d'autres servent à révéler plus spécifiquement certaines qualités à des fins de perfectionnement et développement avant qu'une période de compétition ne débute.

Dans cette optique, plusieurs études se sont attardées à mettre en lumière l'ampleur des bénéfices que représente l'optimisation du PFV sur la performance sportive. En fait, les résultats de l'étude menée par Petridis et al. (2021), auprès de joueuses de volley-ball et de handball évoluant pour l'équipe nationale de la Hongrie, dénotent l'influence qu'ont les programmes d'entraînement sur le PFV. Effectivement, les joueuses démontrant un déficit de force étaient celles qui avaient préalablement participé à un nombre moindre de séances d'entraînement en force. D'ailleurs, il a été prouvé que la performance du saut peut être améliorée grâce à l'entraînement en force spécifiquement basé sur le déséquilibre du PFV. D'autant plus, l'étude de Jimenez-Reyes et al. (2017) a démontré expérimentalement que de remédier au déséquilibre du PFV évalué à la verticale (i.e., CMJ) améliore la performance au saut et pourrait donc par la même occasion améliorer la performance sportive au volleyball et au handball puisque qu'une relation sous-optimale du PFV affecte négativement la performance dans le sport (Petridis et al., 2021). Similairement, il a été conclu qu'une intervention orientée par le PFV et ayant pour objectif de l'optimiser, améliore la performance sportive au rugby (Simpson et al., 2021). Plus précisément, le but de cette étude était d'évaluer l'efficacité de programmes d'entraînement basés sur l'optimisation du PFV d'athlètes évoluant dans la *Rugby League*. À la suite des évaluations pré-intervention, les athlètes étaient séparés en deux groupes : le groupe expérimental recevant le programme d'entraînement d'optimisation du PFV et le groupe contrôle recevant un programme d'entraînement traditionnel de force et puissance. En résumé, une plus grande amélioration a été observée au niveau de la performance des squats sautés ainsi qu'au 3-RM (i.e., trois répétitions avec la plus grande charge possible) au squat avec la barre au dos auprès du groupe expérimental en comparaison au groupe contrôle. Puisque ces tests représentent des prédicteurs de performance au rugby, il peut être déduit qu'une intervention basée sur l'optimisation du PFV améliore la performance sportive (Simpson et al., 2021).

D'un point de vue plus spécifique à l'évaluation du PFV à l'horizontale (i.e., sprint), Morin et Samozino (2016) énoncent plusieurs instructions afin d'orienter les interventions selon la faiblesse observée chez l'athlète évalué. Entre autres, il est expliqué que l'amélioration de la performance au sprint devrait être faite en augmentant le  $P_{\max}$  horizontal (HZZ-P<sub>max</sub>) par l'intermédiaire de l'optimisation des variables  $F_0$  et  $V_0$  communément appelées HZZ-F<sub>0</sub> et HZZ-V<sub>0</sub> respectivement lorsqu'évaluée au sprint (Morin & Samozino, 2016). Ces paramètres sont définis dans le Tableau 2.

Tableau 2 : *Définitions des variables horizontales tirées de Morin et Samozino (2016)*

Variables horizontales	Définitions
<b>HZZ-F0 (N/kg)</b>	Force horizontale maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse (correspond à l'ordonnée à l'origine dans la Figure 1)
<b>HZZ-V0 (m/s)</b>	Vitesse de course maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse (correspond à l'abscisse à l'origine dans la Figure 1)
<b>HZZ-Pmax (W/kg)</b>	Production de puissance mécanique horizontale maximale (correspond au sommet de la parabole dans la Figure 1)

Dans la Figure 2, la variable à peaufiner est identifiée selon la partie du sprint de l'athlète qui fait défaut. Par exemple, si l'athlète démontre une bonne accélération dans les 15 premiers mètres, mais n'atteint pas une vitesse maximale respectable ou attendue après 15 mètres, cela voudrait dire qu'une intervention en préparation physique devrait être faite au niveau de la variable HZZ-V<sub>0</sub> afin de remédier à la lacune en lien avec la vitesse maximale. Dans une situation contraire, si l'athlète démontre une bonne vitesse maximale dans la 2<sup>e</sup> partie de son sprint, mais qu'il a besoin

de 15 mètres avant d'atteindre celle-ci, cela indiquerait un besoin d'intervention au niveau de la variable HZT-F<sub>0</sub> de l'athlète.

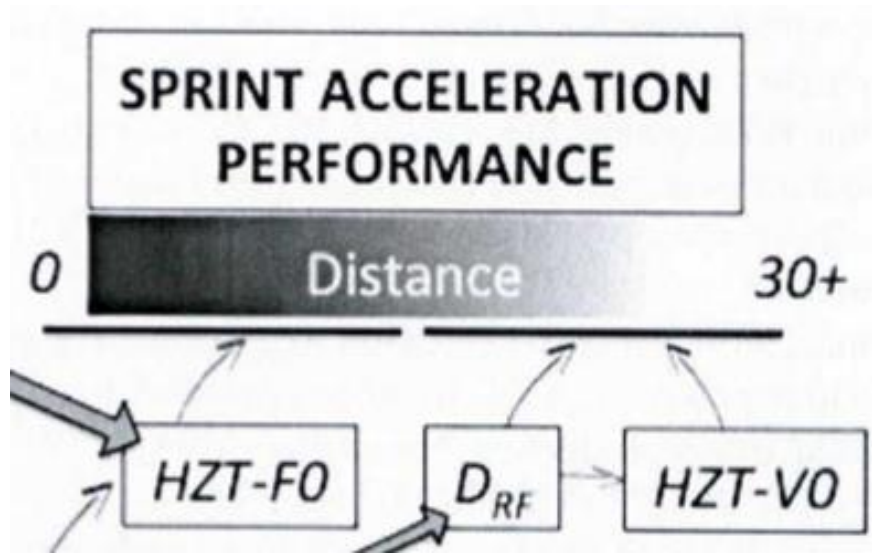


Figure 2 : Arbre décisionnel afin d'orienter l'intervention selon la performance au sprint adapté de Morin et Samozino (2016)

### 3.3 Objectif et hypothèse de recherche

Étant donné l'émergence de la méthode d'évaluation que représente le PFV ainsi que sa relation indéniable avec la performance de mouvements balistiques, il devient donc essentiel d'investiguer le lien entre le PFV et les performances sportives en contexte de compétition. Cela étant dit, l'objectif de cette étude est d'observer les liens entre les paramètres du PFV et les performances en matchs au sein d'une population de joueurs de soccer compétitifs.

Quelques hypothèses peuvent être tirées de la revue de littérature effectuée jusqu'à présent. Cela étant dit, l'hypothèse principale de recherche est que les joueurs ayant un PFV équilibré ou se rapprochant de leur profil optimal auront de meilleures prestations sportives en générale en

situations de match. Plus spécifiquement, il est anticipé que les joueurs ayant une pente de PFV (i.e.  $Sfv$ ) se rapprochant de leur pente optimale (i.e.  $Sfv_{opt}$ ) auront de meilleures statistiques indicatrices de performance.

Considérant la nature exploratoire de cette étude, nous n'émettons aucune hypothèse plus spécifique concernant les associations entre les performances sportives des athlètes de soccer en matchs et leur PFV.

## CHAPITRE 4

### MÉTHODOLOGIE

#### 4.1 Participants

L'échantillon est constitué de joueurs de l'équipe masculine de soccer de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) : Les Patriotes, équipe championne à l'automne 2023 des séries éliminatoires universitaires du Réseau du Sport Étudiant du Québec (RSEQ), ligue de niveau compétitif du Québec. La formation de l'équipe (i.e. 3-5-2, donc 3 défenseurs, 3 milieux + 2 pistons et 2 attaquants) ainsi que les positions qui y sont associées sont illustrées dans la Figure 3.

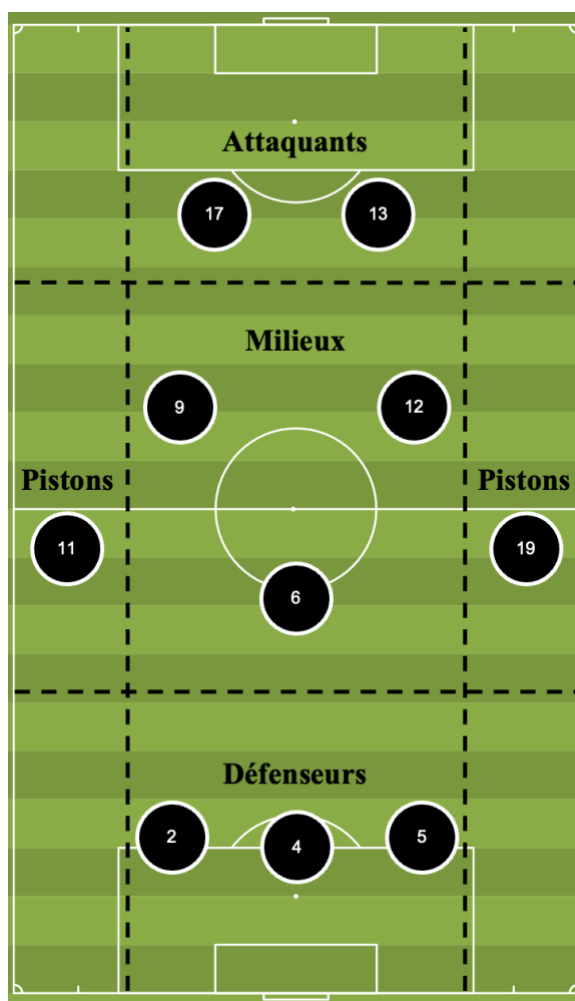


Figure 3 : Formation de l'équipe lors des matchs analysés ainsi que les différentes positions



Les gardiens ainsi que les joueurs de champ absents ou inaptes lors de la journée des tests physiques de présaison ont été exclus de l'analyse : les gardiens, en raison des caractéristiques qui définissent la qualité de leur performance qui diffèrent grandement de celles des joueurs de champ, puis les joueurs de champs absents et inaptes (i.e., blessés), puisqu'ils n'étaient pas en mesure de compléter leurs répétitions au sprint de 30 mètres. De plus, les joueurs de champ ayant un temps de jeu limité lors des sept matchs analysés de la saison d'automne 2023 ont été exclus de l'analyse. Plus précisément, les joueurs ayant un temps de jeu inférieur à l'équivalent d'un match entier (i.e., 90 minutes) ont été exclu de l'analyse. Les caractéristiques des 12 participants retenus (âge :  $23 \pm 2$  ans ; taille :  $1,78 \pm 0,06$  m ; poids :  $76,50 \pm 6,59$  kg) à la suite des critères d'exclusion sont détaillées selon leur position dans le chapitre « Résultats » (Tableau 7). Tous les joueurs étaient libres de signer le formulaire d'informations et de consentement afin de participer à l'étude pour laquelle le comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a fourni un certificat d'éthique (CER-22-289-07.21) (voir annexe A).

## **4.2 Procédures**

### **4.2.1 Conception expérimentale**

De manière globale, la collecte de données a été faite en trois étapes. La première étape consistait à prendre les mesures anthropométriques (i.e., la taille et le poids) des joueurs lors des tests physiques de présaison. La seconde étape était de faire passer deux répétitions de sprint de 30 mètres et d'en extrapoler le PFV pour chaque athlète à l'aide de la méthode Samozino et al. (2016) expliquée ci-dessous dans la section « Analyses des données ». La troisième et dernière étape était d'observer et d'analyser plusieurs matchs de la saison d'automne filmés à l'aide de

caméras Veo (Copenhague, Danemark) et Spiideo (Malmö, Suède) afin de noter toutes les statistiques individuelles pertinentes à la performance spécifique au soccer.

Tableau 3 : *Chronologie des étapes de la collecte de données*

<b>Tests physiques de présaison</b>	Mesures anthropométriques	Août 2023
	Sprint 30 mètres	
<b>Compétition (Saison d'automne)</b>		Septembre à novembre 2023
<b>Observation des matchs</b>	Rencontre avec experts	Décembre 2023
	Analyse des matchs	Janvier à mars 2024

#### Tests physiques de présaison :

En premier lieu, les mesures anthropométriques des joueurs ont été prises. Les conditions préalables à la mesure de leur poids ont été respectées (i.e. à jeun depuis trois heures). Une période de collations d'environ 30 minutes a été octroyée. En second lieu, une présentation du test a été faite avant de se diriger sur le terrain synthétique. En troisième et dernier lieu, un échauffement standard spécifique au soccer a été suivi et les répétitions de sprint ont été effectuées.

## **4.2.2 Variables et instruments**

### **4.2.2.1 Données collectées en présaison**

#### Mesures anthropométriques :

La taille a été mesurée à l'aide d'une toise graduée par incréments de 0,5 cm se trouvant sur une balance à colonne Detecto (Webb City, États-Unis). Le poids, quant à lui, a été mesuré par une balance à bio-impédance InBody (Ottawa, Canada) de modèle 570 précis au 0,01 kg près. Les athlètes ont tous respecté les conditions préalables à la mesure de leur poids, c'est-à-dire qu'ils étaient tous à jeun depuis au moins trois heures.

#### Test de sprint :

Les variables d'intérêt extrapolées à partir du sprint de 30 mètres sont  $V_0$ ,  $F_0$  ainsi que  $P_{\max}$ . Celles-ci permettent d'établir le PFV relatif à chaque athlète. Les instruments utilisés afin de procéder à l'évaluation du PFV au sprint consistent en une combinaison d'un radar de vitesse Stalker Acceleration Testing System (ATS) II (Richardson, États-Unis), qui mesure la vitesse instantanée de l'athlète tout au long de son sprint, ainsi qu'un système de photocellules Swift Performance (Wacol, Australia) qui démarre et arrête le chronomètre dès que l'athlète passe entre ceux-ci à la ligne de départ et à la ligne d'arrivée. L'utilisation de ce modèle de radar et de photocellules est considérée comme étant la norme en termes de critère de validité pour ce type d'évaluation du PFV à l'horizontale (i.e., sprint) tel qu'exposé par Jimenez-Reyes et al. (2019).

#### 4.2.2.2 Données collectées en matchs

##### Processus d'élaboration d'une grille d'analyse :

En ce qui concerne les statistiques indicatrices de performance, celles-ci ont été comptabilisées à l'aide de définitions claires prédéfinies et validées par cinq experts en soccer consultés. Il est à noter que les experts consultés ont minimalement deux des critères suivants : 10 ans d'expérience en tant que joueur élite au Québec (i.e., catégories AAA et/ou collégial division 1 et/ou universitaire), un baccalauréat en sciences de l'activité physique et plusieurs années d'expérience en tant qu'entraîneur de soccer. D'ailleurs, la plupart des experts consultés ont entraîné des équipes élités pendant au moins 8 ans et ont diverses formations offertes par Soccer Québec et Soccer Canada, leur permettant d'entraîner au plus haut niveau du soccer québécois. Lors d'une rencontre avec ces experts, les statistiques indicatrices de performance ainsi que leur définition leurs ont été présentées. Ensuite, à l'aide d'un sondage (voir annexe B), ils ont pu s'exprimer sur les modifications qu'ils apporteraient aux statistiques de performance pertinentes à cette étude et à leur définition. Le tout a permis la création d'une grille d'analyse (voir l'exemple des 30 premiers événements du match #7 en annexe C) utilisée lors de l'observation des sept matchs. Plus spécifiquement, cette grille a servi à noter chaque action pertinente à l'étude ainsi que les joueurs responsables de ces actions. Par exemple, si un joueur effectuait un dribble, que celui-ci était réussi et qu'un centre était ensuite tenté, alors ce joueur se voyait octroyé ces statistiques indicatrices de performance dans la grille d'analyse en indiquant le numéro de chandail du joueur, le moment du match où ces actions ont eu lieu, les abréviations correspondant aux actions (voir annexe D) ainsi qu'un commentaire décrivant l'action si nécessaire. Cela étant dit, le Tableau 4 illustre toutes les statistiques et leur définition à la suite de la contribution des experts.

Tableau 4 : *Définitions des statistiques indicatrices de performance validées par les experts*

<b>#</b>	Numéro de chandail du joueur
<b>Positions</b>	Position du joueur sur le terrain (i.e., défenseur, milieu, piston ou attaquant)
<b>Alignement partant</b>	Sélection du joueur dans la composition d'équipe débutant le match
<b>Passes décisives</b>	Le joueur effectuant une passe au buteur se voit octroyé une passe décisive.
<b>Chances de marquer</b>	Situation dans laquelle un joueur se trouve lorsqu'il a une chance nette de marquer (i.e. face à face avec le gardien, à 20m ou moins du but avec potentiel de tirer et marquer, etc.)
<b>Chances de marquer créées</b>	Situation de marquer créée par un joueur en déjouant un adversaire ou en attaquant un espace offensif sur le terrain en ayant le ballon au pied résultant en une chance nette de marquer (pour lui-même ou un coéquipier)
<b>Passes clés</b>	Passe à un coéquipier qui permet de progresser en éliminant au moins deux joueurs adverses (coups de pied arrêtés et touches exclus)
<b>Dribbles</b>	Action de tenter d'éliminer un adversaire par un geste technique ou par simple conduite de balle
<b>Dribbles réussis</b>	Action d'éliminer un adversaire par un geste technique ou par simple conduite de balle avec succès
<b>Tirs cadrés</b>	Tir qui serait converti en but s'il n'était pas arrêté par le gardien et/ou bloqué par un joueur adverse
<b>Fautes subies</b>	Action de se faire fauter par l'adversaire
<b>Centres</b>	Passe aérienne ou au sol à partir d'une position excentrée du terrain en direction d'un coéquipier placé devant le but (i.e., dans une zone offensive centrale) (corners exclus)
<b>Centres réussis</b>	Passe aérienne ou au sol à partir d'une position excentrée du terrain qui trouve un coéquipier placé devant le but avec succès (i.e., dans une zone offensive centrale)

<b>Duels défensifs gagnés</b>	Action de récupérer le ballon ou d'interrompre une action de l'adversaire lorsqu'il a le ballon en sa possession (une récupération de la possession compte également pour un ballon récupéré)
<b>Tacles</b>	Action de glisser au sol afin de tenter de récupérer le ballon ou d'interrompre une action de l'adversaire lorsqu'il a le ballon en sa possession
<b>Tacles réussis</b>	Action de glisser au sol afin de récupérer le ballon ou d'interrompre une action de l'adversaire avec succès sans commettre de faute (compte également comme un duel défensif gagné)
<b>Ballons récupérés</b>	Action de récupérer la possession du ballon
<b>Ballons récupérés en moitié offensive</b>	Action de récupérer le ballon en situation de phase de pression en zone offensive
<b>Ballons libres récupérés</b>	Action de récupérer le ballon lorsqu'il n'est en possession de personne
<b>Interceptions</b>	Action de couper une passe de l'adversaire (les interceptions qui assurent la possession et les déviations qui permettent à un coéquipier de récupérer la possession comptent également comme un ballon récupéré)
<b>Duels aériens gagnés</b>	Action de toucher un ballon aérien de la tête/épaule/poitrine lorsqu'en compétition directe avec un adversaire
<b>Tirs bloqués</b>	Action de contrer ou dévier un tir adverse dans l'optique de protéger son but

#### Association avec le profil de force-vitesse :

Dans le processus de consultation des experts, il leur a également été demandé de déterminer, pour chaque statistique, l'orientation de la relation qu'ils anticipaient observer en lien avec le PFV. Par exemple, est-ce qu'ils estimaient que les joueurs avec une force supérieure, une vitesse supérieure ou une puissance supérieure allaient obtenir plus de buts? Sous forme de tableau, les experts ont donc pu se prononcer pour chaque statistique. Le Tableau 5 représente les réponses des experts, où chaque symbole correspond à un expert différent.

Tableau 5 : *Compilation des réponses fournies par les cinq experts sondés*

Statistiques	Faveur force	Puissance (équilibré)	Faveur vitesse	N/A
Alignement partant		Ψ	□ ★ ★	
Buts	□	■	Ψ ★ ★	
Passes décisives	■	★ ★	Ψ □	
Chances de marquer *	□		Ψ ★ ★ ■	
Chances de marquer créées *			Ψ □ ★ ★ ■	
Passes clés *	■	Ψ □ ★ ★		
Dribbles *			Ψ □ ★ ★ ■	
Dribbles réussis *		Ψ	□ ★ ★ ■	
Tirs	□ ★ ■	★	Ψ	
Tirs cadrés	□ ■	★ ★	Ψ	
Tirs cadrés (%)	□ ■	★ ★	Ψ	
Fautes subies *			Ψ □ ★ ★	■
Fautes commises	Ψ □ ★	★		■
Centres	■	★ ★	Ψ □	
Centres réussis	■	★ ★	Ψ □	
Centres réussis (%)	■	★ ★	Ψ □	
Duels défensifs gagnés	□ ★ ★	Ψ	■	
Tacles *	Ψ □ ★ ★		■	
Tacles réussis	□ ★	Ψ ★	■	
Tacles réussis (%)	□ ★	Ψ ★	■	
Ballons récupérés	Ψ	□ ★ ★	■	
Ballons récupérés en moitié offensive *			Ψ □ ★ ★ ■	
Ballons libres récupérés	Ψ □		★ ★ ■	
Interceptions	Ψ	□	★ ★ ■	
Duels aériens gagnés *	□ ★ ★ ■	Ψ		
Tirs bloqués	Ψ ★	□ ★	■	

\* Statistique pour laquelle au moins quatre experts sur cinq (i.e. 80%) anticipaient une corrélation

N/A : Préfère ne pas se prononcer

Cette démarche a permis d'identifier plus de 25 indicateurs de performance en contexte de match qui ont été retenus et compilés pour la durée de l'étude. Les experts consultés ont manifesté un accord satisfaisant de 80% ou plus concernant l'incidence des paramètres du PFV sur la performance en matchs pour neuf statistiques indicatrices de performance. Donc, seulement ces neuf statistiques ont été analysées afin d'investiguer les corrélations entre celles-ci et les paramètres du PFV. Cela étant dit, le Tableau 6 expose les statistiques liées à la durée des matchs analysés.

Tableau 6 : *Statistiques des durées de matchs*

Nombre de matchs	Durée totale des matchs (min)	Moyenne (min)	Maximum (min)	Minimum (min)
7	682	$97 \pm 3$	105	95

### 4.3 Analyses des données

La méthode de Samozino et al. (2016) consiste en une approche biomécanique appelée « dynamique inverse » permettant d'estimer la force appliquée horizontalement lors d'un sprint à l'aide de la vitesse résultante du centre de masse de l'athlète. Donc, l'accélération peut être déduite à partir de l'augmentation de la vitesse de course en relation avec le temps, et la force horizontale appliquée, calculée en considérant le poids et la grandeur de l'athlète ainsi que la force de friction aérodynamique (Jimenez-Reyes et al., 2019). Ensuite, une régression linéaire des différentes coordonnées de forces et vitesses sur un graphique permettent de déterminer le PFV pour chaque athlète (i.e.,  $F_0$  et  $V_0$  qui correspondent à l'ordonnée et l'abscisse à l'origine du graphique,



respectivement) (Jimenez-Reyes et al., 2019). Cette méthode a été validée en étant comparée à la référence absolue en évaluation du PFV utilisant des plaques de force. Elle a également été testée à plusieurs reprises afin de mesurer sa fiabilité inter-essai (Samozino et al., 2016). Somme toute, sa prise en considération de plusieurs principes de biomécaniques et lois fondamentales de physique fait d'elle une méthode fiable et la plus efficace pour l'évaluation du PFV sur le terrain (i.e., dans un environnement non-contrôlé). En effet, à l'aide de différentes formules, les variables suivantes sont utilisées afin d'extrapoler le PFV : la vitesse maximale atteinte, l'accélération, la constante d'accélération-temps (i.e., la vitesse divisée par l'accélération maximale pour un moment précis), la masse et la grandeur de l'athlète, la pression atmosphérique et la température, entres autres (Samozino et al., 2016). Il est donc possible d'obtenir la force, la vitesse ainsi que la puissance pour n'importe quel intervalle de temps du sprint grâce à cette méthode et d'en extrapoler les valeurs de  $F_0$  et  $V_0$  afin d'obtenir la force et la vitesse maximales théoriques pour chaque athlète.

#### **4.4 Analyses statistiques**

En premier lieu, les données de vitesse instantanées du radar ont été extraites et organisées dans une base de données. En second lieu, une fois extrapolées, ces données ont permis de déterminer les paramètres de PFV pour chaque athlète évalué en utilisant la méthode de Samozino et al. (2016). En troisième lieu, le ratio de temps de jeu (temps de jeu du joueur : temps de jeu maximal possible) a été employé afin d'estimer les statistiques de matchs qu'auraient les joueurs de champ s'ils avaient joué chaque minute de chaque match. Une fois les statistiques de matchs ajustées, les statistiques descriptives ont été déterminées pour l'ensemble de l'échantillon et ce, globalement ainsi que par position principale. Finalement, les analyses de corrélations de Pearson

entre les paramètres du PFV et les statistiques indicatrices de performance collectées en matchs ont été effectuées en lien avec l'objectif principal de cette étude : investiguer les relations entre les paramètres du PFV et les statistiques indicatrices de performance en matchs au sein d'une population de joueurs de soccer élités. En premier lieu, nous avons effectué l'analyse des distributions pour les neufs indicateurs de performance. À cet effet, seulement un seul des neufs indicateurs de performance s'est avéré violer les postulats de normalité (Tacle :  $SW = 0,822$ ,  $p = 0,017$ ), alors que toutes les autres distributions étaient normales ( $p > 0,05$ ). Pour limiter les biais d'estimation, nous avons opté pour des tests statistiques effectués à l'aide de la méthode de *Bootstrapping* (ie., 1000 échantillons). Chacune des valeurs se retrouve dans l'intervalle de confiance de 95% permettant ainsi d'assumer que la distribution des données de l'échantillon est normale. Toutes ces analyses ont été faites avec le logiciel SPSS (version 28). La significativité statistique était considérée à  $p < 0,05$ .

## **CHAPITRE 5**

### **RÉSULTATS**

#### **5.1 Statistiques descriptives de l'échantillon**

L'échantillon des participants est décrit dans le Tableau 7 ci-dessous. Les caractéristiques des 12 joueurs de champ ont été analysées pour sept matchs entiers. Il peut être observé que la répartition des positions des participants est représentative de la formation 3-5-2 employée par l'équipe.

Tableau 7 : *Caractéristiques des participants selon leur position principale*

	Défenseurs	Pistons	Milieux	Attaquants	Total
<b>N</b>	3	2	4	3	12
<b>Âge</b>	23 ± 2	24 ± 2	24 ± 2	22 ± 1	23 ± 2
<b>Taille (m)</b>	1,83 ± 0,05	1,74 ± 0,09	1,76 ± 5,88	1,79 ± 0,03	1,78 ± 0,06
<b>Poids (kg)</b>	82,12 ± 5,69	69,78 ± 7,39	73,94 ± 5,88	78,79 ± 3,68	76,50 ± 6,59

Le Tableau 8, quant à lui, résume la performance au sprint des joueurs en la décortiquant en neuf paramètres. Pour le paramètre de temps, la meilleure répétition a été retenue. Pour les autres paramètres, les valeurs concordant à la meilleure répétition de  $P_{\max}$  ont été retenues afin de porter un regard représentatif de la répétition analysée. Il est à noter que l'échantillon est séparé par

moyennes de positions qu'à titre indicatif puisque le nombre de participants ne permet pas d'effectuer de comparaisons significatives entre celles-ci.

Tableau 8 : *Paramètres de la performance au sprint des joueurs selon leur position principale*

	Défenseurs	Pistons	Milieux	Attaquants	Total
<b>Temps (s)</b>	4,27 ± 0,10	4,12 ± 0,09	4,31 ± 0,07	4,21 ± 0,14	4,24 ± 0,13
<b>F<sub>0</sub> (N)</b>	645 ± 73	589 ± 129	657 ± 163	741 ± 87	664 ± 118
<b>V<sub>0</sub> (m/s)</b>	8,82 ± 0,50	9,35 ± 0,63	8,32 ± 0,80	8,88 ± 0,31	8,76 ± 0,64
<b>P<sub>max</sub> (W)</b>	1416 ± 78	1367 ± 208	1343 ± 183	1649 ± 236	1442 ± 202
<b>Sfv (N m/s)</b>	-0,90 ± 0,20	-0,90 ± 0,16	-1,13 ± 0,52	-1,06 ± 0,09	-1,02 ± 0,31
<b>Sfv<sub>opt</sub> (N m/s)</b>	-0,82 ± 0,03	-0,86 ± 0,01	-0,84 ± 0,06	-0,88 ± 0,05	-0,85 ± 0,04
<b>FV<sub>imb</sub> (%)</b>	12,37 ± 17,36	12,24 ± 7,26	31,88 ± 50,04	20,35 ± 4,62	20,85 ± 28,70
<b>Rf<sub>max</sub> (%)</b>	0,48 ± 0,06	0,50 ± 0,04	0,46 ± 0,11	0,55 ± 0,05	0,49 ± 0,08
<b>Drf (%)</b>	-0,08 ± 0,02	-0,08 ± 0,01	-0,10 ± 0,05	-0,09 ± 0,01	-0,09 ± 0,03

Temps : Temps de sprint sur 30 mètres, F<sub>0</sub> : Force horizontale maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse, V<sub>0</sub> : Vitesse de course maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse, P<sub>max</sub> : Puissance horizontale maximale générée, Sfv : Pente actuelle du graphique du profil de force-vitesse, Sfv<sub>opt</sub> : Pente optimale du graphique du profil de force-vitesse, FV<sub>imb</sub> : Pourcentage de la différence entre la pente actuelle et la pente optimale du profil de force-vitesse, Rf : Ratio de la composante horizontale de la force de réaction du sol de chaque pas en moyenne en rapport avec la force résultante correspondante, Rf<sub>max</sub> : Valeur théorique maximale de Rf (correspond au ratio de force générée au départ du sprint), Drf : Taux de réduction en termes de ratio de force (Rf) lorsque la vitesse augmente pendant le sprint.

## 5.2 Statistiques descriptives des données de matchs

Le tableau suivant illustre les statistiques en lien avec le temps de jeu des joueurs selon leur position principale. Il peut être constaté que les attaquants ont tendance à se partager davantage leur temps de jeu, comparativement aux autres positions.

Tableau 9 : *Moyennes des statistiques de temps de jeu des joueurs par position*

	Défenseurs	Pistons	Milieux	Attaquants	Total
<b>Temps de jeu total (min)</b>	511 ± 118	681 ± 2	502 ± 165	412 ± 93	512 ± 140
<b>Temps de jeu moyen / match (min)</b>	73 ± 17	96 ± 2	72 ± 24	59 ± 13	83 ± 20
<b>Ratio de temps de jeu</b>	0,75 ± 0,17	1,00 ± 0,00	0,74 ± 0,24	0,60 ± 0,14	0,75 ± 0,21

Ratio de temps de jeu : temps de jeu du joueur en rapport avec le temps de jeu maximal possible

Le Tableau 10 correspond aux statistiques offensives moyennes des joueurs selon leur position, cumulées lors des sept matchs analysés lorsqu'ajustées à l'aide du ratio de temps de jeu.

Tableau 10 : *Moyennes des statistiques cumulatives des sept matchs en possession du ballon*

	Défenseurs	Pistons	Milieux	Attaquants	Total
<b>Buts</b>	0,6 ± 1,0	0,5 ± 0,7	0,3 ± 0,5	4,6 ± 2,1	1,5 ± 2,1
<b>Passes décisives</b>	0,0 ± 0,0	1,5 ± 0,7	1,2 ± 1,3	1,6 ± 1,7	1,0 ± 1,2
<b>Chances de marquer</b>	2,5 ± 2,1	3,1 ± 3,0	6,9 ± 4,3	19,7 ± 2,5	8,3 ± 7,7
<b>Chances de marquer créées</b>	2,5 ± 1,7	7,1 ± 1,6	6,9 ± 7,5	12,2 ± 2,6	7,2 ± 5,5
<b>Passes clés</b>	56,8 ± 15,5	20,3 ± 3,8	24,6 ± 5,1	9,6 ± 2,9	28,2 ± 19,7
<b>Dribbles réussis</b>	9,3 ± 5,9	37,7 ± 3,8	24,4 ± 19,3	23,0 ± 10,9	22,5 ± 14,9
<b>Tirs cadrés</b>	1,0 ± 0,9	2,6 ± 2,2	4,0 ± 2,7	12,3 ± 6,1	5,1 ± 5,5
<b>Fautes subies</b>	4,1 ± 2,4	13,8 ± 2,5	10,6 ± 6,2	7,0 ± 3,1	8,6 ± 5,2
<b>Centres réussis</b>	1,0 ± 0,9	5,1 ± 2,8	2,2 ± 3,6	1,7 ± 0,4	2,2 ± 2,5
<b>Coups de pied arrêtés</b>	13,1 ± 9,9	6,1 ± 0,1	17,6 ± 17,2	1,0 ± 0,9	10,4 ± 12,1

Le Tableau 11 représente à son tour les statistiques défensives moyennes des joueurs selon leur position, lorsqu'ajustées en termes de temps de jeu.

Tableau 11 : *Moyennes des statistiques cumulatives des sept matchs en phase défensive*

	Défenseurs	Pistons	Milieux	Attaquants	Total
<b>Fautes commises</b>	8,8 ± 2,8	10,7 ± 5,3	3,6 ± 1,8	8,1 ± 1,6	7,2 ± 3,6
<b>Duels défensifs gagnés</b>	20,3 ± 2,8	28,7 ± 20,8	27,3 ± 9,1	19,4 ± 16,5	23,8 ± 11,4
<b>Tacles réussis</b>	1,4 ± 1,3	5,7 ± 6,6	6,0 ± 5,5	1,4 ± 2,4	3,7 ± 4,4
<b>Ballons récupérés</b>	55,0 ± 19,7	56,7 ± 20,8	69,6 ± 14,4	25,1 ± 6,0	52,7 ± 22,1
<b>Interceptions</b>	31,6 ± 9,7	28,6 ± 6,4	17,3 ± 8,5	11,7 ± 8,4	21,3 ± 11,1
<b>Duels aériens gagnés</b>	16,4 ± 6,1	11,2 ± 3,1	10,2 ± 8,4	9,8 ± 2,8	11,8 ± 6,0
<b>Tirs bloqués</b>	4,7 ± 1,0	2,0 ± 0,1	3,1 ± 4,9	0,0 ± 0,0	2,6 ± 3,1

### 5.3 Objectif : Associations entre le PFV et la performance en matchs

Le Tableau 12 démontre que huit paramètres du sprint (i.e., temps,  $F_0$ ,  $P_{\max}$ ,  $P_{\max\text{rel}}$ ,  $Sfv$ ,  $Rf_{\max}$ ,  $Drf$  et  $Sfv_{\text{opt}}$ ) sont corrélés de façon significative à quatre statistiques offensives de matchs (i.e., chances de marquer, chances de marquer créées, dribbles et dribbles réussis). Quelques tendances ont également été relevées au niveau des paramètres de temps,  $Sfv$  et  $Drf$  en relation avec les statistiques de dribbles, dribbles réussis et passes clés (i.e.  $0,1 > p > 0,05$ ). Le Tableau 13, quant à lui, démontre qu’aucune corrélation significative n’a été observée au sein des statistiques défensives de matchs ( $p > 0,05$ ). Il existe toutefois une tendance mettant le paramètre  $V_0$  en relation avec les tacles (i.e.  $0,1 > p > 0,05$ ).

Tableau 12 : *Corrélations entre le PFV et les statistiques offensives de matchs*

	<b>Temps</b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>max</sub></b>	<b>Forel</b>	<b>V<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>maxrel</sub></b>	<b>Sfv</b>	<b>Rf<sub>max</sub></b>	<b>Drf</b>	<b>Sfv<sub>opt</sub></b>	<b>Fvimb</b>
<b>Chances de marquer</b>	-0,322	0,454	<b>0,640**</b>	0,276	0,040	0,430	-0,161	0,240	-0,137	-0,423	-0,021
<b>Chances de marquer créées</b>	-0,477	<b>0,664**</b>	<b>0,650**</b>	<b>0,682**</b>	-0,285	<b>0,735***</b>	<b>-0,600**</b>	0,359	<b>-0,589**</b>	<b>-0,724***</b>	-0,232
<b>Dribbles</b>	<b>-0,581**</b>	0,455	0,384	<b>0,612**</b>	-0,230	<b>0,636**</b>	<b>-0,559*</b>	0,264	<b>-0,558*</b>	<b>-0,627**</b>	-0,275
<b>Dribbles réussis</b>	<b>-0,670**</b>	0,378	0,338	<b>0,560*</b>	-0,120	<b>0,615**</b>	<b>-0,498*</b>	0,182	<b>-0,498*</b>	<b>-0,602**</b>	-0,212
<b>Fautes subies</b>	-0,234	-0,233	-0,292	-0,104	0,038	-0,131	0,078	-0,474	0,041	0,132	0,377
<b>Passes clés</b>	<b>0,527*</b>	-0,056	-0,162	-0,094	-0,133	-0,215	0,018	-0,070	0,008	0,211	0,088

Temps : Temps de sprint sur 30 mètres, F<sub>0</sub> : Force horizontale maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse, V<sub>0</sub> : Vitesse de course maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse, P<sub>max</sub> : Puissance horizontale maximale générée, Sfv : Pente actuelle du graphique du profil de force-vitesse, Sfv<sub>opt</sub> : Pente optimale du graphique du profil de force-vitesse, Fvimb : Pourcentage de la différence entre la pente actuelle et la pente optimale du profil de force-vitesse, Rf : Ratio de la composante horizontale de la force de réaction du sol de chaque pas en moyenne en rapport avec la force résultante correspondante, Rf<sub>max</sub> : Valeur théorique maximale de Rf (correspond au ratio de force générée au départ du sprint), Drf : Taux de réduction en termes de ratio de force (Rf) lorsque la vitesse augmente pendant le sprint.

\*  $p < 0,1$

\*\*  $p < 0,05$

\*\*\*  $p < 0,01$



Tableau 13 : *Corrélations entre le PFV et les statistiques défensives de matchs*

	<b>Temps</b>	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>max</sub></b>	<b>F<sub>0rel</sub></b>	<b>V<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>maxrel</sub></b>	<b>Sfv</b>	<b>Rf<sub>max</sub></b>	<b>Drf</b>	<b>Sfv<sub>opt</sub></b>	<b>FV<sub>imb</sub></b>
<b>Tacles</b>	0,102	0,205	-0,072	0,362	<b>-0,535*</b>	0,162	-0,445	0,260	-0,456	-0,156	-0,352
<b>Ballons récupérés en moitié offensive</b>	0,008	0,139	-0,116	0,372	-0,453	0,215	-0,436	-0,025	-0,463	-0,194	-0,112
<b>Duels aériens gagnés</b>	0,319	-0,005	-0,104	-0,097	-0,183	-0,231	0,017	-0,035	0,011	0,241	0,114

Temps : Temps de sprint sur 30 mètres, F<sub>0</sub> : Force horizontale maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse, V<sub>0</sub> : Vitesse de course maximale théorique extrapolée de la relation linéaire du profil de force-vitesse, P<sub>max</sub> : Puissance horizontale maximale générée, Sfv : Pente actuelle du graphique du profil de force-vitesse, Sfv<sub>opt</sub> : Pente optimale du graphique du profil de force-vitesse, FV<sub>imb</sub> : Pourcentage de la différence entre la pente actuelle et la pente optimale du profil de force-vitesse, Rf : Ratio de la composante horizontale de la force de réaction du sol de chaque pas en moyenne en rapport avec la force résultante correspondante, Rf<sub>max</sub> : Valeur théorique maximale de Rf (correspond au ratio de force générée au départ du sprint), Drf : Taux de réduction en termes de ratio de force (Rf) lorsque la vitesse augmente pendant le sprint.

\*  $p < 0,1$

## **CHAPITRE 6**

### **DISCUSSION**

Cette étude a été conçue afin d'examiner la relation entre le profil de force-vitesse (PFV) et les performances sportives chez les athlètes élités de soccer. Puisque cette étude était exploratoire, la seule hypothèse émise était la suivante : les joueurs ayant un PFV se rapprochant de leur profil optimal auront des statistiques de matchs considérées prédictives de performance plus favorables en comparaison aux joueurs ayant un PFV moins optimal. Toutefois, parmi les neuf statistiques de matchs analysées, aucune corrélation n'est constatée avec le paramètre  $FV_{imb}$ , qui consiste en la différence entre la pente du PFV actuel et le PFV optimal. Cela étant dit, il semblerait que plusieurs statistiques offensives de matchs considérées prédictives de performance soient corrélées à différents paramètres du PFV. Les résultats indiquent qu'une force maximale (i.e.  $F_0$ ) supérieure serait reliée à plus de chances de marquer créées, qu'une force maximale relative (i.e.,  $F_{0rel}$ ) supérieure serait reliée à plus de chances de marquer créées et plus de dribbles, qu'une puissance maximale (i.e.  $P_{max}$ ) supérieure serait reliée à plus de chances de marquer et de chances de marquer créées, qu'une puissance maximale relative (i.e.,  $P_{maxrel}$ ) supérieure serait reliée à davantage de chances de marquer créées, de dribbles et de dribbles réussis, et qu'un temps de sprint plus court sur 30 mètres serait relié à plus de dribbles et de dribbles réussis. Défensivement, aucune corrélation significative n'est dénotée. Cependant, les joueurs ayant une vitesse maximale (i.e.,  $V_0$ ) plus élevée auraient tendance à commettre moins de tacles.

## **6.1 Paramètres du PFV et la performance en matchs**

### **6.1.1 $F_0$ et $F_{0rel}$**

Les variables  $F_0$  et  $F_{0rel}$  sont des paramètres essentiels lorsque vient le temps de performer des changements de direction. Tel que défini par Chaouachi et al. (2012), les manœuvres d'un changement de direction consistent en la capacité d'un athlète à décélérer afin de réaccélérer dans une autre direction le plus rapidement possible. Cela étant dit, ce genre d'action nécessite plusieurs composantes (i.e. horizontale et verticale) de forces appliquées au sol afin de rediriger son impulsion en phase de décélération, atteindre subitement une vitesse nulle ou quasi-nulle, pour finalement redémarrer dans une direction opposée (Baena-Raya et al., 2021). En ce sens, les résultats de cette étude démontrent qu'il existerait une corrélation positive entre  $F_0$  et les chances de marquer créées ainsi qu'entre  $F_{0rel}$ , les dribbles et les chances de marquer créées. De telles corrélations peuvent simplement être expliquées par le fait que des valeurs de  $F_0$  et  $F_{0rel}$  supérieures servent d'outils importants lorsque vient le temps d'éliminer un ou plusieurs adversaires (i.e. dribbles) à l'aide d'accélération et/ou changements de directions engendrant ainsi plus d'opportunités de marquer créées lorsque ces dribbles portent fruits en phases offensives. D'autant plus révélateur, la variable  $F_0$  exerce une influence accrue sur la performance de sprints lorsqu'effectués sur des distances inférieures à 20 mètres puisqu'il s'agit de distances courtes comportant plusieurs phases d'accélération (Morin & Samozino, 2016). Considérant que 96% des sprints pendant un match de soccer sont sur des distances plus courtes que 30 mètres et que 49% de ceux-ci sont plus courts que 10 mètres, une plus grande variable  $F_0$  occasionnerait une meilleure accélération sur ces distances permettant ainsi de se débarrasser d'adversaires et de créer plus de chances de marquer, pour soi-même ou pour ses coéquipiers (Barros et al., 1999 ; Wisløff et al., 2004). Également, il a été démontré par l'étude de Vilar et al. (2012) que le succès des attaquants dépend de leur capacité à provoquer des déséquilibres ou asymétries dans la structure défensive

de l'équipe adverse. Il devient donc primordial d'évaluer ces qualités de façon spécifique afin d'obtenir un aperçu de ces capacités physiques qui permettent aux athlètes d'avoir plus de succès dans leur sport. C'est d'ailleurs probablement pour cette raison que les tests d'agilité et de changements de direction font partie intégrale des tests physiques de présaison dans les différents sports où ceux-ci sont pertinents. Plus spécifiquement, dans le soccer élite, un test ayant pour but d'évaluer la capacité des athlètes à répéter des sprints et performer des changements de direction est communément administré à une équipe professionnelle de première division anglaise (i.e., *English Premier League*) (Rampinini et al., 2007). En somme, les paramètres  $F_0$  et  $F_{rel}$ , lorsqu'optimisés, s'avèrent des variables bénéfiques en phase offensive chez les joueurs de soccer.

### 6.1.2 $P_{max}$ et $P_{maxrel}$

Tel que mentionné ci-haut, les résultats de cette étude démontrent que les variables  $P_{max}$  et  $P_{maxrel}$  seraient associées positivement à plus de chances de marquer et de chances de marquer créées, et plus de chances de marquer créées, de dribbles et de dribbles réussis, respectivement. Bien que  $P_{max}$  ne soit pas le seul indicateur de performance à prendre en considération lors de mouvements balistiques, il demeure une variable importante en contexte de sprints courts et d'accélération. Il a toutefois été démontré par Samozino et al. (2012) que deux individus ayant un  $P_{max}$  identique pouvaient performer de façon nettement différentes autant lors de sauts que d'impulsions horizontales (i.e. sauts en longueur ou enjambées pendant un sprint). Ces différences de performance seraient causées par leur PFV actuel qui diffère de leur PFV optimal. Effectivement, plus un individu s'éloigne de son PFV optimal, moins sa performance de mouvements balistiques risque d'être bonne (Samozino et al., 2012). Cela étant dit, puisque la puissance musculaire consiste en la capacité de produire le plus de force possible dans les plus courts délais possible, plusieurs autres facteurs peuvent l'influencer (i.e., la vitesse à laquelle les

muscles s'étirent et se contractent, les types de fibres musculaires, le nombre d'unités motrices actives en même temps, etc.) (Behm & Sale, 1993). Ultimement, le soccer moderne de haut niveau possède des exigences élevées en termes d'efforts à hautes intensités qui influencent directement les scores finaux des matchs tels que les déplacements afin de gagner la possession du ballon et les actions offensives qui représentent des démonstrations d'agilité afin de contourner et éliminer des adversaires (Di Salvo et al., 2009). Effectivement, dans l'étude menée par Di Salvo et al. (2009) en *English Premier League*, il a été déterminé que les joueurs parcourraient des distances de sprints (i.e. à une vitesse moyenne > 25,2 km/h pendant au moins 0,5 seconde) variant entre 222 et 234 mètres par 90 minutes ainsi que des distances de déplacements à hautes intensités (i.e., à une vitesse moyenne > 19,8 km/h pendant au moins 0,5 seconde) variant entre 885 et 919 mètres. Parmi ces sprints, 30 à 31,2% (i.e., 30% au sein des 5 meilleures équipes et 31,2% au sein des 5 dernières équipes au classement) étaient explosifs tandis que 68,8 à 70% (i.e., 68,8% pour les 5 dernières équipes au classement, 70% pour les 5 meilleures équipes) étaient plus progressifs. Cela expose la nature des déplacements de hautes et très hautes intensités dans le soccer élite ce qui met de l'avant l'importance de  $F_0$  (qui influence les accélérations sur de courtes distances) et de  $V_0$  (qui influence la vitesse maximale atteinte), et par le fait même,  $P_{\max}$  puisqu'il est composé de ces variables. C'est pour ces raisons qu'il est généralement suggéré d'améliorer la force et, par la même occasion, la puissance d'athlètes de soccer à des fins d'adaptations neuro-musculaires si ceux-ci ont déjà suffisamment de masse musculaire (Stølen et al., 2005). Sinon, une combinaison d'hypertrophie et d'adaptations neuro-musculaires est recommandée. Il est d'ailleurs conseillé par Behm & Sale (1993) de combiner le développement de force à l'aide de charges élevées (i.e., 85 à 95% du 1RM) avec des mouvements rapides et dynamiques (i.e. balistiques) afin de maximiser le potentiel des adaptations neuro-musculaires. De façon plus spécifique, lorsqu'évalué au sprint, le PFV peut servir d'outil afin d'orienter l'intervention en préparation physique. À des fins de

conception d'un programme d'entraînement, la priorité devrait être l'optimisation du PFV en améliorant  $P_{\max}$  ainsi que ses composantes en déterminant la phase de sprint considérée lacunaire (Morin & Samozino, 2016). Ces adaptations auraient donc pour objectif d'améliorer la performance des déplacements à hautes intensités sur le terrain afin d'obtenir un avantage sur son adversaire en contexte de match. De plus, il semblerait que la variable  $P_{\max}$  soit un outil incontournable afin d'exploiter le plein potentiel du talent des joueurs élites de soccer. Effectivement, en comparant des joueurs de soccer de la première à la cinquième division élite espagnole, l'étude de Jiménez-Reyes et al. (2019) a démontré que les joueurs de divisions supérieures avaient de plus grandes valeurs de  $F_0$ ,  $V_0$  et  $P_{\max}$  (i.e., Division 1 > Division 2 > Division 3 > Division 4 > Division 5). Les résultats de la recherche actuelle démontreraient donc qu'au sein d'une équipe élite, de meilleurs  $P_{\max}$  et  $P_{\max\text{rel}}$  permettraient d'obtenir de meilleures performances sportives offensivement au niveau des chances de marquer créées et obtenues ainsi qu'au niveau des dribbles tentés et réussis.

### **6.1.3 Temps de sprint**

Les résultats de cette étude indiquent qu'il y aurait un lien entre des temps de sprints plus courts et des nombres plus élevés de dribbles tentés et réussis. Puisque 96% des sprints lors de matchs de soccer sont d'une distance de 30 mètres ou moins, ce paramètre du sprint se veut une variable pertinente de performance (Barros et al., 1999). D'autant plus, l'étude de Frencken et al. (2019) indique que le succès offensif au soccer peut être prédit par la capacité des attaquants à se déplacer plus rapidement que leurs adversaires. Effectivement, lors de trois matchs à jeu réduit de cinq contre cinq, 53% des buts marqués (i.e. 10 buts sur un total de 19) étaient précédés par des déplacements plus rapides en mètres par secondes de l'équipe offensive par rapport à l'équipe défensive. Ce phénomène n'était présent que lorsqu'un but était marqué et n'était pas du tout

observé dans les autres contextes de matchs. Il semblerait donc que se déplacer plus efficacement que son adversaire en termes de mètres par secondes soit une condition préalable pour du moins augmenter les chances de marquer de son équipe (Frencken et al., 2019). Similairement, le principe de « dynamique écologique » est utilisé afin d'identifier les tendances qui émergent lors de phases de jeu positives et négatives dans les sports d'équipes (Vilar et al., 2012). Plus précisément, les interactions entre les joueurs et leur environnement (incluant leurs adversaires) ont été étudiées en lien avec l'issue des actions offensives qui tentent de briser la symétrie de l'organisation défensive. Ici, le bris de symétrie se définit comme étant une situation où l'équilibre entre les attaquants et leurs adversaires (i.e. les défenseurs) est déstabilisé avec succès. Un exemple commun pouvant être donné serait un attaquant qui élimine un défenseur en le dribblant. Donc, pour compenser pour le premier défenseur qui a été battu, un second défenseur devra quitter son positionnement optimal afin de tenter de limiter l'espace de l'attaquant en possession du ballon. Cependant, en se déplaçant de sa position initiale, le second défenseur brise nécessairement la symétrie défensive de son équipe et donc libère un espace pouvant être exploité par un autre attaquant. Cela étant dit, les résultats de la recherche de Vilar et al. (2012) révèlent qu'un attaquant était en mesure de marquer un but lorsqu'il maintenait une distance considérable entre son défenseur et lui-même, autant dans un contexte où il était en possession du ballon que lorsqu'il se déplaçait sans ballon et tentait d'offrir une opportunité de passe à son coéquipier en possession du ballon. Additionnellement, il était nécessaire pour un attaquant d'atteindre et maintenir une vitesse élevée avant et après la réception du ballon afin de marquer un but. Cela irait en accordance avec les résultats de l'étude actuelle liant les dribbles tentés et réussis aux temps de sprint plus courts. Bien qu'un lien direct avec les statistiques de buts n'ait pas été observé, un temps de sprint plus court permettrait de dribbler plus efficacement engendrant ainsi des déséquilibres dans la structure défensive de l'équipe adverse et augmentant les chances de marquer pour l'équipe en possession du ballon.

#### 6.1.4 $FV_{imb}$

Aucune corrélation n'a été décelée entre les statistiques de matchs et la variable  $FV_{imb}$ . Bien qu'un PFV qui se rapproche le plus possible de son profil optimal (i.e.  $SfV_{opt}$ ) représente un avantage pour effectuer des mouvements balistiques, plusieurs autres qualités et critères sont requis afin d'être performant et avoir du succès au soccer. Tel qu'expliqué par Samozino et al. (2022), un PFV optimal permettrait à un athlète d'atteindre des vitesses optimales tout au long de sa phase d'accélération, maximisant ainsi sa production de puissance et minimisant le temps d'accélération (puisque la vitesse maximale est atteinte plus rapidement) ainsi que le temps requis pour franchir une certaine distance au sprint. Cependant, les habiletés techniques ainsi que les applications tactiques sont des facteurs prédominants en ce qui concerne l'identification de talent (Haugen et al., 2014). D'ailleurs, l'étude de Reilly et al. (2000) avait pour objectif d'élaborer une batterie de tests multivariée permettant d'évaluer le talent chez les jeunes joueurs de soccer ainsi qu'identifier lesquels parmi les tests permettaient de discriminer les joueurs élites des joueurs sous-élites. Les tests comprenaient plusieurs profilages (i.e., anthropométrique, physiologique et psychologique) en plus de tests spécifiques aux compétences techniques requises au soccer (i.e. tirs de précision et dribbles en slalom chronométré). Les résultats de cette étude ont démontré qu'entre autres, les joueurs élites étaient plus maigres, avaient une meilleure puissance aérobie, obtenaient de meilleures performances aux différentes distances de sprint (i.e., 5, 15, 25 et 30 mètres) mais surtout sur 15 mètres, avaient un score de motivation plus orientée sur la tâche, étaient moins susceptibles de ressentir de l'anxiété et démontraient une meilleure anticipation dans différents contextes de jeu (i.e., 1 c. 1, 3 c. 3 et 11 c. 11). Cela démontre à quel point le talent ainsi que la performance au soccer sont multifactoriels et peuvent dépendre de bien plus que juste des qualités physiques, surtout dans le cas d'une variable aussi spécifique que  $FV_{imb}$  ce qui expliquerait pourquoi aucune relation n'a été identifiée avec cette variable. Les capacités physiques demeurent



toutefois des atouts importants puisque dans des conditions où deux équipes ont un niveau de jeu similaire (i.e. habiletés techniques, organisation tactique, etc.), l'équipe ayant une meilleure condition physique globale aura l'avantage de pouvoir gérer le rythme de jeu (Reilly, 1995).

## **6.2 Limites**

Plusieurs limites ont été dénotées lors de cette étude. En premier lieu, il aurait été préférable d'effectuer les mêmes analyses corrélationnelles avec un plus grand échantillon. Bien qu'une équipe entière ait participé, seulement 12 joueurs de champs remplissaient les critères d'inclusion en termes de temps de jeu et de disponibilité pour la journée des tests physiques en présaison. De plus, quelques joueurs ayant un temps de jeu considérable lors de la saison régulière étaient exempts des tests en raison de blessures et/ou un volume de jeu élevé avec leur club estival. Donc, certaines tendances ou corrélations auraient pu être plus prononcées avec un plus grand échantillon, tout comme certaines pourraient s'avérer moins apparentes ou tout simplement non-significatives. En second lieu, le fait qu'une seule équipe compose l'échantillon pourrait avoir un effet sur les résultats obtenus. Effectivement, les statistiques indicatrices de performance recueillies sont susceptibles d'être affectées par les choix du personnel entraîneur (i.e., sélections des joueurs, directives tactiques, style de jeu priorisé, flexibilité et adaptabilité envers l'adversaire, etc.) ainsi que les différentes caractéristiques des joueurs de l'équipe (i.e. style de jeu, aisance technique, expérience dans le système préférentiel de l'entraîneur, compréhension tactique, etc.). Un échantillon composé de plusieurs équipes de mêmes et différents niveaux permettrait d'avoir plus de variabilité au niveau du style de jeu et donc de brosser un portrait plus global de la relation entre le PFV et la performance au soccer. En troisième lieu, quelques défis ont été rencontrés lors de la visualisation et l'analyse des matchs. Malheureusement, la technologie employée pour filmer les matchs n'était pas infallible : il arrivait occasionnellement que la caméra automatisée perdait

le ballon de vue. Il était donc impossible d'analyser certaines actions avec certitude lorsque le ballon était momentanément hors du cadre de la caméra. De plus, considérant les ressources limitées de cette étude, les matchs n'ont pu être analysés que par un seul juge. Les statistiques de matchs n'ont donc pas été en mesure d'être doublement collectées à des fins de validité inter-juge. Toutes les statistiques ont cependant été définies de façon claire afin de remédier le plus possible à cette source de biais.

### **6.3 Perspectives de recherche**

Dans l'optique de faire du PFV une innovation permettant de mieux identifier le potentiel de joueurs de soccer, il serait pertinent d'approfondir les connaissances de son lien avec les performances en matchs. Considérant que l'échantillon réduit de participants constitue une limite de l'étude actuelle, le recrutement de plusieurs équipes de la même ligue est à considérer pour les études ultérieures afin d'obtenir une représentation plus complète de la relation entre le PFV et la performance en matchs au soccer pour ce niveau de jeu (i.e. universitaire). Les analyses de matchs pourraient également se faire sur une saison entière afin de réduire les biais en lien avec les différentes équipes et leurs adversaires ainsi que leur style de jeu, les avantages et désavantages de jouer à domicile et sur la route, les différents officiels en charge d'arbitrer les matchs, ainsi que tout autre facteur pouvant influencer la performance lors d'un match de soccer. D'autre part, l'inclusion d'autres statistiques indicatrices de performance, en supplément des neuf statistiques analysées dans l'étude actuelle, pourrait être intéressante si les différents experts consultés sont en accord sur ceux-ci.

#### **6.4 Retombées et implications pratiques**

Plusieurs retombées sont anticipées si les résultats de futures études réalisées auprès de joueurs et joueuses de divers niveaux de compétition démontrent des relations similaires à l'étude actuelle. Ces retombées représenteraient une expansion des connaissances relatives à l'évaluation du talent au soccer et à la préparation physique pour les athlètes de ce sport. En ce qui concerne le dépistage de talent, une attention particulière pourrait être mise sur l'évaluation du PFV lors de camps de sélections, de camps d'entraînements ainsi que dans tout autre contexte de recrutement. D'un point de vue de préparation physique, des programmes d'entraînement spécifiques et relatifs au PFV pourraient être prescrits en présaison à des fins de développement ainsi que tout au long de la saison à des fins de maintien.

## **CHAPITRE 7**

### **CONCLUSION**

Cette recherche exploratoire avait pour but d'examiner la relation entre les paramètres du PFV et la performance au soccer. À ce jour, seule la performance de mouvements balistiques avait été comparée au PFV. Cette étude représente donc une première étape en ce qui a trait de la compréhension des liens entre le PFV et les indicateurs de performance lors de matchs de soccer. Considérant que le soccer de haut niveau continue d'évoluer et que les entraîneurs tentent sans cesse d'innover leurs méthodes d'entraînement et de préparation aux matchs afin de tirer avantage de fines marges sur leurs adversaires, il devient donc une nécessité d'amplifier notre expertise sur le sujet afin d'en faire un outil permettant de mieux cerner le potentiel de performance des joueurs de soccer ainsi que d'orienter les interventions en préparation physique pour ceux-ci. Somme toute, cette étude décèle les avantages qu'engendre une meilleure performance au sprint par l'intermédiaire de l'évaluation du PFV : plus de chances de marquer créées et obtenues ainsi que de dribbles tentés et réussis.

## RÉFÉRENCES

- Baena-Raya, A., Soriano-Maldonado, A., Conceição, F., Jiménez-Reyes, P., & Rodríguez-Pérez, M. A. (2021). Association of the vertical and horizontal force-velocity profile and acceleration with change of direction ability in various sports. *European Journal of Sport Science*, 21(12), 1659–1667. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1856934>
- Bangsbo J. (1994). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 619, 1–155.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8059610/>
- Barros, T. L., Valquer, W., & Sant'anna, M. (1999). High intensity motion pattern analysis of brasilian elite soccer players in different positional roles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(5), S260.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6), 374–388. <https://doi.org/10.2165/00007256-199315060-00003>
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong, D. P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2667–2676.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318242f97a>
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 205–212. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105950>

- Fernandez-Fernandez, J., Sanz-Rivas, D., Sanchez-Muñoz, C., Pluim, B. M., Tiemessen, I., & Mendez-Villanueva, A. (2009). A comparison of the activity profile and physiological demands between advanced and recreational veteran tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 604–610.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318194208a>
- Frencken, W., Lemmink, K., Delleman, N., & Visscher, C. (2011). Oscillations of centroid position and surface area of soccer teams in small-sided games. *European Journal of Sport Science*, 11(4), 215–223. <https://doi.org/10.1080/17461391.2010.499967>
- Glaude-Roy, J., Pharand, P., Brunelle, J. F., & Lemoyne, J. (2023). Exploring associations between sprinting mechanical capabilities, anaerobic capacity, and repeated-sprint ability of adolescent ice hockey players. *Frontiers in sports and active living*, 5, 1258497.  
<https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1258497>
- Gurchiek, R. D., Rupasinghe Arachchige Don, H. S., Pelawa Watagoda, L. C. R., McGinnis, R. S., van Werkhoven, H., Needle, A. R., McBride, J. M., & Arnholt, A. T. (2019). Sprint assessment using machine learning and a wearable accelerometer. *Journal of Applied Biomechanics*, 35(2), 164–169. <https://doi.org/10.1123/jab.2018-0107>
- Haugen, T., Tønnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 432–441. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0121>

Jankovic, S., Matkovic, B. R., & Matkovic, B. (1997, 23-26 septembre). *Importance of functional abilities and process of selection in soccer* [Communication orale]. The 9th European Congress of Sports Medicine, Porto, Portugal.

[https://www.researchgate.net/publication/313425909\\_Functional\\_abilities\\_and\\_processof\\_selection\\_in\\_soccer](https://www.researchgate.net/publication/313425909_Functional_abilities_and_processof_selection_in_soccer)

Jiménez-Reyes, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñañiel, V., Párraga-Montilla, J. A., Morcillo-Losa, J. A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019). Differences in sprint mechanical force-velocity profile between trained soccer and futsal players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(4), 478–485.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0402>

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñañiel, V., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937.

<https://doi.org/10.7717/peerj.5937>

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 7, 677. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>

Morin, J. B., Le Mat, Y., Osgnach, C., Barnabò, A., Pilati, A., Samozino, P., & di Prampero, P. E. (2021). Individual acceleration-speed profile in-situ: a proof of concept in professional football players. *Journal of Biomechanics*, 123, 110524.

<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110524>

- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267–272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Parrish, C., & Nauright, J. (2014). *Soccer around the world: a cultural guide to the world's favorite sport*. Bloomsbury Publishing USA.
- Petridis, L., Pálinkás, G., Tróznai, Z., Béres, B., & Utczás, K. (2021). Determining strength training needs using the force-velocity profile of elite female handball and volleyball players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 16(1), 123-130. <https://doi.org/10.1177/1747954120964043>
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 228–235. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924340>
- Raven, P. B., Gettman, L. R., Pollock, M. L., & Cooper, K. H. (1976). A physiological evaluation of professional soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 10(4), 209–216. <https://doi.org/10.1136/bjbm.10.4.209>
- Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 695–702. <https://doi.org/10.1080/02640410050120078>
- Reilly, T. (1995). *Science and soccer* (1st ed). Routledge.
- Reilly, T. (1983). A preliminary analysis of selected soccer skills. *Physical Education Review*, 6(1), 64-71.



- Samozino, P., Peyrot, N., Edouard, P., Nagahara, R., Jimenez-Reyes, P., Vanwanseele, B., & Morin, J. B. (2022). Optimal mechanical force-velocity profile for sprint acceleration performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(3), 559–575. <https://doi.org/10.1111/sms.14097>
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J. B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(6), 648–658. <https://doi.org/10.1111/sms.12490>
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(2), 313–322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
- Simpson, A., Waldron, M., Cushion, E., & Tallent, J. (2021). Optimised force-velocity training during pre-season enhances physical performance in professional rugby league players. *Journal of Sports Sciences*, 39(1), 91–100. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1805850>
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2205–2214. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000876>
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2415–2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000547>

- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536.  
<https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Ünveren, A. (2015). Investigating women futsal and soccer players' acceleration, speed and agility features. *The Anthropologist*, 21(1-2), 361-365.
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., & Button, C. (2012). The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports Medicine*, 42(1), 1–10.  
<https://doi.org/10.2165/11596520-000000000-00000>
- Wallace, J. L., & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.016>
- Williams, A.M., Ford, P., Reilly, T., & Drust, B. (Eds.). (2003). *Science and Soccer* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203417553>
- Williams, A. M., & Reilly, T. (2000). Talent identification and development in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 657–667. <https://doi.org/10.1080/02640410050120041>
- Wisløff, 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. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285–288.  
<https://doi.org/10.1136/bjsm.2002.002071>
- Zehr, E. P., & Sale, D. G. (1994). Ballistic movement: muscle activation and neuromuscular adaptation. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 19(4), 363–378.  
<https://doi.org/10.1139/h94-030>

## ANNEXE A



4083

### CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

**Titre :** L'observation de la capacité de l'athlète à maintenir son accélération lors de sprints en relation avec la performance au soccer

**Chercheur(s) :** Adam Taif  
Département des sciences de l'activité physique

**Organisme(s) :** MITACS

**N° DU CERTIFICAT** CER-22-289-07.21

**PÉRIODE DE VALIDITÉ :** Du 18 août 2024 au 18 août 2025

#### **En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :**

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

Me Richard LeBlanc  
Président du comité

Annie-Claude Villeneuve  
Secrétaire du comité

*Décanat de la recherche et de la création*

**Date d'émission :** 16 juillet 2024

## ANNEXE B

1) Ajouteriez-vous une statistique indicatrice de performance pertinente à cette étude? Si oui, laquelle/lesquelles?
Réponse :
2) Si vous avez répondu « oui » à la question 1), justifiez brièvement.
Réponse :
3) Si vous avez répondu « oui » à la question 1), donnez une courte définition de ce à quoi consiste cette/ces statistique(s).
Définition 1 :
Définition 2 :
4) Êtes-vous d'accord avec les définitions fournies dans le document prévu à cet effet?
Réponse :
5) Si vous avez répondu « non » à la question 4), nommez la/les statistique(s) pour lesquelles vous modifieriez leur définition et modifiez la/les directement dans le document prévu à cet effet.
6) Modifieriez-vous quoique ce soit d'autre? Si oui, expliquez.
Réponse :

## ANNEXE C

# du joueur	Temps du vidéo	Événement	Notes
	<b>5;08</b>	<b>COUP D'ENVOI</b>	
11	5;16	I + BR + D + DR + FS	
11	5;27	CPA	
5	5;32	PC	Passe qui efface 3 joueurs en tiers défensif
12	5;34	PC	Passe qui efface 2 joueurs en tiers médian
5	6;04	I	
4	6;26	BLR + BR	
5	6;34	BLR + BR	
11	6;38	D	
4	7;28	BLR + BR	
26	7;37	BLR + BR	
4	7;47	PC	Passe qui efface 4 joueurs en tiers défensif
9	7;49	FS	
26	8;27	CPA	
12	9;05	BAG	
12	9;13	I + BR	
19	9;18	D + DR + C	Centre bloqué
12	9;24	Ta	
5	9;25	BLR + BR	
11	9;39	DAG	
9	9;44	DAG	
4	9;54	I	
26	10;01	BLR + BR	
4	10;47	I	
11	11;03	I + BR	
19	11;46	DDG	
19	11;55	Ta	
2	11;58	BAG	
9	12;39	BLR + BR + BRMO	
5	12;58	DDG + Ta + TR	

## ANNEXE D

<b>Abréviations</b>	
<b>Positions</b>	Défenseur, D ; Piston, P ; Milieu défensif, MD ; Milieu offensif, MO ; Attaquant, A.
<b>Alignement partant</b>	AP
<b>Buts</b>	B
<b>Passes décisives</b>	PD
<b>Chances de marquer</b>	CM
<b>Chances de marquer créées</b>	CMC
<b>Passes clés</b>	PC
<b>Dribbles</b>	D
<b>Dribbles réussis</b>	DR
<b>Tirs</b>	Ti
<b>Tirs cadrés</b>	TC
<b>Fautes subies</b>	FS
<b>Fautes commises</b>	FC
<b>Centres</b>	C
<b>Centres réussis</b>	CR
<b>Duels défensifs gagnés</b>	DDG
<b>Tacles</b>	Ta
<b>Tacles réussis</b>	TR
<b>Ballons récupérés</b>	BR
<b>Ballons récupérés en moitié offensive</b>	BRMO
<b>Ballons libres récupérés</b>	BLR
<b>Interceptions</b>	I
<b>Duels aériens gagnés</b>	DAG
<b>Ballons aériens gagnés</b>	BAG
<b>Tirs bloqués</b>	TB
<b>Coups de pieds arrêtés</b>	CPA