

Année universitaire 2023-2024

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

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

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

MEMOIRE

L'IMPACT D'UNE SAISON SURCHARGÉE SUR LE PROFIL CHARGE- VITESSE HORIZONTAL CHEZ DES JEUNES JOUEURS DE FOOTBALL ÉLITES

Par :

Valentin PORQUET

Sous la direction de :

M. CAMPILLO Philippe

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et
de l'Éducation Physique le :
22/05/2025

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

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier vivement toutes les personnes au sein du club du **Royal Francs Borains** qui ont contribué de près ou de loin à mon enrichissement personnel et professionnel.

Je tiens à remercier M. **Pascal Scimè**, le Directeur Général du club, pour m'avoir ouvert les portes de sa structure de haut niveau. Grâce à lui, j'ai pu vivre ma troisième expérience en tant que préparateur physique dans un club professionnel.

Je remercie également M. **David Lasaracina**, le Chef des Opérations et Directeur Sportif du club qui m'a fait confiance au poste de préparateur physique pendant la période de 4 semaines entre fin octobre et début novembre. Grâce à la confiance qu'il m'a accordée, j'ai pu découvrir ce qu'étaient les enjeux d'une équipe professionnelle de football en Belgique.

Je tiens également à remercier M. **Jérémy Zaramba**, préparateur physique de l'équipe professionnelle pour m'avoir fait confiance à ce poste de préparateur physique stagiaire. Sa disponibilité, sa confiance et sa bienveillance m'ont permis non seulement de m'épanouir dans ce milieu, mais également de grandir professionnellement et humainement.

Je remercie aussi M. **Philippe Simonin**, qui m'a également donné sa confiance à la suite de la démission de M. Zaramba. Il m'a permis d'occuper une place plus importante et avec plus de responsabilités au sein de l'équipe première. Sans lui, mon expérience au Francs Borains n'aurait pas été aussi enrichissante et stimulante.

Je remercie également M. **Sébastien Grandjean**, M. **Hicham El Alaoui** et M. **Karim Belhocine**, respectivement entraîneurs de l'équipe professionnelle des Francs Borains pour m'avoir intégré à leur staff de la plus belle des manières.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements à M. **Fabrice Milone**, entraîneur de l'équipe U19 du Royal Francs Borains, pour m'avoir permis de réaliser mon protocole de mémoire au sein de son équipe. Mais surtout pour m'avoir soutenu toute la saison dans mes différents projets et dans mes différentes expériences avec l'équipe U19.

Enfin, je tiens à remercier particulièrement mon Directeur de Mémoire, M. **Philippe Campillo**. Ses connaissances, son soutien et sa disponibilité tout au long de la saison m'ont permis de progresser énormément tant sur le plan universitaire que professionnel.

Table des matières

.I.	Introduction.....	6
.II.	Revue de Littérature.....	8
.II.a)	Ressources nécessaires au football	8
.II.b)	Le Profil Force-Vitesse	9
.II.c)	Le Profil Charge-Vitesse.....	10
.II.d)	Contexte de 2 matchs par semaine	11
.II.e)	La Fatigue	12
.II.f)	Le profil charge-vitesse comme indicateur de fatigue	14
.III.	Problématique, Objectifs et Hypothèses	16
.III.a)	Problématique	16
.III.b)	Objectifs	16
.III.c)	Hypothèses	16
.IV.	Stage.....	17
.IV.a)	Milieu Professionnel	17
.IV.b)	Sujets.....	18
.IV.c)	Matériel, Techniques de Mesures et Protocole	19
.IV.d)	Analyses Statistiques.....	22
.V.	Résultats	24
.VI.	Discussion	28
.VI.a)	Interprétation.....	28
.VI.b)	Limites	30
.VI.c)	Applications sur le terrain	31
.VI.d)	Perspectives.....	32
.VII.	Conclusion	33
	Références Bibliographiques.....	34
	Annexes	37
	Annexe 1 : Calendrier Saison 2024-2025 – Équipe U19 – Francs Borains	37
	Annexe 2 : Exemple de séance un lundi avec 1 match par semaine :	38
	Annexe 3 : Fichier Excel Profil Charge-Vitesse – Jean-Benoît Morin :	39
	Annexe 4 : Échauffement standardisé de 10 minutes avant le test de Profil Charge-Vitesse :	40
	Index des Figures	41
	Résumé de l'étude	42
	Abstract	43
	Compétences acquises lors du stage.....	44

Glossaire

U19 = Under-19 : Catégorie des moins de 19 ans

IP = Inter-Provincial : 2^e division chez les jeunes, la 1^e division étant Élites

FIFPRO = Fédération internationale des associations de footballeurs professionnels

GPS = Global Positioning System

F₀ = Force maximale

V₀ = Vitesse Maximale

P_{max} = Puissance Maximale

Hz = Hertz : Unité de mesure de la fréquence d'un évènement

CMJ = Counter Movement Jump : test de saut avec contre mouvement

RPE = Rate of Perceived Exertion : Échelle de Perception de l'effort

1RM = 1 répétition maximale : Charge maximale qu'un athlète peut soulever sur 1 répétition

.I. Introduction

« On a toujours plus de matchs et de moins en moins de repos. On voit qu'il y a de plus en plus de blessures à cause du manque de repos. Ça fait trois ou quatre ans qu'on le dit et personne ne nous écoute ». Voici les mots que Jules Koundé, joueur de football international français évoluant au FC Barcelone, a prononcé au micro de RMC Sport. Ce n'est pas le seul à pointer du doigt le calendrier surchargé du football mondial. En effet, selon un rapport de la *Fédération internationale des associations de footballeurs professionnels* (FIFPRO) et plus particulièrement de Vincent Gouttebauge, chef du service médical du principal syndicat de joueurs, se sont « aperçus que ceux engagés en coupes d'Europe et en sélections nationales la saison dernière avaient en moyenne moins d'un jour off par semaine et passaient 88% de leur temps dans un environnement de travail (match, entraînement, trajets avec des fuseaux horaires différents, soins...) ».

On pourrait penser que cette situation n'est qu'un cas isolé et qui ne concerne que le très haut niveau du football professionnel. Mais en réalité, c'est aussi le cas pour de nombreuses équipes de jeunes en France et à l'étranger. Par exemple, cette année, l'équipe des moins de 19 ans du club des Francs Borains en Belgique participe à la fois au Championnat Inter-Provincial sous forme de championnat avec des play-offs en fin de saison. Mais cette équipe participe également à la Coupe de Belgique U19 qui prend également la forme d'un championnat avec play-offs en fin de saison. C'est comme si cette équipe participait à deux championnats en même temps, la même saison.

D'un autre côté, l'objectif des équipes jeunes de club professionnel est de développer des joueurs capables d'évoluer au plus haut niveau pour intégrer l'équipe première. Et un des aspects les plus importants à travailler dans un football en constante évolution concerne la vitesse et l'explosivité. Seulement, comment est-il possible de développer des joueurs sur le plan athlétique et physique lorsque l'équipe participe à deux championnats la même saison ? Et cela, sans compromettre l'intégrité physique du joueur.

C'est sur ce sujet que j'avais envie de travailler cette année : l'élaboration d'un profil charge-vitesse pour chaque joueur au cours d'une saison surchargée. Les clubs étaient libres de participer ou non à cette Coupe de Belgique U19. Et souvent les équipes jeunes des clubs professionnels y participent, mais en alignant des joueurs qui jouent peu voire pas du tout pour ainsi éviter la surcharge. Cependant, dans un club comme les Francs Borains où le noyau de l'équipe U19 est très restreint, ce sont souvent les mêmes joueurs qui jouent les matchs de Coupe les mercredis et les matchs de championnat le samedi.

C'est pourquoi, j'avais à cœur de montrer à mes responsables que cette saison pouvait laisser des traces sur le plan athlétique et physique. Et pouvait même empêcher le bon développement des joueurs des équipes jeunes de des Francs Borains.

.II. Revue de Littérature

.II.a) Ressources nécessaires au football

Le football est un sport en constante évolution. Les équipes sont de plus en plus physiques et athlétiques. D'ailleurs, Lago-Péñas et al. (2022) ont montré qu'entre 2012 et 2019, le nombre de courses à hautes intensités ($>20\text{km/h}$) et le nombre de sprints ($>25\text{km/h}$) avait augmenté de 9% à 15% selon les postes dans le championnat espagnol. Cette augmentation se retrouve dans tous les championnats dans le monde puisque Modric (2019) a montré que les performances physiques de courses mesurées à l'aide de GPS, lors d'un match de football, sont souvent synonyme de succès pour l'équipe.

Famose (1983), lui, distingue les différents types de ressources que le footballeur doit développer pour être performant sur le terrain. Sur le plan physique et athlétique, il fait ressortir les ressources bioénergétiques, c'est-à-dire l'utilisation par le footballeur des différentes filières aérobie, anaérobie lactique et anaérobie alactique.

Le développement de la filière aérobie permettra notamment au joueur d'avoir une aisance respiratoire pendant les 90 minutes du match de football. En effet, dans une étude qui s'intéresse aux demandes physiques et métaboliques du footballeur à l'entraînement et en match, Bangsbo (2006) indique que le système énergétique aérobie est fortement sollicité, avec des fréquences cardiaques moyennes et maximales atteignant respectivement 85 % et 98 % des valeurs maximales.

Le développement de la filière anaérobie lactique permettra, quant à elle, de maintenir plus facilement des courses ou actions à hautes intensités comprises entre 20 secondes et 3 minutes. Tandis que la filière anaérobie alactique contribuera à l'atteinte de la puissance maximale du joueur sur un effort de 3 à 7 secondes. En effet, Mohr (2003) indique, dans son étude comparative des performances en match des footballeurs de haut niveau, que ces-derniers réalisent en moyenne 150 à 250 actions brèves et intenses utilisant la filière énergétique anaérobie au cours d'un match.

D'ailleurs Cometti (2001), qui a réalisé une étude sur la force musculaire et l'utilisation de la filière anaérobie chez des footballeurs élites, semi-professionnels et amateurs, a montré que les efforts à très hautes intensités comme les sprints, les sauts, les accélérations et décélérations et les duels mettent en jeu la force maximale neuromusculaire. Et chez les footballeurs élites, le temps sur les courses de 10 mètres étaient significativement inférieur par rapport aux joueurs semi-professionnel et amateur. Cela montre bien l'importance de ce type d'efforts à très haut niveau, et donc ce à quoi les jeunes joueurs de clubs professionnels doivent être formés.

Un autre point important à développer sur le plan physique chez les joueurs de football concerne l'agilité. En effet, d'après une étude de Mujika (2009), qui compare les performances physiques par rapport à l'âge et le sexe des participants, les résultats sont nettement moins bons sur le test d'agilité et changements de direction chez les jeunes joueurs de football comparativement aux joueurs professionnels. Cela montre également l'importance de ce genre de mouvements au haut niveau, et donc qu'il faut préparer les jeunes joueurs à ce genre de gestes.

.II.b) Le Profil Force-Vitesse

En sachant ce que les footballeurs doivent développer et travailler pour être professionnel, il serait intéressant de tester ces différentes qualités physiques pour avoir un point de départ du niveau des joueurs.

En sachant également, d'après Mohr (2003) qu'à haut niveau les joueurs réalisent en moyenne 150 à 250 actions brèves et intenses par match, il serait très intéressant de réaliser un profil force-vitesse.

Les travaux de Morin (2016), dans son étude interprétant les profils puissance-force-vitesse pour l'individualisation de l'entraînement, ont montré que ces profils reposent sur les relations force-vitesse (F-V) et puissance-vitesse, qui caractérisent les capacités mécaniques maximales du système neuromusculaire des membres inférieurs. Il existe des profils force-vitesse dans 2 orientations différentes : vertical et horizontal. Le football étant un sport à dominante horizontal, c'est ce-dernier profil qui va nous intéresser.

De plus, un des facteurs déterminants dans le football sur le plan athlétique et physique concerne la capacité à produire une puissance mécanique élevée lors des accélérations amenant à des sprints. Morin (2016), dans sa même étude, nous indique que la production de puissance dépend de la capacité des systèmes neuromusculaire et ostéoarticulaire des athlètes à générer des niveaux de force élevés, à l'appliquer efficacement sur l'environnement et à produire cette force à une vitesse de contraction élevée.

Buchheit (2014), lui, s'est intéressé aux différents facteurs du profil force-vitesse influençant l'accélération et la vitesse maximale en sprint chez des jeunes footballeurs entraînés. Pour lui, les facteurs influençant l'accélération sont la vitesse maximale (V_0) et la force maximale (F_0). Alors que les facteurs influençant la vitesse maximale en sprint sont V_0 et la puissance maximale ($P_{\max}$). Ces résultats montrent que des programmes d'entraînement ciblant spécifiquement ces facteurs pourraient être bénéfiques pour améliorer les performances en sprint chez les jeunes footballeurs.

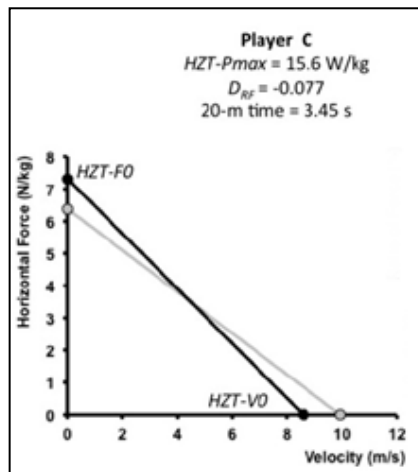


Figure 1 : Exemple de profil Force-Vitesse d'après l'étude de Morin (2016)

.II.c) Le Profil Charge-Vitesse

Cependant, la réalisation d'un profil force-vitesse horizontal nécessite du matériel haut de gamme ou non tel qu'un radar de vitesse, des GPS haute fréquence ($>10\text{Hz}$), des cellules photoélectriques ou encore l'application MySprint qui est la solution la moins chère.

Mais il existe également un autre type de profil destiné à individualiser l'entraînement en sprint. Il s'agit du profil charge-vitesse. En effet, dans son étude, Cahill (2019) a montré que les profils charge-vitesse lors de sprints avec traineau chez des jeunes athlètes sont des outils efficaces permettant de déterminer des charges optimales pour chaque athlète, favorisant ainsi des gains de performance plus ciblés.

Contrairement au profil force-vitesse qui caractérise la relation entre la force qu'un athlète peut produire et la vitesse à laquelle il peut la produire, le profil charge-vitesse, lui, mesure la vitesse d'exécution d'un mouvement en fonction de différentes charges externes.

Cahill (2019) a également montré dans son étude que la vitesse maximale diminuait de manière prévisible avec l'augmentation de la charge, permettant d'établir des zones d'entraînement spécifiques. Par exemple, selon lui, lorsque la vitesse maximale diminue de 10% à 40%, l'athlète travaille ce qu'il appelle la vitesse-force. Lorsque V_0 diminue de 40% à 60%, alors l'athlète travaille sa puissance. Enfin, lorsque V_0 diminue de 60% à 99,9%, alors le jeune athlète masculin travaille sa force-vitesse.

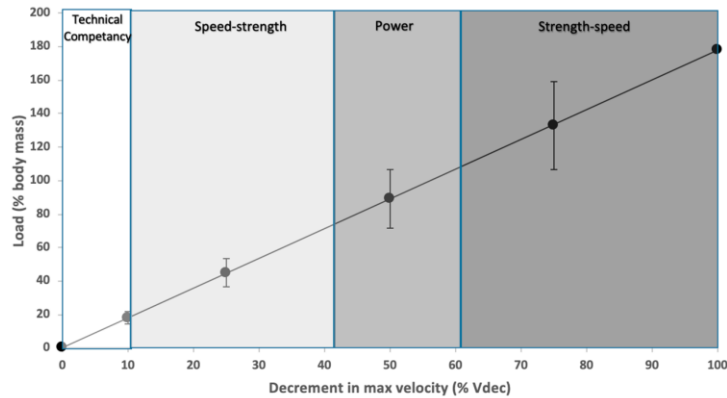


Figure 2 : Diminution de la vitesse maximale (en pourcentage) en fonction de différentes charges (en pourcentage du poids de corps) d'après Cahill (2019). On remarque les différentes zones d'entraînement spécifiques.

De plus, un élément intéressant à prendre en compte dans l'élaboration du profil charge-vitesse horizontal concerne la cinématique de course lors de chaque sprint lesté. En effet, Osterwald (2021) s'intéresse aux angles articulaires et l'inclinaison du tronc, chez des athlètes de différentes disciplines sportives. Elle constate que l'augmentation de la charge entraîne une flexion des hanches, genoux et chevilles plus prononcée lors des phases d'appui et de poussée. Que l'inclinaison du tronc augmente linéairement avec la charge et que les charges lourdes altèrent les mécaniques de sprint, rendant difficile l'atteinte de la vitesse maximale. Elle rejoint alors l'étude de Cahill (2019) en concluant que les charges légères sont recommandées pour travailler la vitesse maximale sans perturber la technique. Et que les charges plus lourdes sont utiles pour prolonger la phase d'accélération, en favorisant une posture inclinée. Enfin, elle a également comparé les réponses cinématiques selon les sports et en a conclu qu'elles étaient similaires tant pour les sprinteurs que les athlètes de sports collectifs.

.II.d) Contexte de 2 matchs par semaine

Il serait donc très intéressant d'évaluer les footballeurs pour connaître et établir individuellement le profil charge-vitesse de chacun. Pour autant, à quel moment peut-on le placer dans la semaine, dans le mois ou dans la saison lorsque les joueurs jouent 2 matchs par semaine ?

Dupont (2010) s'est intéressé au sujet dans son étude visant à évaluer les effets de 2 matchs par semaine sur la performance physique des joueurs et sur l'incidence de blessure. Pour lui, la performance physique d'un match de football, caractérisé par la distance totale parcourue, la distance à haute intensité, la distance en sprint et le nombre de sprint n'était pas affecté par le nombre de matchs par semaine. En d'autres termes, les joueurs parcourent autant de distance à haute intensité et à très haute intensité qu'ils jouent 1 ou 2 matchs dans la semaine. Il semblerait alors que la récupération entre 2 matchs, soit 72 à 96 heures, soit suffisante pour maintenir une même performance physique.

Pour autant, lorsqu'il s'est intéressé à l'incidence de blessure, il s'est aperçu que pour 1000 heures de pratique, les joueurs se blessaient 25,6 fois lorsqu'il y avait 2 matchs par semaine. Alors que lorsqu'il n'y avait qu'un match par semaine, l'incidence de blessure pour 1000 heures de pratique était descendu à 4,1 blessures, soit environ 6 fois moins.

D'un autre côté, Ispirlidis (2008) indique, lui, dans son étude évaluant les réponses inflammatoires et les performances après un match de football, qu'il faut 96 à 120 heures de repos pour retrouver les valeurs d'avant-match sur les performances en sprint sur 20 mètres, mais aussi pour normaliser les marqueurs sanguins indiquant les dommages musculaires comme la créatine kinase et les inflammations avec l'acide urique. Par conséquent, pour les joueurs disputant deux matchs en moins de 96 heures, on peut s'attendre à une diminution des performances physiques liées au match, caractérisée par une distance totale parcourue réduite, une moindre distance à haute intensité, une diminution de la distance de sprint et du nombre de sprints réalisés lors du second match. Pour autant, Dupont (2010) a démenti cela dans son étude.

Enfin, Ekstrand (2004) lui, s'est intéressé à la santé des joueurs et le calendrier surchargé du monde professionnel à l'occasion de la Coupe du Monde 2002. Il a montré que, sur un groupe de 38 joueurs ayant participé à cette Coupe du Monde, 60% des joueurs ayant joué plus d'un match par semaine, la semaine précédant la compétition, se sont blessés ou ont réalisé une contre-performance. Il montre aussi que les joueurs qui ont réalisé une contre-performance sont ceux qui ont joué plus de match dans les 10 semaines précédant la compétition. Alors que les joueurs qui ont moins joué dans les 10 semaines précédant la compétition sont ceux qui ont mieux performé que ce qu'on attendait d'eux.

.II.e) La Fatigue

Ce contexte particulier de 2 matchs par semaine peut non seulement amener à de moins bonnes performances, un risque de blessure 6 fois plus important, mais il entraîne surtout une fatigue physique et mentale importante.

En effet, Silva (2018) s'est intéressé à ce sujet dans sa méta-analyse sur la fatigue aiguë après un match de football. Pour lui, même si certains paramètres sont entièrement récupérés comme les facteurs hormonaux et techniques, une période de 72 heures après un match n'est pas suffisante pour rétablir complètement l'équilibre homéostatique. En d'autres termes, l'état physique, les dommages musculaires et le bien-être du joueur ne sont pas revenus à la normale. Pour Silva, la durée de récupération après un match ne peut pas être la même pour tous. De plus, il explique que la situation

authentique du match provoque des altérations perceptuelles et biochimiques plus importantes, alors que les modifications neuromusculaires restent les mêmes.

Hader (2019), lui, s'est intéressé, dans sa revue systématique, aux variables de la charge externe qui pourrait expliquer la fatigue créée par le match. D'après les 11 études qu'il a regroupées, ce sont les courses à hautes intensités, c'est-à-dire les courses supérieures à 19,8 km/h, qui augmentent la fatigue après un match. En effet, il explique que, pour 100 mètres parcourus à plus de 19,8 km/h, l'activité de la créatine kinase mesurée 24 heures après le match, augmente de 30%. Quant à la puissance maximale d'un Counter Movement jump (CMJ), elle diminue de 0,5% à chaque 100 mètres parcourus à plus de 19,8 km/h.

C'est pourquoi, Nédélec (2012) dans son étude sur la récupération et la fatigue d'après-match explique qu'il n'existe pas que la fatigue physique et elle n'est pas seulement influencée par les données GPS. En effet, d'après lui, le football implique des activités physiquement exigeantes comme les sprints, les accélérations et décélérations, les changements de direction, les sauts, les tacles, mais aussi les actions techniques comme les dribbles, les tirs ou encore les passes. Ces efforts entraînent une fatigue d'après-match liée à une combinaison de déshydratation, d'épuisement du glycogène, de dommages musculaires et de fatigue mentale. Il explique aussi que l'ampleur de cette fatigue et donc de sa récupération dépendent de différents facteurs. Tout d'abord, des facteurs extrinsèques comme le résultat du match, la qualité de l'adversaire, le lieu et la surface du terrain. Mais aussi, les facteurs intrinsèques comme le nombre d'entraînements, l'âge, le sexe ou encore la typologie musculaire. Connaissant le niveau de fatigue des joueurs, il a pu plus facilement regrouper différentes stratégies de récupération pour que cet état disparaisse le plus rapidement possible.

Enfin, Thorpe (2017), lui, s'est intéressé au suivi du niveau de fatigue des athlètes de sports collectifs de haut niveau. Dans son étude, il souligne le fait que le nombre de rencontres compétitives s'est drastiquement intensifié ces dernières années. C'est pourquoi, un intérêt grandissant pour le suivi de la fatigue est né. Selon lui, les efforts maximaux ne sont pas suffisamment fiables et surtout pas réalisables de manière hebdomadaire, car pas assez de temps pour récupérer. Selon lui, des tests plus rapides, plus simples et peu épuisants, comme les auto-évaluations des athlètes, les mesures de la fréquence cardiaque ou encore les protocoles de saut pourraient être des outils intéressants pour quantifier et établir l'état de fatigue chez les athlètes d'élite des sports d'équipe.

En effet, Foster et Borg ont mis au point différentes échelles subjectives permettant à l'athlète de décrire l'effort qu'il a perçu. On peut parler de l'échelle de perception de l'effort mis au point par Borg en 1970. Il s'agit d'une échelle allant de 6 à 20 avec un indice de 7 noté comme « très très facile » et

un indice 19 noté comme « très très dur ». Plus tard, il a modifié son échelle RPE en échelle CR-10 (1982). Il s'agit cette fois d'une échelle allant de 0 à 10 avec un indice de 0 noté comme « rien du tout » et un indice de 10 noté comme « extrêmement dur ». Enfin, on peut également parler de l'échelle de perception de l'effort modifiée par Foster en 1996. Il s'agit d'une échelle allant de 0 à 10 avec un indice 0 noté comme « rien du tout (repos) » et un indice de 10 noté comme « similaire à ma compétition la plus pénible ».

COMMENT PERCEVEZ-VOUS L'EFFORT EFFECTUÉ ?	
6	
7	TRÈS TRÈS LÉGER
8	
9	TRÈS LÉGER
10	
11	LÉGER
12	
13	NI LÉGER NI DUR
14	
15	DUR
16	
17	TRÈS DUR
18	
19	TRÈS TRÈS DUR
20	

COMMENT PERCEVEZ-VOUS L'EFFORT EFFECTUÉ ?	
0	RIEN DU TOUT
0,5	EXTRÊMEMENT LÉGER
1	TRÈS LÉGER
2	LÉGER
3	MODÉRÉ
4	LÉGÈREMENT DUR
5	DUR
6	
7	TRÈS DUR
8	
9	
10	EXTRÊMEMENT DUR
*	MAXIMAL

COMMENT AVEZ-VOUS PERÇU L'EFFORT EFFECTUÉ DURANT LA SÉANCE ?	
COTATION	DESCRIPTION VERBALE
0	RIEN DU TOUT (REPOS)
1	TRÈS LÉGER
2	LÉGER
3	MODÉRÉ
4	LÉGÈREMENT DUR
5	DUR
6	
7	TRÈS DUR
8	
9	TRÈS TRÈS DUR
10	SIMILAIRE À MA COMPÉTITION LA PLUS PÉNIBLE

Échelle de Perception de l'Effort
(RPE, Borg, 1970)

Échelle CR-10 (Borg, 1982)

Échelle de Perception de l'Effort
(modifiée par Foster, 1996)

Figure 3 : 3 différentes échelles de perception de l'effort

Plus tard, Fusco (2020) a montré dans son étude le lien qu'il existe entre les échelles de perception de l'effort que nous venons de voir et la fatigue. En effet, il a démontré qu'il existait une corrélation importante entre la concentration en lactate présent dans le sang et la RPE récoltée. Cela montre que la RPE augmente à mesure que la fatigue s'accumule, même si l'intensité de l'entraînement reste constante. Il semblerait alors que les échelles RPE soient des outils sensibles pour détecter la fatigue accumulée, en plus de mesurer l'intensité de l'exercice.

.II.f) Le profil charge-vitesse comme indicateur de fatigue

Il serait donc intéressant de mesurer l'état de fatigue des joueurs, tout en utilisant un test spécifique pour le footballeur.

Dans l'étude de Hughes et al. (2019), le profil charge-vitesse est utilisé pour quantifier la fatigue induite par l'entraînement en comparant la vitesse d'exécution d'une même charge avant et après une séance de fatigue. Les auteurs ont établi un profil charge-vitesse individuel pour chacun des 19 hommes bien entraînés en mesurant la vitesse de déplacement à différentes charges.

Après une séance de squats effectués jusqu'à l'échec musculaire à 70 % du 1RM, ils ont répété les mêmes mesures.

Hughes a alors constaté une diminution significative de la vitesse pour une même charge post-séance, ce qui indique une altération de la performance, reflétant ainsi une fatigue neuromusculaire.

Jiménez-Reyes (2022) s'est également intéressé à ce sujet. En effet, dans son étude, il s'est intéressé aux variations du profil force-vitesse au cours de la saison chez des joueurs de football de première division espagnole.

Il a montré que F_0 et $P_{\max}$ étaient plus élevés chez les joueurs pendant la saison qu'au début et à la fin de la saison. La fatigue liée à l'ensemble de la saison et à la répétition des matchs peut donc expliquer cette diminution de force et de puissance.

Galantine (2025) s'est également intéressé au profil force-vitesse et à la fatigue. En effet, l'objectif de l'étude est de montrer comment la fatigue affecte les performances de sprint, les paramètres du profil force-vitesse et l'efficacité mécanique chez des enfants et des adolescents pratiquant le rugby. Concrètement, les joueurs ont réalisé plusieurs sprints de 30 mètres entrecoupés de 5 minutes d'exercices à haute intensité tel que des accélérations, décélérations et changements de direction. Chaque sprint était mesuré à l'aide d'un radar de vitesse. Galantine a observé qu'au fur et à mesure de l'exercice, la puissance maximale, F_0 et V_0 diminuait de manière significative et le temps pour réaliser le sprint augmentait. Cela montre que la fatigue agit de manière négative sur les performances en sprint, mais également sur les paramètres du profil force-vitesse.

.III. Problématique, Objectifs et Hypothèses

.III.a) Problématique

Au vu des différentes recherches alliant calendrier surchargé dans le milieu du football et préparation physique, et plus précisément fatigue et profil charge-vitesse, peut-on dire qu'il est vraiment possible de développer des joueurs sur le plan physique malgré les semaines à 2 matchs ? Et cela, sans compromettre l'intégrité physique des joueurs ? Et finalement, en quoi l'établissement d'un profil charge-vitesse permet de montrer l'état de fatigue des joueurs ?

.III.b) Objectifs

L'objectif de ce mémoire est donc de montrer que le fait qu'une équipe de football avec un noyau de joueurs très restreint participe à 2 championnats au cours de la même saison peut être très dangereux pour l'intégrité physique des joueurs. Mais surtout de montrer qu'avec un tel calendrier, il est particulièrement difficile de développer des joueurs pour en faire des footballeurs professionnels.

.III.c) Hypothèses

Nous émettons alors 3 hypothèses :

- H1 = Les résultats du profil charge-vitesse, c'est-à-dire les vitesses maximales atteintes pour chaque charge en fin de saison par rapport à celles de mi-saison sont identiques
- H2 = Les résultats du profil charge-vitesse, c'est-à-dire les vitesses maximales atteintes pour chaque charge en fin de saison par rapport à celles de mi-saison sont meilleures
- H3 = Les résultats du profil charge-vitesse, c'est-à-dire les vitesses maximales atteintes pour chaque charge en fin de saison par rapport à celles de mi-saison sont moins bonnes

.IV. Stage

.IV.a) Milieu Professionnel

J'ai effectué mon stage au club de football professionnel du Royal Francs Borains. Là-bas, j'occupais le poste de préparateur physique stagiaire. Autrement dit, j'assistais le préparateur physique de l'équipe première dans son quotidien, notamment lors des séances d'activation pré-entraînement, de musculation, de réathlétisation et d'analyse et traitements des données. De plus, j'occupais également le poste de préparateur physique de l'équipe réserve U19. J'avais alors la charge du développement athlétique et physique des joueurs, tout en respectant l'objectif de prévention des blessures.

Concernant le club en lui-même, l'équipe première évolue en Challenger Pro League, soit la 2^e division Belge. Tandis que l'équipe U19 évolue au niveau Inter-Provincial, soit la 2^e division en Belgique pour cette catégorie d'âge. Cette équipe devait normalement évoluer en 1^e division, soit le plus haut niveau pour cette catégorie d'âge, mais malheureusement le club n'a pas eu les fonds nécessaires pour l'inscrire au niveau Élite. Cependant, l'équipe U19 prend tout de même part à la Coupe de Belgique U19, jouant ainsi exclusivement contre d'autres équipes jeunes de clubs professionnels belge.

Le dernier staff technique de l'équipe professionnel était composé d'un entraîneur principal, de deux entraîneurs adjoints, d'un entraîneur des gardiens, d'un analyste vidéo et de deux préparateurs physiques dont un stagiaire, soit 7 personnes.

Concernant le staff technique de l'équipe réserve U19, il était composé d'un entraîneur principal et d'un adjoint/préparateur physique stagiaire, soit 2 personnes. Un entraîneur des gardiens venait toutefois à un entraînement par semaine, les mardis.

La saison ayant été particulièrement mouvementée avec l'équipe professionnelle à cause des mauvais résultats, je ne pouvais pas faire mon mémoire avec ce groupe. En effet, le club a connu 3 différents entraîneurs entre juillet et mai, ainsi qu'une restructuration complète du staff professionnel avec le changement du préparateur physique, de l'entraîneur des gardiens et de l'analyste vidéo.

D'ailleurs mes missions au cours de la saison ont particulièrement évolué dû à ces changements. En effet, en début de saison, le préparateur physique de l'équipe professionnelle me faisait uniquement venir pour les « grosses » séances, lorsqu'il y avait un travail athlétique par exemple. Et j'allais en plus aux séances des U19.

Puis, lorsque le premier coach a été licencié et que le préparateur physique a démissionné, j'allais tous les jours à l'entraînement de l'équipe professionnelle, sauf lorsque j'avais cours. J'étais

désigné comme le préparateur physique de l'équipe professionnelle. Et j'allais également aux entraînements des U19. Cette période a duré 5 semaines et a été particulièrement compliqué à gérer en plus du travail à l'université.

Enfin, lorsque le nouvel entraîneur et le préparateur physique sont arrivés, ils m'ont autorisé à rester dans le staff. J'allais donc tous les jours aux entraînements de l'équipe professionnelle, sauf le jeudi et vendredi. Je retrouvais donc un rôle plus secondaire avec l'équipe première. Et j'allais également avec le groupe U19 en soirée.

.IV.b) Sujets

Pour notre étude, nous comparerons les données de l'équipe U19 la mi-saison par rapport aux données de cette même équipe en fin de saison.

Ce groupe a été choisi pour faire cette étude, car je ne peux malheureusement pas réaliser d'étude sur le groupe professionnel au vu des résultats du début de saison. De plus, le groupe U19, qui constitue le groupe réserve de l'équipe professionnelle participe, elle, à 2 championnats la même saison et j'ai également plus de liberté avec ce groupe.

En effet, une des particularités que vit ce groupe concerne son inscription à 2 championnats la même saison. Comme expliqué plus haut, l'équipe U19 participe à un championnat Inter-Provincial qui prend la forme d'un championnat classique avec 10 équipes, donc 9 matchs allers et 9 matchs retour.

En fin de championnat, et en fonction du classement, l'équipe participe à des playoffs contre d'autres équipes qui ont terminé au même classement qu'elle dans d'autres régions de Wallonie. Ce fût notre cas puisque nous avons fini 2^e de la saison régulière. Nous avons donc joué contre 3 autres équipes, soit 6 matchs en plus (aller-retour). Au total, nous avons donc joué 24 matchs de championnat (saison régulière + playoffs) entre début septembre et début avril.

Cependant, la Coupe de Belgique se jouait également sous forme de championnat. C'est-à-dire que nous avons joué contre 4 équipes en saison régulière soit 4 matchs aller et 4 matchs retour.

Puis, en fin de coupe de Belgique toutes les équipes jouent les playoffs contre d'autres équipes ayant terminé au même classement qu'eux. Ainsi, nous avons joué contre 2 équipes en playoffs, soit 4 matchs en plus (aller-retour). Au total nous avons donc joué 12 matchs en Coupe de Belgique.

L'équipe réserve U19 a donc joué un total de 36 matchs entre début septembre et mi-avril, soit 8 mois. À titre de comparaison, l'équipe professionnelle a elle joué un total de 31 matchs entre août et fin avril. L'équipe U19 a donc joué plus de matchs en moins de temps par rapport à l'équipe professionnelle. Le calendrier complet de l'équipe U19 est présenté en [Annexe 1](#).

Le groupe expérimental, soit l'équipe U19, est composé de 22 joueurs. Dix d'entre eux sont nés en 2006 et 12 sont nés en 2007. Cependant, les 2 gardiens ont été exclus de l'étude puisque les tests tombaient le jour des entraînements des gardiens. De plus, 2 joueurs ont été notés absents le jour d'un test. Donc, le groupe expérimental est composé de 18 joueurs. La masse moyenne du groupe est de 70,3 kg ($\pm 7,7$ kg). La taille moyenne du groupe est de 179,1 cm ($\pm 9,4$ cm).

L'équipe s'entraîne les lundis, mardis, jeudis et vendredis de chaque semaine et joue un match les samedis. Cependant, lorsque l'équipe joue 2 matchs par semaine, l'équipe ne s'entraîne plus que les lundis, mardis et vendredis et joue les mercredis et samedis.

Voici à quoi ressemble les 2 microcycles lorsqu'il y a 1 ou 2 matchs par semaine :

LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
<i>J+2 / J-5</i>	<i>J+3 / J-4</i>	<i>J+4 / J-3</i>	<i>J+5 / J-2</i>	<i>J+6 / J-1</i>	Match	<i>J+1 / J-6</i>
ENTRAÎNEMENT	ENTRAÎNEMENT	OFF	ENTRAÎNEMENT	ENTRAÎNEMENT	Championnat	OFF

LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
<i>J+2 / J-2</i>	<i>J+3 / J-1</i>	Match	<i>J+1 / J-2</i>	<i>J+2 / J-1</i>	Match	<i>J+1 / J-3</i>
ENTRAÎNEMENT	ENTRAÎNEMENT	Coupe de Belgique	OFF	ENTRAÎNEMENT	Championnat	OFF

Figure 4 : Organisation des microcycles en fonction d'un ou deux matchs par semaine

Concernant les horaires d'entraînement, ils ont lieu de 19h à 20h30 les lundis et jeudis, et de 20h à 21h30 les mardis et vendredis. Les matchs de Coupe ont, eux, lieu à 20h et se jouent toujours à l'extérieur. Les matchs de championnat ont lieu le matin à 10h30 lorsque le match est à domicile ou 15h lorsque le match est à l'extérieur.

.IV.c) Matériel, Techniques de Mesures et Protocole

Dans le but de répondre à nos différentes hypothèses, nous allons évaluer la vitesse maximale atteinte pour différentes charges tirées à l'aide d'un traîneau de résistance. Ce test s'appelle un Profil Charge-Vitesse.

Ce profil sera réalisé une fois à la mi-saison, et une deuxième fois à la toute fin de saison. La mi-saison est marquée par la fin de la saison régulière et le début des phases finales avec les play-offs. Le 2^e profil marque la fin de toute compétition officielle. Concrètement, le 1^{er} profil sera réalisé le 18 février et le 2^e profil, le 22 avril.

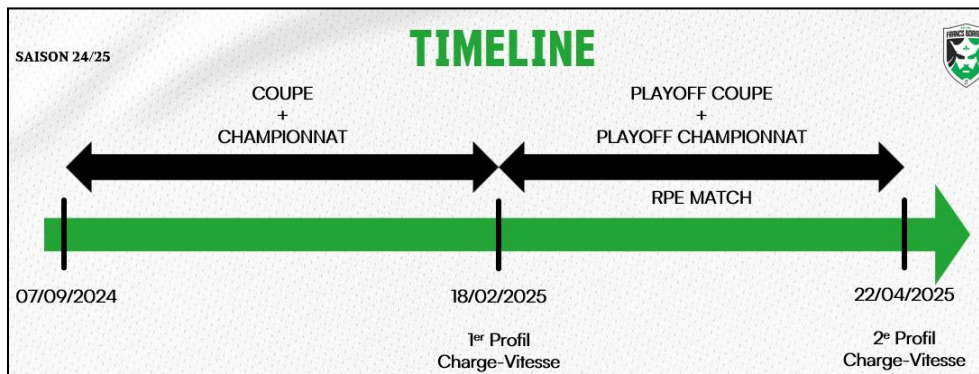


Figure 5 : Timeline de l'organisation de l'année et de l'établissement des profils

Pour commencer, 6 joueurs se présentent pour le début du test. Il commence par un échauffement de 10 minutes qui a été standardisé. Cet échauffement est disponible en [Annexe 2](#). Le test de profil charge-vitesse est ensuite réalisé à l'aide d'un chariot de traction qui sera tiré sur 20 mètres. Concrètement, un premier sprint est réalisé à vide, sans chariot juste après l'échauffement. Puis, les joueurs se placent à chaque cône de départ comme sur le schéma ci-dessous. Un cône de départ est aussi un cône d'arrivée puisque lorsque le 3^e joueur arrive au cône d'arrivée, le 4^e joueur repart dans l'autre sens. Le deuxième sprint se fait donc avec 10 kg en plus du chariot, le troisième avec 30 kg en plus du chariot et le quatrième avec 50 kg en plus du chariot. Le temps que les autres joueurs passent est un temps de récupération. Il dure à chaque fois 5 minutes. Concernant les départs, je ne leur donnais aucun signe, ils partaient quand ils voulaient. Je vérifiais simplement que le harnais soit bien attaché et que la sangle qui relie le harnais au traîneau soit bien tendue. Enfin, je laissais toujours 5 mètres entre l'arrivée et le départ pour éviter d'avoir à replacer le traîneau correctement avant chaque course.

Puis, je note les valeurs de vitesses maximales pour chaque passage à l'aide d'un GPS PlayerTek. Cette démarche ne se réalise qu'après le test. Pour cela, j'examine la plateforme PlayerTek Cloud et relève les vitesses pour chaque pic.

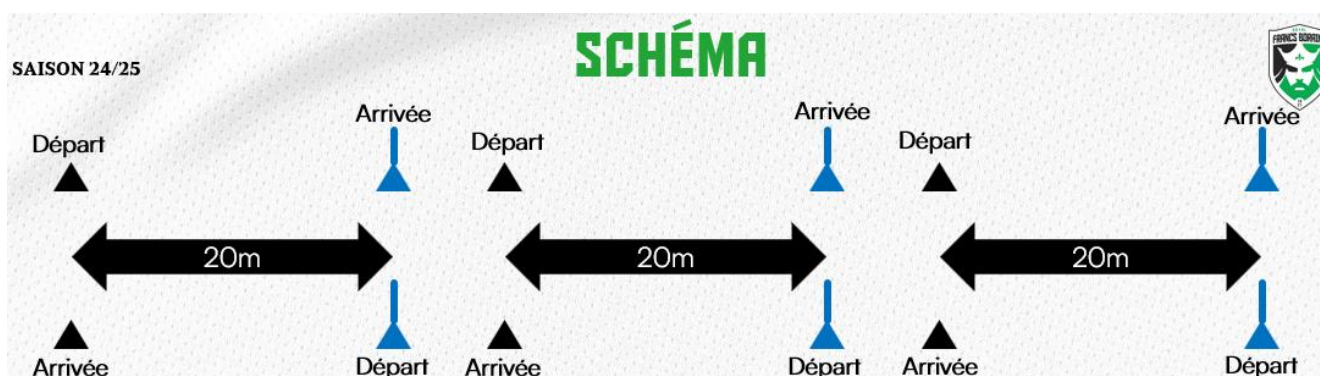


Figure 6 : Schéma du déroulement du profil charge-vitesse

Les distances sont mesurées à l'aide d'un odomètre. Le chariot de traction pèse 1,5kg et est relié à l'aide d'un harnais que l'on attache au niveau des épaules de l'athlète. Enfin, les GPS sont de la marque PlayerTek. Ces GPS datent de 2016 et ont une fréquence d'échantillonnage de 10Hz. Pour autant, ils sont moins fiables que les derniers GPS de la marque Catapult puisqu'ils utilisent uniquement un système GPS monoconstellation. À la différence des derniers GPS Catapult qui ont également une fréquence d'échantillonnage de 10Hz, eux utilisent des données GNSS multi-constellations (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou).

Une fois que les différentes vitesses et charges seront notées, je pourrai tracer la courbe du profil charge-vitesse. Pour cela, j'utilise un fichier Excel créé par Jean-Benoît Morin disponible sur son site Internet et présenté en [Annexe 3](#).

Durant la période entre les 2 tests, aucun stimulus spécifique de sprints autre que ceux induits par l'entraînement ne sera appliqué.

Pour autant, chaque semaine est préparée en amont avec l'entraîneur et chaque jour a sa dominante athlétique. À titre d'exemple, lorsque nous avons un seul match par semaine, la dominante athlétique le premier jour de la semaine est liée à la récupération et au retour à la compétition pour ceux qui ont joué. L'accent va donc être mis sur la mobilité, le travail technique ou encore des jeux avec de longues courses pas trop intenses dans le but de réactiver les joueurs après le match et un jour de repos. Pour ceux qui n'ont pas joué le match, l'objectif sera de compenser le match qu'ils n'ont pas joué avec des courses à haute intensité, des sprints et des accélérations et décélérations. Tout cela dans le but que la charge soit identique pour tous les joueurs. Un exemple de séance est présenté en [Annexe 4](#).

Le mardi, il y a moins de contrainte étant donné que le lendemain est un jour de repos et que les joueurs ont été réactivés la veille. Généralement, c'est le mardi qu'est placé le travail athlétique ou travail de force. Dans le cas où il y a 2 matchs par semaine, cette journée est plutôt associée à un travail un peu plus ludique avec de la vitesse de réaction et des actions brèves et dynamiques.

Le mercredi, lorsqu'il y a 2 matchs dans la semaine, les joueurs qui ne sont pas convoqués ont un travail de course à réaliser en autonomie sur l'application Strava. Souvent, il s'agit d'un travail de course et de travail intermittent. Les joueurs qui sont convoqués pour le match, mais qui n'ont que peu de temps de jeu réalisent également un travail intermittent à la fin du match.

Le jeudi, à 2 jours du match et après un jour de repos, la séance ressemble à la séance du lundi en poussant légèrement plus les intensités. Au lieu de se concentrer sur de la mobilité, l'échauffement est plus classique, pouvant même se terminer par un peu de courses à très hautes intensités. Lorsqu'il y a 2 matchs par semaine, il n'y a pas d'entraînement ce jour-là.

Enfin, le vendredi, lorsqu'il n'y a qu'un seul match par semaine, cette séance est plus ludique pour décharger physiquement et mentalement. On y ajoute également des exercices de vitesses de

réaction ainsi que des actions brèves mais intenses. Lorsque l'on joue 2 matchs par semaine, on ajoute également un travail de mobilité avant cela.

Concernant le calendrier des entraînements et des matchs pendant cette période, il est présenté en Annexe avec le calendrier de la saison complète. Un point intéressant à constater est que l'équipe joue 10 matchs sur une période de 62 jours. Autrement dit, elle joue un peu plus d'un match par semaine.

En plus, de réaliser ce test de profil charge-vitesse, je récoltais les notes RPE après les matchs selon l'échelle de Perception de l'Effort modifiée par Foster en 1996. Ces notes ont été récoltées environ 30 minutes après la fin du match, lorsque les joueurs quittaient le vestiaire, c'est-à-dire une fois que le coach avait fait son retour d'après-match et que les joueurs se soient douchés. Nous nous intéresserons donc aux valeurs RPE des joueurs qui ont joué les 90 minutes du match précédant le premier profil charge-vitesse pour connaître leur état à ce moment-là. Puis, toutes les notes RPE des footballeurs jouant les 90 minutes des matchs suivant jusqu'au dernier. De cette manière, on analysera l'évolution de la perception des 11 matchs au fil du temps.

On ne s'intéresse qu'aux joueurs qui ne sont pas sortis pendant le match, car bien que les joueurs remplaçants ou remplacés ont effectué une compensation, leur perception du match peut être différente ou biaisée par la frustration ou la déception.

.IV.d) Analyses Statistiques

Concernant l'analyse statistique, nous chercherons à comparer les résultats des profils charge-vitesse à la mi-saison, soit avant la période de playoff, et à la fin de saison.

On s'attend à ce qu'il y ait une diminution de la vitesse maximale atteinte en fin de saison pour chaque charge par rapport aux vitesses atteintes à la mi-saison.

Pour cela, nous vérifierons dans un premier temps la normalité des distributions à l'aide du Test de Shapiro-Wilk. Puis, nous chercherons à valider l'homogénéité des variances à l'aide du Test de Levene.

Si la normalité est vérifiée et que les variances sont homogènes, alors le test est paramétrique. Dans ce cas, nous pouvons réaliser le Test ANOVA à mesures répétées à 2 facteurs. Les 2 facteurs intra-sujet étant le moment (mi-saison et fin de saison) et la charge (0kg ; 11,5kg ; 31,5kg ; 51,5kg). Et la mesure que l'on va comparer est la vitesse pour chacune des 4 charges à la mi-saison et fin de saison. Nous observerons tout d'abord si la vitesse change significativement entre la mi-saison et la fin de saison pour chaque charge. Mais aussi, si la vitesse varie de manière significative selon la charge, indépendamment du moment. Enfin, ce test nous permet également de connaître l'interaction entre le

moment et la charge. Autrement dit, est-ce que l'impact d'une saison surchargée est plus marqué à certaines charges qu'à d'autres.

Dans le cas contraire, si les variances des distributions ne sont pas toutes homogènes ou que la normalité d'au moins une distribution n'est pas vérifiée, alors le test est non paramétrique. Dans ce cas, il faut effectuer un test de Friedman. Si le test est significatif, cela signifie qu'il existe au moins une différence significative entre les distributions de vitesses entre les moments (mi-saison vs fin de saison) pour une ou plusieurs charges. Pour connaître quelles charges évoluent de manière significative entre la mi-saison et la fin de saison, il va falloir réaliser des tests de Wilcoxon appariés (non paramétriques) charge par charge. Si la normalité et l'homogénéité des variances sont vérifiées pour les vitesses à la mi-saison et fin de saison pour une charge donnée, alors un test t de student peut être réalisé. Cependant, étant donné qu'il y a 4 comparaisons à faire (4 charges différentes), il faut appliquer une correction de Bonferroni $\alpha = 0,0125$ ($\alpha = 0,05/4 = 0,0125$).

Enfin, je termine par un test d de Cohen pour mesurer la taille d'effet du test t de student que j'ai effectué. Si mon d de Cohen est supérieur à 0,8, alors on peut dire que la différence n'est pas seulement statistiquement significative, elle est aussi pertinente pour l'entraînement et la performance. Ainsi qu'un test r de Wilcoxon pour mesurer la taille de l'effet du test de Wilcoxon que j'ai effectué. Si ce r de Wilcoxon est supérieur à 0,5, on peut également dire que cette différence est pertinente pour l'entraînement.

Concernant maintenant les notes RPE récoltés pour chaque match. Dans un premier temps, l'objectif sera de représenter les moyennes RPE pour chaque match uniquement pour les joueurs ayant joué 90 minutes. Ensuite, nous prendrons les moyennes des 5 premiers matchs et nous les comparerons aux moyennes des 5 derniers matchs. Étant donné que ce ne sont pas toujours les mêmes joueurs qui jouent tout le match, les échantillons sont donc indépendants. Nous vérifierons donc la normalité avec le test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances avec le test de Levene.

Si toutes les conditions sont vérifiées, un test t de student pour échantillons indépendant sera réalisé. Sinon, un test de Mann et Whitney sera effectué.

.V. Résultats

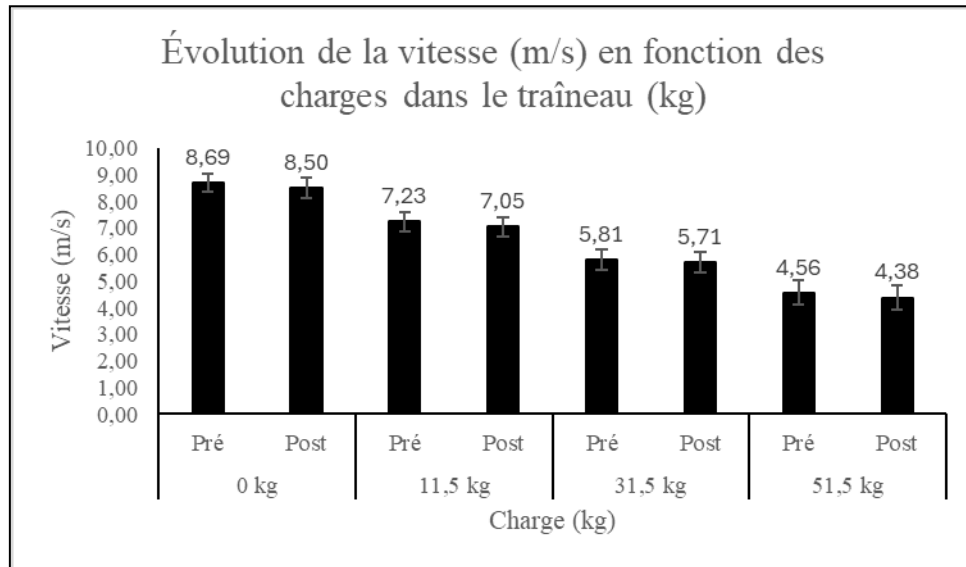


Figure 7 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) en fonction de la charge dans le traîneau (kg)

Un test de Friedman a été réalisé pour comparer les vitesses maximales du groupe U19 atteintes sur 20 mètres avec traîneau selon 8 conditions différentes (4 charges à la mi-saison et 4 charges à la fin de saison), chez 18 footballeurs. La valeur de ce test est de 124,78, ce qui signifie qu'il existe au moins une condition, c'est-à-dire une charge, pour laquelle la vitesse maximale diffère de manière significative entre la mi-saison et la fin de saison.

De plus, l'eta carré de Friedman a été réalisé pour quantifier l'importance globale de l'effet observé indépendamment de la taille de l'échantillon. Dans notre cas, la taille d'effet est de 0,99, ce qui indique une taille d'effet énorme.

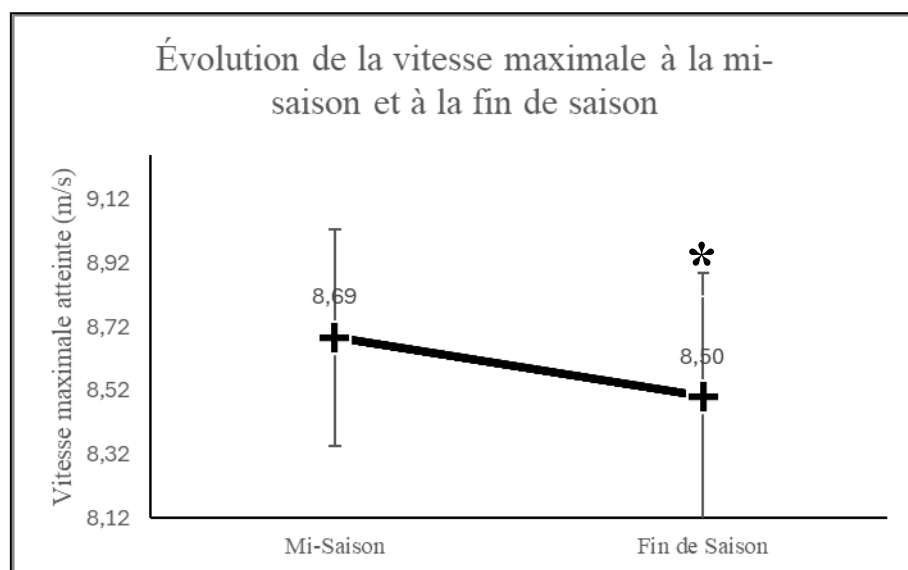


Figure 8 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) sans traîneau en fonction de la mi-saison et de la fin de saison

Pour comparer les vitesses maximales sans traîneau entre la mi-saison et la fin de saison, un test de Wilcoxon a été réalisé étant donnée que la normalité n'est pas respectée pour une des 2 distributions. Nous utilisons un α de 0,01 puisque AnaStats ne nous permet pas d'utiliser la correction de Bonferroni de 0,0125. Pour autant, l'hypothèse H_0 est rejetée ce qui signifie que la diminution de vitesse est bien significative.

Le logiciel AnaStats ne fournissant pas la statistique de rangs (W) ni la valeur Z, la taille de l'effet à l'aide du r de Wilcoxon n'a pas pu être calculée précisément.

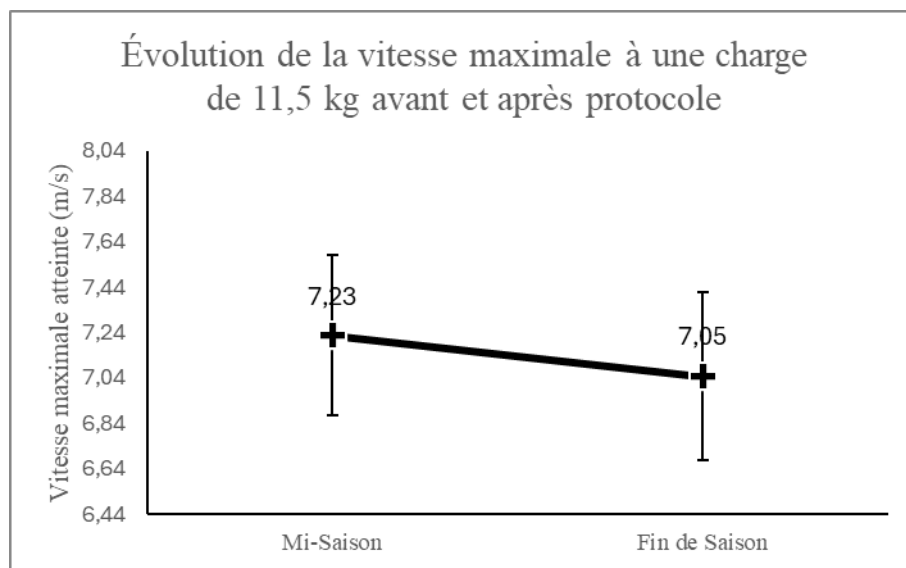


Figure 9 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) avec une charge de 11,5 kg en fonction de la mi-saison et de la fin de saison

Pour comparer les vitesses maximales à une charge de 11,5kg entre la mi-saison et la fin de saison, un test t de student a été réalisé étant donné que la normalité et l'homogénéité des variances ont été vérifiées pour les 2 distributions.

Après réalisation du test t de student sur les distributions à la mi-saison et fin de saison avec cette charge, on nous indique une p-value d'environ 0,049. La diminution de vitesse est donc significative pour un α de 0,05. Cependant, puisque nous comparons 4 charges, nous utilisons la correction de Bonferroni avec un α de 0,0125. Dans ce cas, la diminution de vitesse n'est pas significative.

Pour autant, lorsque l'on mesure la taille de l'effet à l'aide du test d de Cohen, on obtient une valeur de d de 0,5, ce qui correspond à un effet modéré.

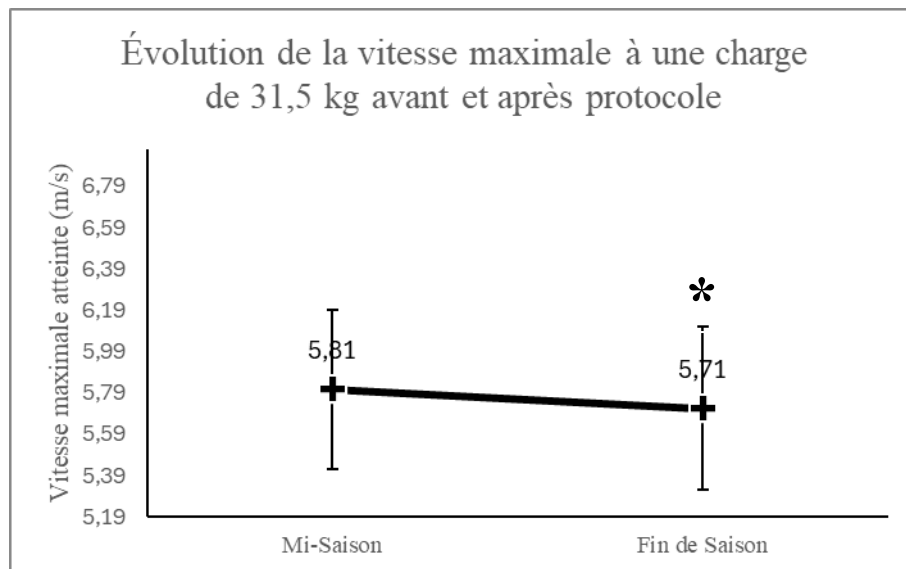


Figure 10 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) avec une charge de 31,5 kg en fonction de la mi-saison et de la fin de saison

Pour comparer les vitesses maximales à une charge de 31,5kg entre la mi-saison et la fin de saison, un test de Wilcoxon a été réalisé étant donnée que la normalité n'est pas respectée pour une des 2 distributions. Comme expliqué tout à l'heure, nous utilisons un α de 0,01. L'hypothèse H_0 est également rejetée ce qui signifie que la diminution de vitesse est bien significative.

Le logiciel AnaStats ne fournissant pas la statistique de rangs (W) ni la valeur Z, la taille de l'effet à l'aide du r de Wilcoxon n'a pas pu être calculée précisément.

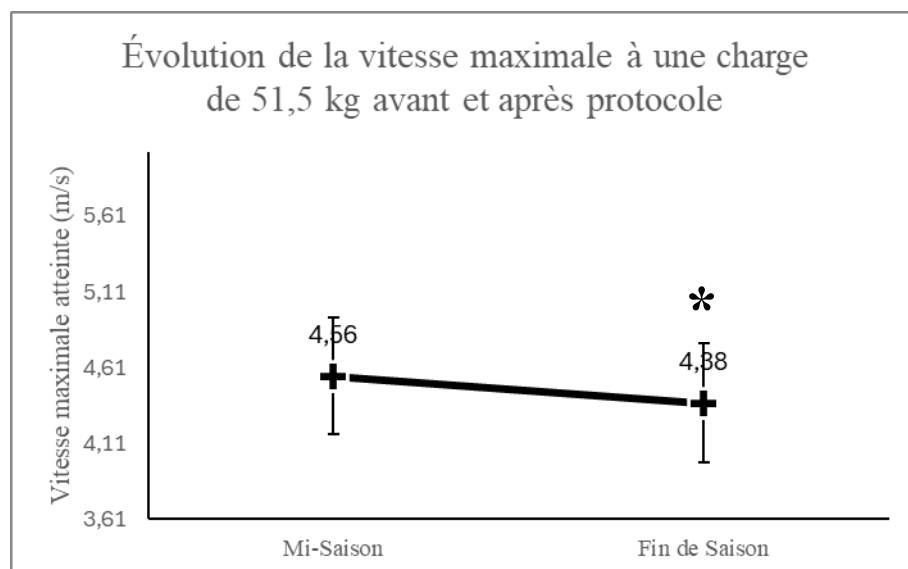


Figure 11 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) avec une charge de 51,5 kg en fonction de la mi-saison et de la fin de saison

Pour comparer les vitesses maximales à une charge de 51,5kg entre la mi-saison et la fin de saison, un test de Wilcoxon a été réalisé étant donnée que la normalité n'est pas respectée pour une des 2 distributions. Comme expliqué tout à l'heure, nous utilisons un α de 0,01. L'hypothèse H_0 est également rejetée ce qui signifie que la diminution de vitesse est bien significative.

Le logiciel AnaStats ne fournissant pas la statistique de rangs (W) ni la valeur Z, la taille de l'effet à l'aide du r de Wilcoxon n'a pas pu être calculée précisément.

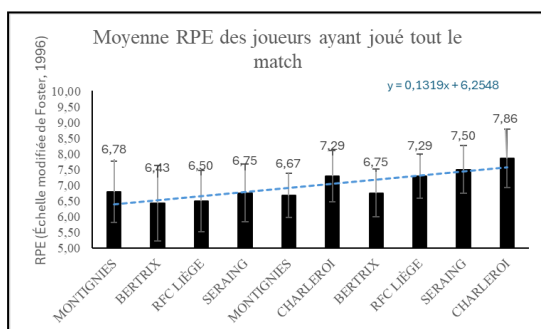


Figure 12 : Graphique indiquant l'évolution de la charge perçue (RPE) par les joueurs ayant joué tout le match pour les 10 matchs

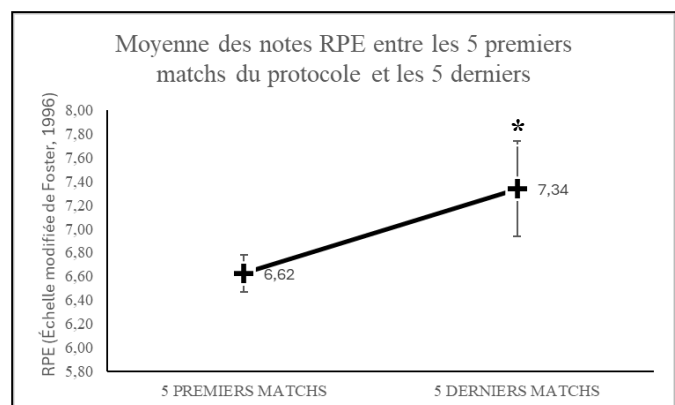


Figure 13 : Graphique indiquant la moyenne des charges perçues des 5 premiers matchs par rapport aux 5 derniers

On cherche ici à vérifier si la perception de l'effort augmente entre les 5 premiers matchs après avoir réalisé le test de profil charge-vitesse comparativement aux 5 derniers matchs avant le 2^e profil. Après vérification de la normalité des distributions grâce au test de Shapiro-Wik et de l'homogénéité des variances avec le test de Levene, on réalise un test t de student pour échantillons indépendants.

On obtient une valeur de p de 0,0056 ce qui est nettement inférieur à la valeur d'alpha qui est de 0,05. Le test t de student révèle donc une différence significative entre les notes RPE des 5 premiers matchs et les notes RPE des 5 derniers matchs.

Lorsque l'on s'intéresse cette fois à la taille de l'effet, on obtient une valeur du d de Cohen d'environ 2,37. Ce correspond a un effet très fort.

.VI. Discussion

.VI.a) Interprétation

Concernant les données globales du test Friedman, elles nous indiquent qu'il existe au moins une condition, c'est-à-dire au moins une charge, pour laquelle la vitesse maximale diffère de manière significative entre la mi-saison et la fin de saison.

Autrement dit, l'impact d'une saison surchargée sur la vitesse maximale atteinte lors d'un profil charge-vitesse joue un rôle significativement négatif pour au moins une charge du profil.

Cependant, ce test ne dit pas quelles charges précises ont évolué. C'est pour cela qu'il faut ensuite faire des tests post-hoc appariés (Wilcoxon ou t de Student selon la normalité).

De plus, le test χ^2 de Friedman qui mesure la taille d'effet, nous indique qu'il existe un effet très fort du moment de la saison sur la performance en sprint avec traîneau.

Autrement dit, la diminution des performances en sprint avec traîneau observée en fin de saison par rapport à la mi-saison n'est pas seulement significative statistiquement, mais aussi importante d'un point de vue pratique.

Cela renforce l'hypothèse d'une dégradation des qualités de sprint avec charge en fin de saison, possiblement en lien avec la fatigue accumulée et le nombre de matchs par semaine.

Cette première observation suit totalement les conclusions de Jiménez-Reyes (2022). En effet, il a montré dans son étude que les paramètres du profil force-vitesse étaient plus élevés chez ses joueurs de football professionnel pendant la saison comparativement à la fin de saison. Ce qui peut également laisser entendre une fatigue plus importante en fin de saison par rapport à la mi-saison.

Après réalisation des tests post-hoc appariés pour les valeurs de sprint sans charge, le test de Wilcoxon a révélé une diminution significative de la vitesse maximale entre la mi-saison et la fin de saison. Cette différence reste significative après correction de Bonferroni (α corrigé = 0,0125).

Autrement dit, l'impact d'une saison surchargée sur la vitesse maximale atteinte sans charge joue un rôle significativement négatif.

Malheureusement, le logiciel ne nous permettant pas de calculer le r de Wilcoxon, aucune taille d'effet n'a été calculée, et les résultats doivent donc être interprétés avec prudence.

Concernant les valeurs de sprint avec une charge de 11,5kg, le test t de student après correction de Bonferroni ne nous indique pas de différence significative de vitesse entre la mi-saison et la fin de saison.

Pour autant, la taille d'effet nous indique tout de même un effet modéré. Cela signifie que la diminution des vitesses a une importance pratique notable, même si elle ne dépasse pas le seuil de significativité statistique après correction.

En ce qui concerne les valeurs de sprint avec une charge de 31,5kg, le test de Wilcoxon a également révélé une diminution significative de la vitesse maximale entre la mi-saison et la fin de saison. Cette différence reste significative après correction de Bonferroni (α corrigé = 0,0125).

Encore une fois, l'impact d'une saison surchargée sur la vitesse maximale atteinte avec une charge de 31,5kg joue un rôle significativement négatif.

Enfin, concernant les vitesses obtenues avec une charge de 51,5kg, le test de Wilcoxon montre également une diminution significative de la vitesse maximale atteinte entre la mi-saison et la fin de saison. Même après la correction de Bonferroni.

Le nombre de match par semaine joue donc un rôle significativement négatif sur la vitesse maximale atteinte avec une charge de 51,5kg.

Ces résultats de diminution de vitesses pour différentes charges après une période surchargée concordent avec la littérature scientifique. En effet, Hughes (2019) a réalisé un premier profil charge-vitesse vertical sur un mouvement de squat avec 19 hommes bien entraînés. Puis, il leur a proposé une séance d'entraînement fatigante consistant en 5 séries de squat jusqu'à l'échec à 70% de leur 1RM. Puis, il a effectué un 2^e profil charge-vitesse. Il a alors constaté que les prédictions du 1RM basées sur la relation charge-vitesse ont montré une diminution significative après l'entraînement fatigant. C'est également le cas dans notre étude. Après une période de calendrier surchargée, les vitesses de nos joueurs diminuent pour presque toutes les charges.

De plus, lorsque l'on s'intéresse à la perception de l'effort ressenti par les joueurs au cours des 10 matchs séparant les 2 tests, on remarque que les notes RPE augmentent au fur et à mesure des matchs. Concrètement, la moyenne des notes RPE augmente de manière significative entre les 5 premiers matchs après le premier profil et les 5 derniers. Cette augmentation de l'effort perçu est appuyée par une taille d'effet très forte, confirmant une différence marquée et pertinente d'un point de vue pratique.

Ces résultats sont également en accord avec les études scientifiques et notamment celle de Nobari (2021) sur la quantification de la charge de travail chez des joueurs de football de moins de 17 ans. En effet, il a montré que, sur une saison entière, les joueurs percevaient l'entraînement et les matchs comme plus difficile en fin de saison par rapport au début et à la mi-saison.

Ces résultats viennent donc compléter les observations faites sur le profil charge-vitesse, pour lequel une diminution significative des vitesses maximales a été constatée à presque toutes les charges testées entre la mi-saison et la fin de saison. La combinaison de ces deux constats, c'est-à-dire une baisse de performance neuromusculaire sur le profil charge-vitesse et une augmentation de l'effort perçu, suggère une accumulation progressive de fatigue au fil de la saison. Cette fatigue semble être insuffisamment compensée par la planification actuelle, notamment en raison de l'enchaînement soutenu des matchs avec souvent 2 matchs par semaine.

.VI.b) Limites

Cette étude présente certaines limites qu'il convient de souligner. Tout d'abord, la taille de l'échantillon ($n = 18$) reste légère et peut limiter la puissance statistique, notamment pour les tests paramétriques. De plus, les distributions de certaines conditions ne respectaient pas la normalité, ce qui a nécessité l'usage de tests non paramétriques moins sensibles aux variations fines.

Statistiquement, la correction de Bonferroni appliquée pour les comparaisons multiples, bien qu'indispensable pour limiter le risque d'erreur de type I, renforce le risque de faux négatifs et peut masquer certains effets réels dans ce contexte de faible effectif.

D'un point de vue expérimental, les vitesses mesurées lors des sprints tractés avec charges absolues, exprimées en kg, ne tiennent pas compte des différences interindividuelles de masse corporelle. Un protocole basé sur des charges relatives aurait permis une meilleure individualisation de la contrainte, bien que plus difficile à mettre en place lorsque l'on est tout seul.

Un autre aspect qui aurait été intéressant à prendre en compte concerne le coefficient de frottement. En effet, bien que les conditions climatiques étaient très similaires lors du premier et du deuxième profil, la mesure du coefficient de frottement avec un dynamomètre aurait permis de prouver cela.

Enfin, bien que les données montrent une diminution des vitesses maximales entre la mi-saison et la fin de saison, il n'est pas possible d'attribuer cette baisse à un facteur unique. Toutefois, l'hypothèse selon laquelle le calendrier surchargé (1 à 2 matchs par semaine) génère une fatigue chronique empêchant la progression physique des joueurs reste cohérente avec les résultats observés. Ce contexte d'enchaînement des matchs semble limiter les adaptations neuromusculaires favorables, comme le montre la dégradation des performances au profil charge-vitesse en fin de saison.

Concernant l'analyse des notes RPE, elle présente également plusieurs limites méthodologiques.

Tout d'abord, le nombre de joueurs évalués diffère d'un match à l'autre, puisque seules les notes des joueurs ayant joué l'intégralité du match ont été retenues. Cette sélection, bien que logique pour limiter les biais liés au temps de jeu, réduit drastiquement la taille des échantillons.

De plus, les joueurs évalués ne sont pas toujours les mêmes entre les différents matchs, ce qui empêche une analyse strictement intra-individuelle de l'évolution de la perception de l'effort. Il s'agit donc de moyennes par match, mais pas forcément des mêmes individus suivis dans le temps.

La RPE reste, aussi, une mesure subjective, influencée par de nombreux facteurs externes comme le résultat du match, l'état émotionnel du joueur ou encore la difficulté du match, ce qui peut entraîner des fluctuations importantes.

Enfin, le fait que l'on compare des moyennes entre deux blocs de cinq matchs ne permet pas de modéliser finement l'évolution de la perception de l'effort au fil de la saison.

.VI.c) Applications sur le terrain

Les résultats de cette étude présentent plusieurs applications concrètes pour le terrain, en particulier dans le contexte du football à haute fréquence compétitive. La diminution significative de la performance au profil charge-vitesse entre la mi-saison et la fin de saison suggère que l'enchaînement de matchs (jusqu'à deux par semaine) ne permet pas un développement optimal des qualités physiques, en particulier neuromusculaires. Il apparaît donc nécessaire de repenser la planification en période compétitive, en intégrant des micro-doses de travail de force-vitesse, même entre deux rencontres, afin de limiter la régression des qualités explosives. Toutefois, il faut veiller à trouver le bon équilibre, car une charge trop importante entre deux matchs entraîne un risque de blessure plus important.

De plus, le protocole utilisé avec traîneau de puissance et les GPS se révèle être un outil simple, fiable et facilement applicable pour effectuer un suivi longitudinal de la forme physique. D'ailleurs, le matériel utilisé appartient intégralement au club. Ce protocole pourrait donc être intégré plus régulièrement pour évaluer l'impact de la charge compétitive sur la vitesse, et guider les ajustements des contenus d'entraînement. Cette démarche favoriserait également l'individualisation du travail physique, notamment pour les joueurs moins sollicités ou en retour de blessure. En effet, grâce au fichier Excel de Jean-Benoît Morin, il est très facile de savoir quelle charge il faut ajouter dans le traîneau pour travailler spécifiquement en force ou encore en puissance.

Enfin, ces résultats renforcent la nécessité d'une collaboration étroite entre le staff technique, le staff médical et le préparateur physique afin de trouver un équilibre entre performance, récupération et

développement. Des phases de décharge ciblées, associées à une gestion fine de la récupération, pourraient permettre de mieux préserver le potentiel physique des joueurs sur l'ensemble de la saison.

.VI.d) Perspectives

Les limites méthodologiques identifiées dans cette étude constituent autant de pistes d'amélioration concrètes pour les saisons à venir. Par exemple, l'utilisation de charges absolues (exprimées en kg) pourrait être remplacée par des charges relatives au poids de chaque joueur, afin de mieux individualiser le stimulus mécanique lors des tests de profil charge-vitesse horizontal. Cette modification permettrait de construire des profils charge-vitesse plus représentatifs, facilitant ensuite la prescription d'exercices ciblés selon les besoins neuromusculaires de chaque athlète.

De même, l'absence de mesure plus régulière constitue une limite importante en matière de fiabilité. À l'avenir, il serait pertinent de répéter les tests à intervalles réguliers tout au long de la saison pour assurer un suivi continu de la performance, mieux comprendre l'impact des charges de compétition, et détecter précocement toute dégradation. Par exemple, Jiménez-Reyes (2022) a réalisé un profil force-vitesse 6 fois au cours de la saison, dont une fois en pré-saison et une autre fois en fin de saison. Ce suivi longitudinal pourrait aussi permettre d'identifier des moments clés où une phase de décharge physique ou une intensification du travail spécifique est nécessaire.

Par ailleurs, la contrainte d'un faible effectif et d'une puissance statistique limitée pourrait être compensée en reconduisant le protocole sur plusieurs saisons ou en mutualisant les données avec d'autres équipes. Cela renforcerait la robustesse des conclusions et permettrait de mieux distinguer les effets de la saisonnalité, de la charge de match ou des contenus d'entraînement.

De plus, la logique de développement des joueurs même en période compétitive, soutenue par les résultats de l'étude, invite à mettre en place dès l'an prochain des séances courtes et ciblées de travail de sprint et de force, y compris en semaine à deux matchs, sous forme de micro-doses. Ces ajustements, combinés à une meilleure gestion de la récupération et à une collaboration renforcée entre les membres du staff, constituent des leviers réalistes pour préserver voire améliorer la performance neuromusculaire malgré la densité du calendrier compétitif.

Enfin, pour apporter encore plus d'informations à ce profil, il serait intéressant les saisons prochaines d'utiliser du matériel encore plus spécifique comme la machine 1080 Motion. Cela permettrait d'obtenir un profil force-vitesse et pas seulement charge-vitesse. On aurait alors un suivi sur la force que le joueur peut appliquer ainsi que la puissance qu'il déploie.

.VII. Conclusion

Au début de cette étude, nous nous sommes posé la question suivante : en quoi l'établissement d'un profil charge-vitesse permet de montrer l'état de fatigue des joueurs dû à un calendrier surchargé ?

Concrètement, cette étude met en évidence l'impact négatif d'une surcharge de matchs sur le développement physique des jeunes footballeurs élites. Les résultats montrent qu'en fin de saison, l'accumulation de la fatigue, aussi bien mesurée par le profil charge-vitesse que par l'échelle de perception de l'effort (RPE), nuit significativement à la performance des joueurs. En effet, la diminution de la vitesse et l'augmentation de la perception de l'effort suggèrent qu'une fatigue excessive limite non seulement leurs capacités physiques, mais aussi leur progression globale.

Nous pouvons ainsi valider l'hypothèse H₃ selon laquelle les résultats du profil charge-vitesse, c'est-à-dire les vitesses maximales atteintes pour chaque charge en fin de saison par rapport à celles de mi-saison, sont moins bonnes.

Ces résultats soulignent l'importance d'une gestion optimale de la charge de travail tout au long de la saison. Les jeunes joueurs, dont l'objectif est de se développer à la fois physiquement, mentalement, techniquement et tactiquement ne peuvent pas atteindre leur potentiel maximal si cette surcharge de travail n'est pas correctement régulée. Une telle accumulation de fatigue freine leur développement physique et limite leur capacité à répondre aux exigences du haut niveau. Ce qui les éloigne d'une carrière de footballeur professionnel.

Ainsi, il devient crucial de repenser l'organisation des matchs et des périodes de récupération dans le cadre de la formation des jeunes joueurs. Une meilleure gestion de la charge d'entraînement et des matchs pourrait permettre d'éviter que la fatigue ne soit un frein au développement physique des athlètes. Cette étude ouvre la voie à des recherches futures pour explorer des stratégies permettant d'optimiser le calendrier compétitif et d'améliorer la gestion de la charge de travail, dans le but de favoriser un développement physique durable et efficace.

Références Bibliographiques

Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci.* 2006 Jul;24(7):665-74. doi: 10.1080/02640410500482529. PMID: 16766496. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16766496/>

Buchheit M, Samozino P, Glynn JA, Michael BS, Al Haddad H, Mendez-Villanueva A, Morin JB. Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *J Sports Sci.* 2014 Dec;32(20):1906-1913. doi: 10.1080/02640414.2014.965191. Epub 2014 Oct 30. PMID: 25356503. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25356503/>

Cahill MJ, Oliver JL, Cronin JB, Clark KP, Cross MR, Lloyd RS. Sled-Pull Load-Velocity Profiling and Implications for Sprint Training Prescription in Young Male Athletes. *Sports (Basel).* 2019 May 20;7(5):119. doi: 10.3390/sports7050119. PMID: 31137511; PMCID: PMC6572326. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/31137511/>

Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med.* 2001 Jan;22(1):45-51. doi: 10.1055/s-2001-11331. PMID: 11258641. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11258641/>

Dupont G, Nedelec M, McCall A, McCormack D, Berthoin S, Wisløff U. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med.* 2010 Sep;38(9):1752-8. doi: 10.1177/0363546510361236. Epub 2010 Apr 16. PMID: 20400751. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20400751/>

Ekstrand J, Waldén M, Hägglund M. A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. *Br J Sports Med.* 2004 Aug;38(4):493-7. doi: 10.1136/bjism.2003.009134. PMID: 15273193; PMCID: PMC1724854. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/15273193/>

Famose J-P., (1983). Tâches motrices et stratégies pédagogiques en EPS, in Dossier EPS n°1, Paris

Galantine P, Sudlow A, Hays A, Maso F, Duché P, Bertin D. Effect of fatigability on sprint time performance and force-velocity profile according to maturity status in young rugby players. *PLoS One.* 2025 Jan 15;20(1):e0316947. doi: 10.1371/journal.pone.0316947. PMID: 39813211; PMCID: PMC11734967. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/39813211/>

Hader K, Rumpf MC, Hertzog M, Kilduff LP, Girard O, Silva JR. Monitoring the Athlete Match Response: Can External Load Variables Predict Post-match Acute and Residual Fatigue in Soccer? A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med Open*. 2019 Dec 9;5(1):48. doi: 10.1186/s40798-019-0219-7. PMID: 31820260; PMCID: PMC6901634. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31820260/>

Hughes LJ, Banyard HG, Dempsey AR, Peiffer JJ, Scott BR. Using Load-Velocity Relationships to Quantify Training-Induced Fatigue. *J Strength Cond Res*. 2019 Mar;33(3):762-773. doi: 10.1519/JSC.0000000000003007. PMID: 30570512. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/30570512/>

Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I, Margonis K, Chatzinikolaou A, Kalistratos E, Katrabasas I, Alexiou V, Taxildaris K. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med*. 2008 Sep;18(5):423-31. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181818e0b. PMID: 18806550. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/18806550/>

Jiménez-Reyes P, Garcia-Ramos A, Párraga-Montilla JA, Morcillo-Losa JA, Cuadrado-Peñafiel V, Castaño-Zambudio A, Samozino P, Morin JB. Seasonal Changes in the Sprint Acceleration Force-Velocity Profile of Elite Male Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2022 Jan 1;36(1):70-74. doi: 10.1519/JSC.0000000000003513. PMID: 32329976. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32329976/>

Lago-Peñas C, Lorenzo-Martínez M, López-Del Campo R, Resta R, Rey E. Evolution of physical and technical parameters in the Spanish LaLiga 2012-2019. *Sci Med Footb*. 2023 Feb;7(1):41-46. doi: 10.1080/24733938.2022.2049980. Epub 2022 Mar 7. PMID: 35243954. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35243954/>

Modric T, Versic S, Sekulic D, Liposek S. Analysis of the Association between Running Performance and Game Performance Indicators in Professional Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Oct 21;16(20):4032. doi: 10.3390/ijerph16204032. PMID: 31640271; PMCID: PMC6843975. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31640271/>

Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*. 2003 Jul;21(7):519-28. doi: 10.1080/0264041031000071182. PMID: 12848386. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12848386/>

Morin JB, Samozino P. Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016 Mar;11(2):267-72. doi: 10.1123/ijsp.2015-0638. Epub 2015 Dec 17. PMID: 26694658. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26694658/>

Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci.* 2009 Jan 15;27(2):107-14. doi: 10.1080/02640410802428071. PMID: 19058090. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19058090/>

Nobari H, Barjaste A, Haghighi H, Clemente FM, Carlos-Vivas J, Pérez-Gómez J. Quantification of training and match load in elite youth soccer players: a full-season study. *J Sports Med Phys Fitness.* 2022 Apr;62(4):448-456. doi: 10.23736/S0022-4707.21.12236-4. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33768776. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/33768776/>

Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Med.* 2012 Dec 1;42(12):997-1015. doi: 10.2165/11635270-000000000-00000. PMID: 23046224. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23046224/>

Osterwald KM, Kelly DT, Comyns TM, Catháin CÓ. Resisted Sled Sprint Kinematics: The Acute Effect of Load and Sporting Population. *Sports (Basel).* 2021 Sep 30;9(10):137. doi: 10.3390/sports9100137. PMID: 34678918; PMCID: PMC8538495. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/34678918/>

Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, Hader K. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2018 Mar;48(3):539-583. doi: 10.1007/s40279-017-0798-8. PMID: 29098658. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29098658/>

Thorpe RT, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017 Apr;12(Suppl 2):S227-S234. doi: 10.1123/ijsp.2016-0434. Epub 2017 Jan 17. PMID: 28095065. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28095065/>

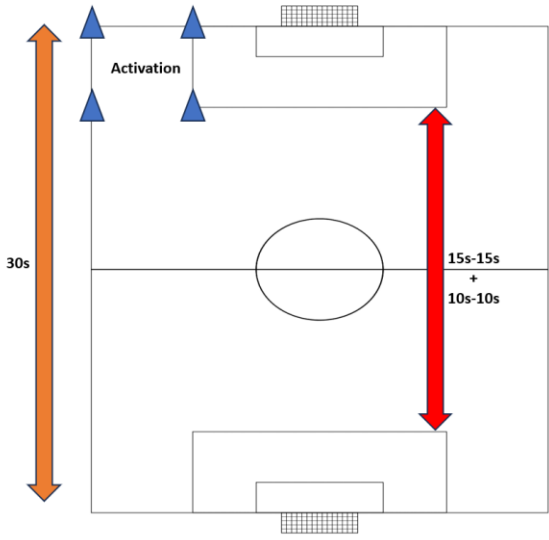
Annexes

Annexe 1 : Calendrier Saison 2024-2025 – Équipe U19 – Francs Borains

SEPTEMBRE							OCTOBRE						
LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
02-sept	03-sept	04-sept	05-sept	06-sept	07/09 RU TUBIZE	08-sept		01-oct	02/10/2025 RAAL	03-oct	04-oct	05/10 RCS BRAINE	06-oct
09-sept	10-sept	11-sept	12-sept	13-sept	14/09 RAS PAYS BLANC	15-sept	07-oct	08-oct	09-oct	10-oct	11-oct	12/10 CS MANAGE	13-oct
16-sept	17-sept	18-sept	19-sept	20-sept	21/09 RFC LUIGNE	22-sept	14-oct	15-oct	16/10 KV COURTRAI	17-oct	18-oct	19/10 ACREN LESSINES	20-oct
23-sept	24-sept	25/09 KAA GENT	26-sept	27-sept	28/09 RAEC MONS	29-sept	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	26/10 PAYS VERT	27-oct
30-sept							28-oct	29-oct	30-oct	31-oct			
NOVEMBRE							DÉCEMBRE						
LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
				01-nov	02/11 US REBECQ	03-nov							01-déc
04-nov	05/11 KSC LOKEREN	06-nov	07-nov	08-nov	09/11 RU TUBIZE	10-nov	02-déc	03-déc	04-déc	05-déc	06-déc	07/12 RCS BRAINE	08-déc
11-nov	12-nov	13-nov	14-nov	15-nov	16/11 PAYS BLANC	17-nov	09-déc	10-déc	11-déc	12-déc	13-déc	14-déc	15-déc
18-nov	19-nov	20-nov	21-nov	22-nov	23/11 RFC LUIGNE	24-nov	16-déc	17-déc	18-déc	19-déc	20-déc	21-déc	22-déc
25-nov	26-nov	27/11 KV COURTRAI	28-nov	29-nov	30/11 RAEC MONS		23-déc	24-déc	25-déc	26-déc	27-déc	28-déc	29-déc
							30-déc	31-déc					
JANVIER							FÉVRIER						
LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
		01-janv	02-janv	03-janv	04-janv	05-janv						01/02 CS MANAGE	02/02/2025 OFF
06-janv	07-janv	08-janv	09-janv	10-janv	11-janv	12-janv	03/02/2025 ENT	04/02 KSC LOKEREN	05/02/2025 OFF	06/02/2025 ENT	07/02/2025 ENT	08/02 PAYS VERT	09/02/2025 OFF
13-janv	14-janv	15-janv	16-janv	17-janv	18/01/2025 ACREN LESSINES	19-janv	10/02/2025 ENT	11/02/2025 ENT	12/02 KAA GENT	13/02/2025 OFF	14/02/2025 ENT	15/02/2025 OFF	16/02/2025 OFF
20-janv	21-janv	22/01/2025 RAAL	23-janv	24-janv	25-janv	26-janv	17/02/2025 ENT	18/02/2025 1er Profil C-V	19/02/2025 OFF	20/02/2025 ENT	21/02/2025 ENT	22/02/2025 MONTIGNIES	23/02/2025 OFF
27-janv	28-janv	29-janv	30-janv	31-janv			24/02/2025 ENT	25/02/2025 ENT	26/02/2025 OFF	27/02/2025 ENT	28/02/2025 ENT		
MARS							AVRIL						
LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
					01/03/2025 OFF	02/03/2025 OFF		01/04/2025 ENT	02/04/2025 RSC CHARLEROI	03/04/2025 OFF	04/04/2025 ENT	05/04/2025 BERTRIX	06/04/2025 OFF
03/03/2025 ENT	04/03/2025 ENT	05/03/2025 OFF	06/03/2025 ENT	07/03/2025 ENT	08/03 BERTRIX	09/03/2025 OFF	07/04/2025 ENT	08/04/2025 ENT	09/04/2025 RFC LIÈGE	10/04/2025 OFF	11/04/2025 ENT	12/04/2025 RFC SERAING	13/04/2025 OFF
10/03/2025 ENT	11/03/2025 ENT	12/03 RFC LIÈGE	13/03/2025 OFF	14/03/2025 ENT	15/03/2025 RFC SERAING	16/03/2025 OFF	14/04/2025 ENT	15/04/2025 ENT	16/04 RSC CHARLEROI	17/04/2025 OFF	18/04/2025 ENT	19/04/2025 OFF	20/04/2025 OFF
17/03/2025 ENT	18/03/2025 ENT	19/03/2025 OFF	20/03/2025 ENT	21/03/2025 ENT	22/03 MONTIGNIES	23/03/2025 OFF	21/04/2025 ENT	22/04/2025 C-V 2nd Profil	23/04/2025 OFF	24/04/2025 ENT	25/04/2025 ENT	26/04/2025 OFF	27/04/2025 OFF
24/03/2025 ENT	25/03/2025 ENT	26/03/2025 OFF	27/03/2025 ENT	28/03/2025 ENT	29/03/2025 OFF	30/03/2025 OFF	28/04/2025 ENT	29/04/2025 ENT	30/04/2025 OFF				
31/03/2025 ENT													

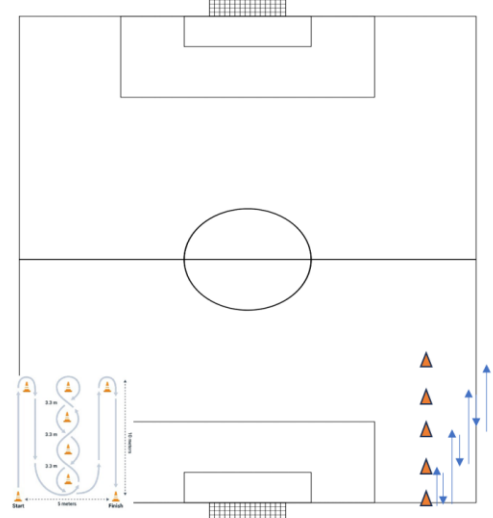
Annexe 2 : Exemple de séance un lundi avec 1 match par semaine :

1^{er} entraînement de la semaine

<u>Lundi</u> <u>Objectif de la tâche:</u> Activation (mobilité, proprioception) + Décrassage <u>Description:</u> • <u>Activation</u> (5min) Travail de mobilité au sol : focus mobilité hanches Travail de proprioception • <u>Course décrassage</u> (10min) Tours de terrain libre • <u>Course 12km/h</u> (5min) 30s aller + 30s retour sans pause pendant 5min • <u>Compensation – fin de séance</u> (10min) avec les joueurs qui n'ont pas joué le match du week-end 15s-15s box to box – 10 efforts (5') 1'30 récup 10s-10s box to box – 10 efforts (3'20)	<u>Timing :</u> 15min + 10min + 5min = 20min 
---	--

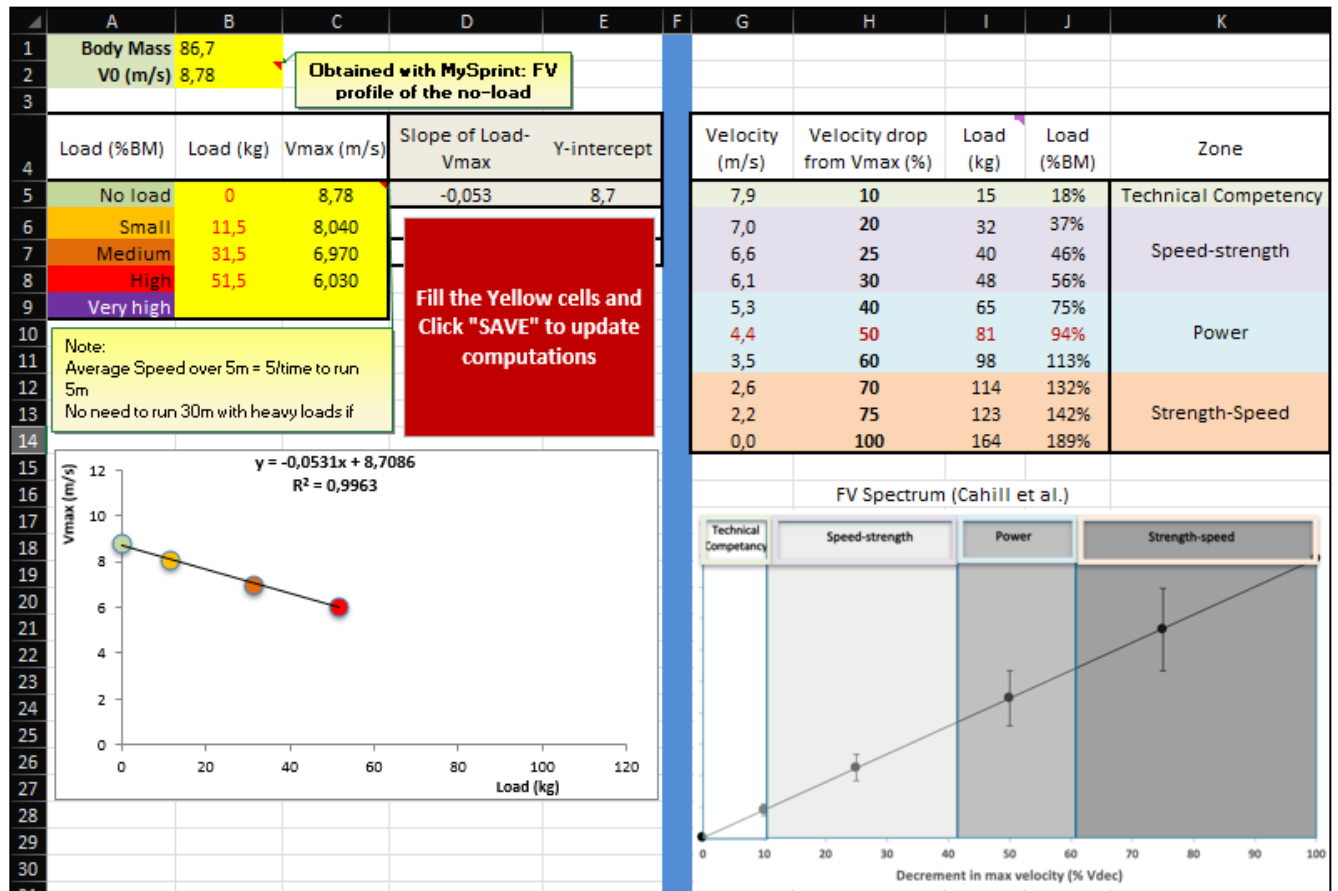
Exemple de séance un mardi avec 1 match par semaine :

2^{ème} entraînement de la semaine

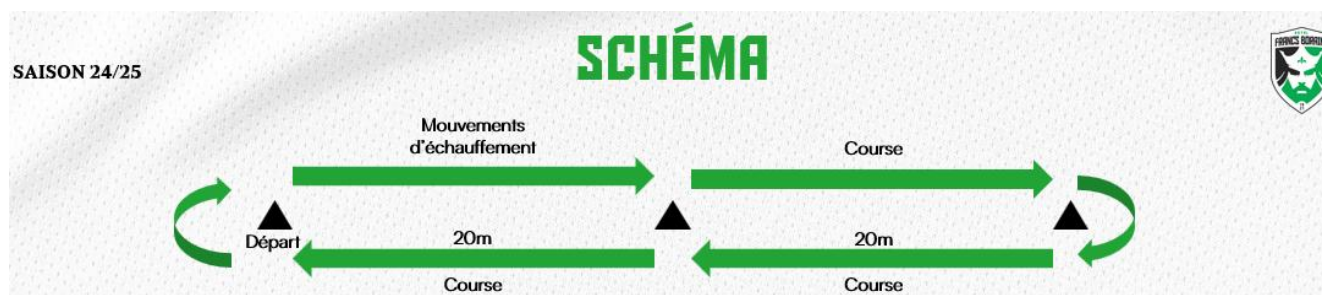
<u>Mardi</u> <u>Objectif de la tâche:</u> FORCE + Changements de direction + Accéléérations + Décéléérations + blocages + cadrages <u>Dimensions:</u> Petits espaces <u>Description:</u> • <u>Test Illinois</u> (5min) Après bon échauffement, réalisation du test Illinois (comme expliqué ci-contre :  • <u>Acc/Dec</u> (10min) 5 cônes disposés à 5m l'un de l'autre sur une distance de 20m : Course du cône de départ jusqu'au 1^{er}, puis retour jusqu'au cône de départ. Puis, course jusqu'au 2^e cône et retour au 1^{er}, etc. jusqu'au dernier cône. Faire des duels pour les pousser	<u>Timing :</u> 5min + 10min = 15 min 
--	---

Annexe 3 : Fichier Excel Profil Charge-Vitesse – Jean-Benoît Morin :

<https://jbmorin.net/downloads-%F0%9F%93%8A%F0%9F%93%88/>



Annexe 4 : Échauffement standardisé de 10 minutes avant le test de Profil Charge-Vitesse :



L'échauffement se fait sur 40 mètres, les 20 premiers mètres les joueurs effectuent des mouvements d'échauffements, les 20 derniers ce n'est que de la course et le retour est uniquement de la course également. Les mouvements d'échauffements sont les suivants :

- Rotation bras vers l'avant
- Rotation bras vers l'arrière
- Balancier bras latéral
- Balancier bras haut en bas
- Ouverture de hanches
- Fermeture de hanches
- Petit mouvement balistique vers l'avant
- Grand mouvement balistique vers l'avant
- Petit mouvement balistique vers l'arrière
- Grand mouvement balistique vers l'arrière
- Petit mouvement balistique vers l'avant en croisant
- Grand mouvement balistique vers l'avant en croisant
- Petit mouvement balistique vers l'extérieur
- Grand mouvement balistique vers l'extérieur
- Enchaînement montée de genoux et mouvement balistique vers l'extérieur sans poser le pied
- Enchaînement montée de genoux et mouvement balistique vers l'arrière
- Technique de course décomposé : talon et pointe de pied
- Auto-grandissement bras vers le haut et marche sur la pointe des pieds
- Petits appuis et saut réception contrôlée dans l'axe
- Petits appuis et saut réception contrôlée de droite à gauche
- Montée de genoux haut avec reprise d'appuis au sol
- Idem moins haut et plus dynamique
- Foulées bondissantes en cherchant la hauteur
- Foulées bondissantes en cherchant la longueur
- Montée de genoux
- Talons aux fesses
- Jambes tendues en avant
- Jambes tendues en course arrière
- Passemment de jambes extérieur
- Passemment de jambe intérieur
- Pas chassés d'un côté
- Pas chassés de l'autre
- Idem mais avec centre de gravité bas
- Idem de l'autre côté
- Pas croisés d'un côté
- Pas croisés de l'autre
- Accélération et 3 blocages de face
- Accélération et 3 blocages avec 1 seul appui de profil
- Accélération progressive sur 20m
- Accélération progressive sur 20m en course arrière
- Accélération sur 20m et blocage à 20m
- Accélération sur 20m, retour au départ en course arrière et accélération progressive sur 40m
- Accélération progressive sur 40m
- Idem en course arrière
- Départ course avant, au milieu course arrière
- Le contraire, d'abord course arrière puis course avant
- Puis 3 accélérations progressives de plus en plus rapide

Index des Figures

Figure 1 : Exemple de profil Force-Vitesse d'après l'étude de Morin (2016).....	10
Figure 2 : Diminution de la vitesse maximale (en pourcentage) en fonction de différentes charges.	11
Figure 3 : 3 différentes échelles de perception de l'effort.....	14
Figure 4 : Organisation des microcycles en fonction d'un ou deux matchs par semaine	19
Figure 5 : Timeline de l'organisation de l'année et de l'établissement des profils.....	20
Figure 6 : Schéma du déroulement du profil charge-vitesse	20
Figure 7 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) en fonction de la charge dans le traîneau (kg)	24
Figure 8 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) sans traîneau en fonction de la mi-saison et de la fin de saison	24
Figure 9 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) avec une charge de 11,5 kg en fonction de la mi-saison et de la fin de saison.....	25
Figure 10 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) avec une charge de 31,5 kg en fonction de la mi-saison et de la fin de saison.....	26
Figure 11 : Graphique indiquant l'évolution de la vitesse (m/s) avec une charge de 51,5 kg en fonction de la mi-saison et de la fin de saison.....	26
Figure 13 : Graphique indiquant la moyenne des charges perçues des 5 premiers matchs par rapport aux 5 derniers	27
Figure 12 : Graphique indiquant l'évolution de la charge perçue (RPE) par les joueurs ayant joué tout le match pour les 10 matchs	27

Résumé de l'étude

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact d'une saison surchargée sur le profil charge-vitesse de jeunes joueurs de football élites qui aspirent à intégrer un jour l'équipe professionnelle. Dans ce contexte, il est crucial de comprendre comment l'accumulation de la fatigue peut affecter les capacités physiques des joueurs au fil de la saison et ainsi freiner leur développement.

Dix-huit joueurs ont été testés à la mi-saison et à la fin de saison à l'aide d'un test de sprint avec traîneau sur 20 mètres, avec quatre charges différentes, afin de constituer un profil charge-vitesse. Les vitesses maximales ont été relevées à chaque course. Parallèlement, les RPE ont été recueillis après chaque match pour estimer l'effort perçu.

Les résultats montrent une baisse significative de la vitesse pour presque toutes les charges en fin de saison, ainsi qu'une augmentation des valeurs de RPE. Ces observations suggèrent une fatigue accumulée et une adaptation physique limitée. Par conséquent, face à une telle accumulation de fatigue, les joueurs ne peuvent pas se développer pleinement et risquent de voir leur progression freinée.

Mots Clés : Football, Surcharge compétitive, Profil Charge-Vitesse, Fatigue, RPE

Abstract

The aim of this study is to evaluate the impact of an overloaded season on the load-velocity profile of young elite football players aspiring to join the professional team. In this context, it is crucial to understand how the accumulation of fatigue can affect players' physical abilities during the season and thus hinder their development.

Eighteen players were tested at mid-season and at the end of the season using a sled sprint test over 20 meters, with four different loads, in order to create a load-velocity profile. Maximum speeds were recorded for each trial. Additionally, RPE values were collected after each match to assess perceived effort.

The results show a significant decrease in speed for almost all loads at the end of the season, along with an increase in RPE values. These findings suggest accumulated fatigue and limited physical adaptation. Therefore, due to such an accumulation of fatigue, players are unable to fully develop and may see their progression hindered.

Keywords : Soccer, Overloaded season, Load-Velocity profile, Fatigue, RPE

Compétences acquises lors du stage

Cette année, en tant que stagiaire préparateur physique aux Francs Borains, j'ai pu :

- **Élargir** mon réseau professionnel au sein d'un club de haut niveau
- **Évoluer** dans un environnement pluridisciplinaire en collaboration avec médecins, kinésithérapeutes, entraîneurs et autres membres du staff
- **Concevoir, planifier** et **encadrer** des séances d'activation, d'échauffement, de travail athlétique ainsi que des séances de réathlétisation
- **Surveiller** la charge d'entraînement externe à l'aide des GPS Catapult
- **Visualiser** les données GPS pour les présenter au staff/direction