

Année universitaire 2024-2025

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

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

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

MEMOIRE

TITRE : Quel est l'impact d'un entraînement en contraste de charge appliqué sur des sprints sur le profil force-vitesse et les performances sur 60 mètres chez des sprinteurs âgés de 15 à 25 ans ?

Par : Roméo BORNIER

Sous la direction de : M. Frédéric DAUSSIN

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

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

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes m'ayant permis d'effectuer ce stage et de mener à bien la réalisation de ce mémoire.

Merci à la faculté des sciences du sport et de l'éducation physique et son équipe enseignante pour les apports théoriques donnés lors des différents cours qui m'ont permis d'évoluer et de parfaire mes connaissances.

Je tiens à remercier **Frédéric DAUSSIN**, mon directeur de mémoire, pour son accompagnement et sa disponibilité tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Je remercie **Jimmy BENIN** mon tuteur pédagogique, Coordinateur technique de la section Lille Université Club Athlétisme et Entraîneur Technique Régional pour la confiance qu'il m'a accordé lors de mes interventions et toute l'expérience qu'il m'a permis d'obtenir dans l'entraînement et la préparation physique des athlètes.

Ensuite, je tiens à exprimer ma reconnaissance au LUC Athlétisme qui m'ont accueilli, m'ont permis d'effectuer ce travail et en mettant tout le matériel nécessaire à la réalisation de ce mémoire.

Enfin, un grand merci à tous les athlètes du LUC athlétisme, en particulier les sprinteurs du groupe spécialité du LUC athlétisme que j'ai pu accompagner dans l'optimisation de leur performance physique et sportive.

Glossaire

- Profil F-v : Profil Force-vitesse
- RS : Résistance Sprint
- AS : Assisté Sprint
- MS : Maximal Sprint
- Vmax : Vitesse maximal
- Pmax : Puissance maximale
- F0 : Force maximale théorique
- V0 : Vitesse maximale théorique
- RFmax : Rapport de force maximale
- MC : Masse Corporelle
- CM : Centre de masse
- MC : Masse corporelle
- Lopt : Charge optimal
- SFvopt : Pente optimale de la relation force-vitesse
- FVimb : Déséquilibre force-vitesse
- d : Taille de l'effet

Sommaire

Remerciements.....	1
Glossaire.....	2
Sommaire	3
Introduction.....	5
Revue de littérature	6
1.1.1. Athlétisme	6
1.1.2. Le 100 mètres.....	7
1.1.3. Analyse biomécanique du 100 mètres	7
1.2. Profil Force – vitesse – puissance	11
1.3. Effets de différents types d’entraînements.....	14
1.3.1. L’entraînement en sprint résisté (RS)	14
1.3.2. L’entraînement en sprint assisté (AS).....	16
1.3.3. L’entraînement en sprint maximal (MS).....	17
1.4. Effet d’un entraînement contraste de charge, complexe ou combiné	18
1.5. Contraste de Charge et Entraînement Complexe	20
2. Problématique	21
3. Objectifs	21
4. Hypothèses	22
5. Stage.....	22
5.1. Milieu professionnel	22
5.2. Sujets.....	23
5.3. Matériels et techniques de mesures.....	24
5.4. Protocole	25

5.4.1.	Tests de début et de fin de protocole.....	25
5.4.2.	Protocole d'entraînements.....	27
5.5.	Analyse statistique	28
5.6.	Résultats	28
6.	Discussion	32
1.	Interprétation des résultats	32
a.	Variables du profil force-vitesse	32
b.	Variables de performance en sprint	33
2.	Limites de l'étude.....	35
a.	Taille et homogénéité de l'échantillon.....	35
b.	Absence de groupe témoin.....	35
c.	Durée du protocole.....	35
d.	Fréquence d'entraînement réduite.....	36
3.	Applications pratiques sur le terrain	37
4.	Perspectives.....	39
a.	Allonger la durée d'intervention	39
b.	Intégrer des tests complémentaires	39
c.	Étendre l'analyse à la technique de sprint.....	40
d.	Étendre le protocole à d'autres profils ou disciplines.....	40
e.	Évaluer l'impact en compétition réelle	40
7.	Conclusion	41
8.	Bibliographie.....	42
	Annexes.....	47
	Résumé.....	48
	Abstract	49
	Compétences acquises.....	50

Introduction

Le sprint est une discipline prédominante de l'athlétisme, représentant le symbole de la force, de la puissance et de la vitesse, exploitant des qualités biomécaniques et physiologiques exceptionnelles. Parmi les disciplines de sprint, l'épreuve reine : 100 mètres se caractérise par son intensité et ses exigences techniques, où chaque phase est fondamentale pour la performance : départ, accélération, vitesse maximale et maintien de la vitesse. Pour optimiser ces phases, il est nécessaire d'adopter une démarche scientifique qui associe l'analyse des profils force-vitesse (F-v) et entraînements spécifiques adaptés aux besoins individuels des athlètes.

L'application horizontale du profil force-vitesse s'est révélée essentielle afin de comprendre les interactions et les relations entre la force et la vitesse lors de mouvements dynamiques tels que le sprint. Cette méthode aide à identifier les déséquilibres spécifiques entre la capacité à produire de la force et la capacité d'atteindre des vitesses élevées, deux facteurs essentiels à la performance de sprint. Cette démarche permet donc de concevoir des programmes d'entraînement ciblés pour contrecarrer ces déséquilibres.

Les programmes d'entraînement contrastés, qui combinent des charges lourdes et des sprints à haute vitesse, se présentent comme une méthode prometteuse pour augmenter la puissance musculaire et améliorer les caractéristiques essentielles du profil F-v.

Toutefois, malgré l'étude des effets isolés de l'entraînement en sprint résisté ou assisté, une analyse détaillée combinant un contraste de charge sur des sprints à un examen détaillé du profil F-v chez les sprinteurs demeure encore inédite. Ce mémoire propose donc une approche innovante pour évaluer les effets et impacts spécifiques d'un protocole de contraste de charge sur les sprinteurs du LUC Athlétisme. L'objectif est de déterminer comment cette méthode influence les paramètres du profil F-v tels que la force horizontale maximale (F_0), la vitesse maximale théorique (V_0), et la puissance maximale (P_{max}), tout en explorant ses implications pratiques pour l'optimisation des performances.

Cette recherche, en mettant au point d'une méthodologie différente de ce qui a été déjà réalisé et en travaillant avec un groupe d'athlètes spécialisés en sprint, vise non seulement à pallier un manque dans la littérature scientifique actuelle, mais vise aussi à proposer des conseils concrets aux coaches, entraîneurs et préparateurs physiques. Ainsi, elle offre une nouvelle perspective sur l'utilisation des

méthodes de contraste de charges pour la performance en sprint, où chaque ajustement de méthode peut se révéler un facteur crucial vers l'excellence.

Revue de littérature

1.1.1. Athlétisme

L'athlétisme, considéré comme l'un des sports les plus anciens de l'histoire humaine, repose sur trois formes fondamentales d'expression physique : courir, sauter et lancer. Ces disciplines incarnent des mouvements naturels et universels. Historiquement, l'athlétisme trouve ses origines dans l'Antiquité, notamment avec les Jeux Olympiques antiques. Cependant, le sport moderne s'est véritablement structuré avec la création de la Fédération Internationale d'Athlétisme Amateur (IAAF) en 1912 à Stockholm, à la suite des Jeux Olympiques (World Athletics, 2023).

En 2001, l'IAAF a été rebaptisée "International Association of Athletics Federations" pour refléter la croissance du sport professionnel, avant de devenir "World Athletics" en 2019, soulignant son engagement envers une vision plus inclusive et globale. Aujourd'hui, World Athletics régit plus de 200 fédérations nationales et supervise des compétitions majeures comme les Championnats du Monde, les Championnats U20, les épreuves de relais, et le running sur route (World Athletics, 2023).

En France, la Fédération Française d'Athlétisme (FFA), fondée en 1920, succédant à l'Union des Sociétés Françaises de Sports Athlétiques (USFSA), joue un rôle clé dans le développement et la promotion de ce sport. À sa création, la FFA regroupait environ 800 sociétés et comptait 15 084 licenciés après un an d'existence. Elle compte 316 000 licenciés (Aout 2019) et soutient activement la formation des jeunes athlètes, notamment à travers des initiatives en milieu scolaire. Elle organise également des compétitions nationales et s'associe à World Athletics pour des événements internationaux (Citation : FFA. 2023).

1.1.2. Le 100 mètres

Le 100 mètres est une épreuve de sprint intense qui se déroule sur une piste droite de 100 mètres, généralement une section de la piste de 400 mètres. Les athlètes démarrent en position accroupie dans des blocs de départ équipés de capteurs pour détecter les faux départs, et suivent un protocole précis de départ marqué par les signaux du starter : « Sur vos marques », « Prêts » et le coup de feu déclenchant la course (World Athletics).

La course est divisée en trois phases principales : la phase d'accélération, la phase de vitesse maximale, et la phase de décélération. Chaque phase mobilise des capacités spécifiques : l'accélération dépend de la force musculaire, tandis que la vitesse maximale et la décélération s'appuient davantage sur la raideur des jambes, essentielle pour absorber, stocker et restituer efficacement l'énergie (Bret et al. 2002). La course repose sur un mouvement cyclique caractérisé par des cycles successifs de foulées permettant de générer et maintenir la vitesse.

La performance est évaluée en fonction de la vitesse moyenne maintenue sur l'ensemble de la distance, le vainqueur étant celui qui atteint la ligne d'arrivée le plus rapidement (Moir. 2015). Les conditions de vent, ne devant pas dépasser 2 m/s, et un dernier effort intense, souvent accompagné d'un « plongeon » vers la ligne, peuvent influencer la validité et l'issue de la performance.

1.1.3. Analyse biomécanique du 100 mètres

Le 100 mètres est une épreuve d'athlétisme de vitesse pure où la performance repose sur une interaction complexe de facteurs biomécaniques, cinétiques et cinématiques. Ces facteurs influencent chaque phase de la course, de la position de départ jusqu'au maintien de la vitesse maximale en fin de course.

Le départ de bloc

Le départ de bloc est une phase cruciale dans laquelle la position initiale de l'athlète, notamment la position "set", joue un rôle déterminant. Valamatos et al. (2022) ont montré que cette position permet une extension optimale de la hanche et favorise la contribution de la jambe arrière. L'optimisation de

l'espacement des blocs est également essentielle : selon Cavedon et al. (2022), l'espacement entre le bloc avant et la ligne de départ doit représenter environ 45 % de la longueur de la jambe, avec une limite maximale de 50 %. Cette configuration maximise la force et l'impulsion générées par la jambe arrière tout en rapprochant le centre de masse (CM) de la ligne de départ, ce qui améliore la performance.

La puissance horizontale, notamment à partir du bloc arrière, est un indicateur clé de performance. Bezodis et al. (2019) identifient la puissance horizontale externe normalisée comme essentielle au départ. Les sprinters de haut niveau produisent des forces moyennes plus élevées et développent rapidement ces forces, en particulier avec la jambe arrière. Valamatos et al. (2022) ajoutent que l'amplitude de mouvement de l'extension de la hanche arrière et une flexion accrue du genou arrière en position "set" contribuent à une meilleure vitesse de bloc. En outre, un positionnement postérieur du centre de pression sur les blocs améliore les performances, bien que l'influence des forces appliquées sous les mains reste partiellement éclaircie (Cavedon et al., 2022).

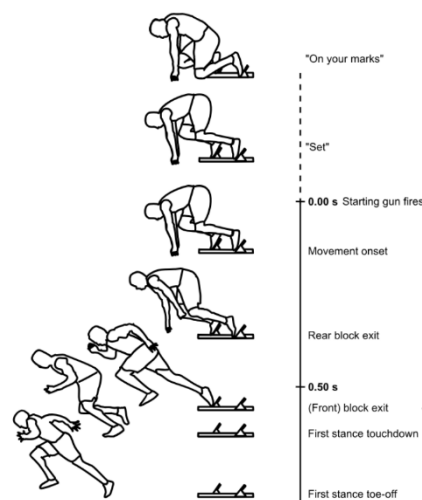


Figure 1: Représentation schématique des phases du départ en blocs en sprint (Bezodis et al. (2019)).

La phase d'accélération

L'accélération est caractérisée par une augmentation progressive de la longueur des pas. Moir (2015) explique que cette phase repose sur une fréquence de pas élevée, essentielle pour une bonne accélération. Slawinski et al. (2017) confirment que l'augmentation de la longueur des pas améliore significativement la performance. Selon Valamatos et al. (2022), les sprinters les plus performants présentent des temps de contact au sol plus longs et des temps de vol plus courts. Cependant, cette phase

est marquée par un freinage important lors du premier contact avec le sol, comme l'a observé Mero (1992).

Sur le plan cinématique, l'extension du genou est cruciale pour élever efficacement le CM. L'impulsion médio-latérale contribue à contrôler le mouvement du CM. Valamatos et al. (2022) soulignent que la génération d'une puissance horizontale élevée lors des premiers contacts au sol est une caractéristique des sprinters rapides.

La vitesse maximale

La vitesse maximale est généralement atteinte entre 50 et 80 mètres. Cette phase combine longueur et fréquence des pas pour optimiser la performance. Moir (2015) indique que cette phase marque la fin de l'accélération, et Healy et al. (2022) mettent en avant l'importance d'une force verticale élevée pour maintenir cette vitesse. Les athlètes ayant un départ efficace parviennent souvent à maintenir des vitesses plus élevées (Healy et al., 2022).

Des différences entre hommes et femmes apparaissent dans cette phase, notamment en ce qui concerne la décélération. Slawinski et al. (2017) notent que les femmes subissent une décélération plus prononcée, ce qui affecte leur temps final, alors que les hommes présentent une décélération moins marquée.

Facteurs complémentaires

Outre les phases de la course, d'autres facteurs influencent la performance au 100 mètres. La force musculaire des jambes, en particulier la relation entre force, vitesse et puissance, est cruciale (Valamatos et al., 2022; Slawinski et al., 2017). Ces études mettent également en évidence l'importance de caractéristiques anthropométriques telles qu'une taille et une masse corporelle élevées chez les sprinters performants.

Les courbes vitesse-temps permettent d'analyser la performance globale. Healy et al. (2022) ont validé une méthode basée sur des temps intermédiaires pour modéliser ces courbes, identifiant les points clés de la course. La fatigue, en particulier en fin de course, joue un rôle dans la décélération. Les sprinters masculins résistent généralement mieux à cette fatigue.

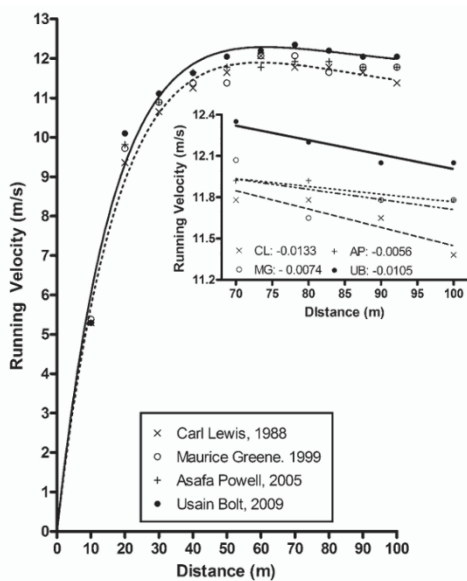


Figure 2 : Comparaison de la course de Usain Bolt lors de son record du monde du 100 mètres en 9,58 secondes par rapport à d'autres athlètes (Majumdar et al., 2011).

b) World Championship - Berlin 2009										
Distance [m]	Mean time [s]*	Mean time [s]**	Total time	Mean velocity [m/s]	Total velocity [m/s]	Number of strides	20 m Section	Total	Stride length [m]	Each 20 m
0-10	1.89	1.90	1.90	5.26	5.26	7	11.2	11.2	1.43	1.78
10-20	0.99	0.98	2.88	10.20	6.94	4.2			2.38	
20-30	0.90	0.92	3.80	10.87	7.90	4.0	7.9	19.1	2.50	2.52
30-40	0.86	0.83	4.63	12.05	8.64	3.9			2.56	
40-50	0.83	0.84	5.46	11.90	9.16	3.8	7.5	26.6	2.63	2.67
50-60	0.82	0.82	6.29	12.19	9.53	3.8			2.63	
60-70	0.81	0.82	7.11	12.19	9.84	3.7	7.2	33.8	2.70	2.77
70-80	0.82	0.81	7.92	12.34	10.10	3.5			2.86	
80-90	0.83	0.83	8.75	12.05	10.28	3.4	7.0	40.8	2.94	2.85
90-100	0.83	0.83	9.58	12.05	10.44	3.6			2.77	

*IAAF official data

** Data from VirtualDub

Figure 3 : Comparaison des différents 10 mètres sur le 100 mètres du record du monde de Usain Bolt (krzysztof et al., 2013).

La figure 1 de Majumdar et al. (2011) illustre la course d'Usain Bolt lors de son record du monde du 100 mètres en 9,58 secondes. Bolt a montré une accélération plus rapide et une vitesse maximale plus élevée par rapport à ses concurrents, avec une légère décélération après 60-70 mètres. La figure 2 de Krzysztof et al. (2013) fournit des données cinématiques détaillées de cette course, montrant que la vitesse maximale de Bolt a été atteinte entre 60 et 70 mètres avant une diminution progressive.

La performance au 100 mètres repose sur des facteurs interdépendants influençant chaque phase de la course. L'optimisation du départ, de l'accélération et du maintien de la vitesse maximale est essentielle pour exceller. Des paramètres comme la force musculaire, la puissance, l'anthropométrie et la gestion de la fatigue sont cruciaux (Valamatos et al., 2022; Slawinski).

1.2. Profil Force – vitesse – puissance

Le profil force-vitesse (F-v) est un outil essentiel en préparation physique, utilisé pour comprendre la relation entre la force générée et la vitesse d'exécution d'un mouvement. Ce profil est particulièrement pertinent pour prédire les performances athlétiques, notamment dans des sports de vitesse comme le sprint (Samozino et al., 2012 ; Cross et al., 2018). Dans le cadre du 100 mètres, l'optimisation de cette relation est cruciale pour maximiser l'accélération et la vitesse finale. Bien que le profil force-vitesse se divise généralement en deux catégories, vertical et horizontal, le profil horizontal est celui qui est directement applicable à l'analyse de la performance en sprint (Mendiguchia et al., 2015). Nous allons examiner en détail le profil force-vitesse horizontal, ses paramètres, son importance pour le sprint de 100 mètres, ainsi que les méthodes et outils utilisés pour le mesurer.

Compréhension des Paramètres du Profil Force-Vitesse

La force représente la capacité maximale d'un individu à générer une tension musculaire pour déplacer ou résister à une charge externe. Elle constitue une qualité essentielle pour la performance physique, notamment dans le développement de la puissance maximale (Cormie et al., 2011). Dans le contexte du sprint, la force horizontale maximale (HZZT-F0) est un indicateur clé, correspondant à la capacité d'un athlète à produire la force maximale projetée horizontalement au début du mouvement.

La vitesse représente la rapidité d'exécution d'un mouvement, et son développement est spécifique au type d'entraînement effectué. Elle joue un rôle clé dans l'expression de la puissance musculaire, car les adaptations liées à la force et à la puissance sont influencées par la vitesse du mouvement lors de l'entraînement (Cormie et al., 2011). En sprint, la vitesse horizontale maximale (HZZT-V0) reflète la capacité de l'athlète à atteindre la plus grande vitesse de déplacement horizontal lorsqu'aucune charge supplémentaire n'est imposée.

La puissance musculaire maximale résulte directement de l'interaction entre la force et la vitesse ($P=F \times v$). Dans le contexte du sprint, cette puissance maximale horizontale (HZZT-Pmax) reflète la capacité d'un athlète à produire la force et la vitesse maximales dans la direction horizontale. Elle est déterminée par les capacités du muscle à produire de la force rapidement, en lien avec ses caractéristiques structurelles, neuromusculaires et mécaniques (Cormie et al., 2011).

Variables	Valeurs normatives	Interprétation
HZT-V0 (m/s)	De 5 à 12 m/s	Vitesse de course maximale théorique
HZT-F0 (N/kg)	De 3-4 à 10-12 N/kg	Production de force horizontale maximale
HZT-Pmax	De 6-7 à 25-30 W/kg	Puissance mécanique horizontale maximale théorique : $P_{max}=F0*V0/4$
RF (%)	-	Rapport de force, efficacité mécanique à la production de force vers l'avant
RFmax (%)	De 20 à 60%	Valeur théorique maximale de RF

Tableau 1 : Variables des relations force – vitesse

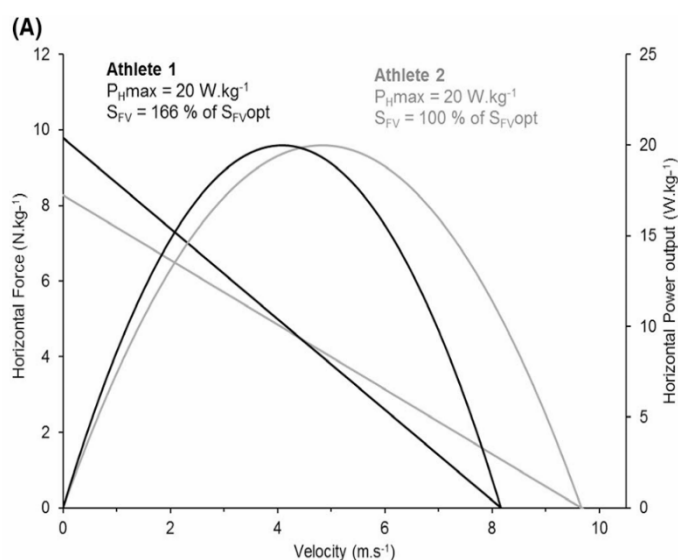


Figure 4 : Deux profils Force - vitesse avec une puissance maximale identique (1 et 2). L'athlète 1 présente un profil optimal et l'athlète 2 ne présente pas un profil optimal, avec un déficit de vitesse (Samozino et al., 2021).

Le profil F-v dans le sprint :

Le profil horizontal se concentre sur les capacités de force et de vitesse dans les mouvements horizontaux, essentiels pour des activités comme le sprint (Mendiguchia et al., 2015). Dans le cadre du 100 mètres, les athlètes doivent générer une force horizontale importante pour accélérer rapidement et maintenir cette accélération au fur et à mesure que la vitesse augmente, en particulier lors des premières phases de la course (Hicks et al., 2022).

Méthodes d'Évaluation du Profil Force-Vitesse

L'évaluation du profil force-vitesse repose sur des outils et des tests permettant de mesurer les capacités mécaniques des athlètes. Pour les tests horizontaux, des outils tels que l'application My Sprint (Morin et al., 2015), les cellules photoélectriques (Brown et al., 2004), les systèmes GPS (Duffield et al., 2010) et le 1080 Motion Sprint (Hansen et al., 2021) permettent de collecter des données sur la vitesse, l'accélération et la force produite, y compris en conditions de sprint avec charge.

Les approches pour analyser le profil force-vitesse horizontal comprennent le sprint simple et le sprint multiple. Le sprint simple consiste en un test sans charge additionnelle, offrant une méthode rapide mais pouvant sous-estimer la force maximale horizontale (Helland et al., 2018). En revanche, le sprint multiple, réalisé avec des charges progressives, fournit une évaluation plus précise de la relation force-vitesse, bien qu'il soit plus exigeant en termes de temps et de logistique (Cross et al., 2018).

Analyse du Profil Force-Vitesse par Rapport à un Profil Optimal

Dans le sprint, l'analyse du profil force-vitesse horizontal permet d'identifier un éventuel déséquilibre entre la force maximale horizontale (H_{ZT}-F₀) et la vitesse maximale horizontale (H_{ZT}-V₀). Un profil optimal, appelé SF_{vopt}, correspond à la pente force-vitesse qui maximise la puissance horizontale (H_{ZT}-P_{max}) sur une distance donnée.

Selon Samozino et al. (2021), SF_{vopt} n'est pas mesuré directement, mais calculé par modélisation à partir de PH_{max}, d'un coefficient d'aérodynamisme (k) et des équations de dynamique du centre de masse. Sur le terrain, on mesure des variables simples (PH_{max}, H_{ZT}-F₀, H_{ZT}-V₀) grâce à une analyse de la vitesse du sprint (radar, cellules photoélectriques, My Sprint, 1080 Motion). Le calcul de SF_{vopt} nécessite ensuite l'utilisation d'outils de modélisation.

L'étude montre que la PH_{max} explique 92 à 99 % des performances sur sprint court (<30 m), mais que l'écart entre SF_v et SF_{vopt} influence aussi la performance de manière significative. Corriger un profil trop "force" ou trop "vitesse" en le rapprochant de SF_{vopt} permet d'optimiser l'expression de puissance et d'accélération.

La charge optimale (L_{opt}), définie comme celle produisant la puissance maximale, permet d'individualiser les entraînements en fonction des caractéristiques spécifiques de l'athlète et des contraintes mécaniques de son environnement (Cross et al., 2018).

Le profil force-vitesse intervient également dans la prévention des blessures. Un ratio déséquilibré peut entraîner un risque accru de blessure (Mendiguchia 2016), surtout en cas de F_0 trop faible par rapport à V_0 , présentant un risque de blessure, notamment au niveau des ischio-jambiers.

Application au Sprint de 100 mètres

Le profil F-v horizontal est crucial pour optimiser les performances en sprint. Une évaluation précise permet d'identifier les déséquilibres et d'ajuster les programmes d'entraînement en conséquence. L'utilisation de technologies avancées, combinée à une analyse approfondie des données, permet d'adapter les charges d'entraînement et d'améliorer les capacités spécifiques de chaque athlète, augmentant ainsi leur potentiel de performance (Delaney et al., 2021).

1.3. Effets de différents types d'entraînements

1.3.1. L'entraînement en sprint résisté (RS)

L'entraînement en sprint résisté (RS) est une méthode destinée à améliorer principalement la phase d'accélération, en particulier sur les 30 premiers mètres du 100 m. En ajoutant une charge externe au déplacement de l'athlète, cette méthode vise à solliciter plus fortement les muscles propulseurs, notamment les extenseurs de la hanche, et à induire des adaptations neuromusculaires spécifiques à la course de sprint (Kawamori et al., 2014). Elle permet ainsi de renforcer la capacité à appliquer de la force au sol, un paramètre déterminant pour une accélération efficace (Morin et al., 2016 ; Rumpf et al., 2016).

Les charges utilisées varient en fonction de l'objectif. Une résistance légère, correspondant à environ 10 % de diminution de la vitesse maximale, permet de développer la force horizontale à haute vitesse. Cette configuration est particulièrement utile pour la phase de transition et le maintien de l'accélération

(Cross et al., 2018). En revanche, des charges plus lourdes, provoquant une réduction de plus de 50 % de la vitesse maximale, sont mieux adaptées au développement de la force et de la puissance maximales, nécessaires dans les toutes premières foulées. Dans ce contexte, une charge optimale a été estimée à 82 % de la masse corporelle (Cross et al., 2018). Toutefois, selon Cissik et al. (2005), une baisse excessive de la vitesse (>10 %) peut altérer la mécanique de course, et les distances doivent alors être limitées à 15–20 mètres. Des travaux montrent néanmoins qu'une charge modérée (16 % de la masse corporelle) n'altère pas significativement la technique (Alcaraz et al., 2008).

Le volume et les distances de travail dépendent directement de la charge utilisée. Pour les sprints non chargés, les distances peuvent aller jusqu'à 45 mètres, tandis que les sprints avec résistance sont généralement limités à 30 mètres lorsqu'une charge comprise entre 40 % et 80 % de la masse corporelle est utilisée (Zisi et al., 2022). Une charge de 20 à 30 % de la masse corporelle induit une amélioration de l'impulsion horizontale, en permettant aux athlètes d'appliquer leur force de manière plus horizontale et pendant une durée plus longue, ce qui se traduit par une amélioration de la longueur de foulée (Morin et al., 2016 ; Murray et al., 2017). Ces adaptations se manifestent par des gains de performance sur des distances de 0 à 30 mètres, avec des effets notables entre 13,7 m et 36,6 m chez les athlètes féminines (Upton et al., 2011).

Sur le plan biomécanique, le sprint résisté entraîne des modifications spécifiques. L'ajout de charge diminue la longueur de foulée, la vitesse horizontale de la hanche et le temps de vol, tout en renforçant l'orientation de la force vers l'horizontale (Kawamori et al., 2014). Ces adaptations sont bénéfiques pour l'accélération mais ne semblent pas transférables à la phase de vitesse maximale. En effet, selon la méta-analyse d'Alcaraz et al. (2018) et les résultats de Hamad (2023), le sprint résisté n'améliore pas significativement la vitesse maximale par rapport au sprint libre. Ainsi, le RS doit être considéré comme une méthode spécifique au développement de l'accélération et de la force horizontale, avec une pertinence particulière pour les premiers mètres de course.

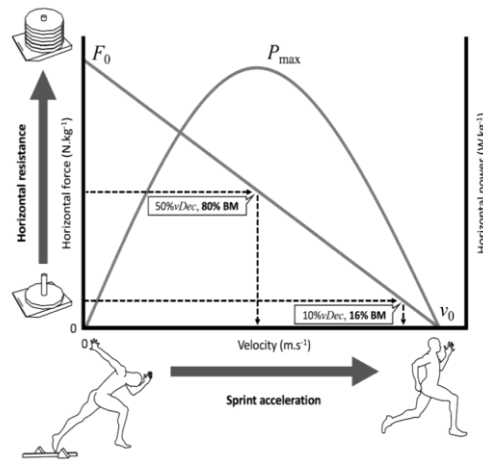


Figure 5 : Graphique représentant les effets d'un entraînement en sprint résisté avec les effets de

1.3.2. L'entraînement en sprint assisté (AS)

L'entraînement en sprint assisté, également appelé survitesse ou sprint supramaximal, a pour objectif principal d'améliorer la vitesse horizontale maximale (v_0), un déterminant essentiel de la performance sur 100 mètres. En amenant l'athlète à courir à une vitesse supérieure à sa vitesse maximale naturelle, l'AS cible spécifiquement la phase de maintien de la vitesse et les qualités neuromusculaires liées à une application rapide et efficace des forces au sol. Les adaptations induites par l'AS visent à optimiser le rendement mécanique du sprint et à améliorer la capacité de l'athlète à maintenir une vitesse élevée sur la seconde moitié de la course (Clark et al., 2021 ; Hicks et al., 2018).

Les méthodes utilisées pour l'entraînement assisté incluent la course en descente, le remorquage horizontal et l'utilisation d'élastiques. Pour que l'entraînement reste efficace sans altérer la technique de course, les vitesses supramaximales doivent se situer entre 106 % et 110 % de la vitesse maximale naturelle (Hicks et al., 2018). Une assistance correspondant à environ 10 à 30 % de la masse corporelle semble être un compromis optimal. Par exemple, une pente descendante de $5,8^\circ$ ou une tension de remorquage équivalente à 7,1 % du poids corporel ont permis d'augmenter significativement la vitesse sans modifier les patterns techniques (Sugiura, 2008 ; Hicks et al., 2018).

Les distances recommandées pour l'AS varient généralement entre 20 et 60 mètres, en fonction du niveau de l'athlète et du type d'assistance utilisé. Clark et al. (2021) ont montré qu'un protocole de sprint assisté avec le système 1080 Sprint et une assistance équivalente à 10 % du poids corporel permettait

une amélioration de 9,4 % de la vitesse maximale. Ces efforts étaient réalisés sur des distances relativement courtes, ce qui permet de stimuler efficacement le système neuromusculaire sans augmenter le risque de dégradation technique.

Sur le plan biomécanique, l'AS induit plusieurs adaptations favorables à la performance en sprint. Il permet notamment d'augmenter la longueur des foulées, de réduire le temps de contact au sol et, dans certains cas, d'augmenter légèrement le temps de vol (Clark et al., 2021 ; Myrvang, 2024). Ces adaptations se traduisent par une amélioration de la capacité à produire rapidement de la force, tout en respectant les contraintes spécifiques du sprint. Toutefois, lorsque l'assistance est excessive (au-delà de 10 % de la vitesse maximale), des altérations techniques comme l'overstriding ou une tension musculaire excessive peuvent survenir, augmentant le risque de blessure (Hicks et al., 2018 ; Hamad, 2023). Une individualisation et une progressivité rigoureuses sont donc indispensables à la mise en place de ce type d'entraînement.

1.3.3. L'entraînement en sprint maximal (MS)

L'entraînement en sprint maximal (MS), aussi appelé sprint libre, constitue la base fondamentale de l'entraînement en sprint. Cette méthode vise principalement à améliorer la vitesse maximale, la technique de course et la coordination motrice, sans recours à des dispositifs externes de charge ou d'assistance. Elle joue un rôle central dans le développement des performances sur 100 m, en favorisant un apprentissage moteur optimal et une organisation neuromusculaire spécifique à la course non contrainte (Hicks, 2018). Le sprint libre permet ainsi de consolider les fondations techniques et physiologiques sur lesquelles peuvent ensuite se greffer des méthodes complémentaires comme le sprint résisté ou assisté (Rumpf et al., 2016).

Contrairement aux méthodes RS et AS, le sprint libre ne modifie pas la cinématique naturelle du mouvement, ce qui permet de préserver une gestuelle spécifique à la compétition. En l'absence de surcharge ou de traction, cette méthode ne génère pas de contrainte artificielle, ce qui en fait un outil privilégié pour affiner la coordination intersegmentaire et la qualité d'exécution. Elle constitue également un point de référence dans la comparaison des effets des autres modalités d'entraînement (Hicks, 2018). Ainsi, bien qu'il n'implique pas de « charge » au sens traditionnel, le sprint maximal

représente une charge interne élevée, notamment sur le plan neuromusculaire, ce qui en fait un stimulus d'intensité maximale.

Le volume et les distances utilisées dans ce type d'entraînement varient selon le niveau de l'athlète et les objectifs de la séance. Rumpf et al. (2016) montrent que le sprint maximal est efficace pour développer à la fois l'accélération (0–30 m) et la vitesse maximale. Lockie et al. (2011) ont mis en évidence qu'un protocole de sprint libre réalisé deux fois par semaine pendant six semaines, sur des distances allant jusqu'à 20 m, permettait des gains significatifs : une amélioration de 9 à 10 % de la vitesse sur 0–5 m et 0–10 m, une augmentation de la longueur des foulées de plus de 10 %, ainsi qu'une hausse de la puissance horizontale mesurée par un test de cinq bonds.

Sur le plan biomécanique, l'entraînement en sprint libre optimise la coordination motrice et la capacité à générer de la vitesse sans perturber la technique naturelle. Il améliore la longueur des foulées, la fréquence gestuelle, et la qualité de l'application de force, bien que les gains en force maximale soient moindres comparés à ceux obtenus via le sprint résisté (Lockie et al., 2011). Par ailleurs, Haugen et al. (2019) insistent sur l'importance d'adapter les paramètres de récupération et de volume à l'individu, en particulier chez les sprinteurs expérimentés pour qui les sollicitations neuromusculaires sont élevées. Enfin, les travaux d'Alcaraz et al. (2018) et Hamad (2023) confirment que le sprint libre est aussi efficace que le sprint avec résistance pour améliorer la vitesse maximale, soulignant son importance dans tout programme d'entraînement visant la performance sur 100 m.

1.4. Effet d'un entraînement contraste de charge, complexe ou combiné

L'entraînement combiné montée-descente repose sur l'intégration de segments en montée et en descente dans une même séance, dans le but de solliciter de manière complémentaire les différentes composantes de la performance en sprint. Ce type d'entraînement vise à améliorer à la fois la phase d'accélération, grâce à la montée, et la phase de maintien de la vitesse, grâce à la descente. Les sprints en montée renforcent les extenseurs des membres inférieurs et favorisent la production de force horizontale, tandis que les sprints en descente augmentent la fréquence gestuelle et simulent des vitesses supramaximales, améliorant ainsi la coordination motrice (Paradisis et al., 2015 ; Bissas et al., 2022 ;

Cetin et al., 2018). Cette double sollicitation contribue à une amélioration globale de la vitesse maximale et de l'efficacité de course sur 100 mètres.

Les charges mécaniques induites par ce type d'entraînement sont modulées par l'inclinaison des pentes utilisées. Des pentes modérées, de l'ordre de 3° , permettent de solliciter efficacement les qualités neuromusculaires sans dégrader la technique de course (Paradisis et al., 2015). En montée, l'augmentation de la résistance naturelle renforce la force des quadriceps et la poussée, tandis qu'en descente, la réduction de la contrainte au sol favorise la cadence gestuelle et l'allongement de la phase de vol. Ce contraste permet de solliciter à la fois la production de force et la vitesse d'exécution, dans un cadre biomécaniquement spécifique au sprint.

Les volumes d'entraînement utilisés dans les études sont relativement standardisés : Paradisis et al. (2015) et Bissas et al. (2022) ont utilisé un protocole de six semaines avec trois séances hebdomadaires comprenant six sprints de 80 m, répartis en segments de montée (20 m), de descente (20 m) et de course horizontale (30–35 m). Cetin et al. (2018) ont utilisé un protocole similaire sur huit semaines. Ces volumes progressifs, combinés à une récupération appropriée, ont permis de générer des adaptations durables. Les gains en vitesse maximale vont de +3,7 % à +4,8 % selon les études, avec une amélioration de la fréquence de pas (+3,1 %), de la force maximale des quadriceps (+21 %) et de la vitesse moyenne sur 100 m (+4,13 %) (Paradisis et al., 2015 ; Bissas et al., 2022 ; Cetin et al., 2018).

Sur le plan biomécanique, les bénéfices observés concernent à la fois l'augmentation de la fréquence en phase de descente et l'amélioration de la longueur des pas en fin de sprint, notamment entre 80 et 90 m (Cetin et al., 2018). L'amélioration de l'angle tibial à l'impact (+4 %) observée par Paradisis et al. (2015) témoigne également d'une meilleure position lors de l'attaque du pied au sol. Ces effets combinés renforcent l'efficacité mécanique du sprint et favorisent un meilleur transfert des qualités de force vers la vitesse. Les résultats observés durant la période de désentraînement dans l'étude de Bissas et al. (2022) montrent par ailleurs la durabilité des adaptations neuromusculaires. Ce type d'entraînement apparaît donc pertinent pour développer à la fois la vitesse maximale, la coordination, et l'efficacité de course en sprint.

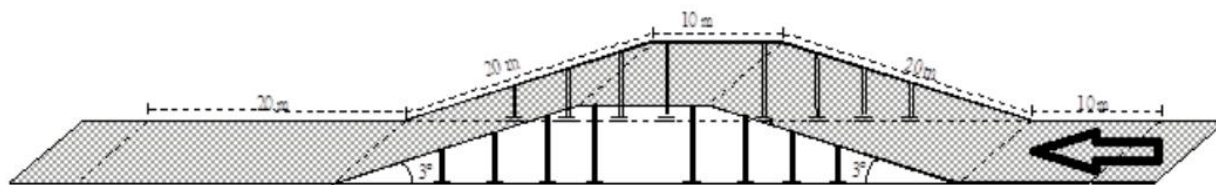


Figure 6 : Protocole d'entraînement combiné en montée et descente (résisté et survitesse) (Paradis et al., 2015).

1.5. Contraste de Charge et Entraînement Complexe

Le contraste de charge désigne l'alternance d'exercices réalisés avec une charge élevée et d'exercices effectués avec une charge faible à grande vitesse. Cependant, cette définition varie d'une étude à l'autre, ce qui complique la comparaison des résultats et souligne la nécessité d'une terminologie cohérente. Selon Cormier et al. (2022), l'entraînement complexe (CPX) et l'entraînement contrasté (CNT) se distinguent principalement par leur organisation : dans le CPX, les exercices de force (charge élevée) et de puissance (charge faible) sont alternés série par série, tandis que dans le CNT, ils sont répartis en blocs distincts, avec un premier bloc dédié à la force suivi d'un second bloc orienté sur la puissance.

Une méta-analyse réalisée par Cormier et al. (2020) a comparé les effets de ces deux approches sur des variables clés de la performance physique, telles que la force maximale (1RM), la vitesse de sprint. Les résultats ont été exprimés sous forme de tailles d'effet standardisées (SMD), permettant d'évaluer leur efficacité relative. Pour la force maximale (1RM), les deux méthodes ont entraîné des gains significatifs, mais les améliorations étaient plus marquées avec le CPX lorsque la durée dépassait six semaines et que les charges étaient inférieures à 85 % du 1RM. Pour la vitesse de sprint, les résultats étaient nettement en faveur du CPX, qui a permis des améliorations significatives (SMD = -0,94), alors que les gains observés avec le CNT étaient faibles et non significatifs (SMD = -0,27). Par ailleurs, aucun effet notable des facteurs modérateurs, tels que la durée d'entraînement ou l'intensité, n'a été relevé.

En conclusion, bien que les deux méthodes aient démontré leur efficacité pour améliorer les performances physiques, le CPX s'est révélé plus performant, en particulier pour les gains en vitesse de sprint. Les résultats suggèrent que les bénéfices sont maximisés avec des programmes de CPX dépassant six semaines, employant des charges modérées, et ciblant des athlètes d'un niveau avancé. Ainsi, le CPX apparaît comme une méthode particulièrement adaptée pour les disciplines sportives nécessitant des capacités motrices complexes.

2. Problématique

Le sprint, et plus précisément le 100 mètres, est une discipline qui peut se diviser en plusieurs phases : le départ, l'accélération, la vitesse maximale et la décélération, chacune de ces phases requiert des éléments spécifiques du profil Force-vitesse (PFv). L'accélération requiert une production de force horizontale importante, tandis que la vitesse maximale repose sur une production de fréquence et efficacité des foulées, à haute vitesse.

Dans cette recherche, nous nous interrogerons donc sur la possibilité que le l'entraînement en sprint en contraste de charge, combinant des sprints résistés et des sprints maximaux puisse optimiser les performances des sprinteurs sur 100 mètres tout en augmentant les variables du profil Force-vitesse.

3. Objectifs

L'objectif principal de ce mémoire est d'analyser l'impact d'un programme d'entraînement en contraste de charge, combinant sprint résistés et sprints maximaux sur les capacités d'accélération chez des sprinteuses et des sprinteurs, plus particulièrement l'analyse des 20 premiers mètres en sprint.

De façon secondaire, ce travail a pour but d'analyser les effets de cet entraînement sur le profil Force – vitesse horizontal et ses paramètres : la force maximale (F_0), la vitesse maximale (v_0), la puissance maximale, la RF et la DRF, afin de mieux comprendre et observer les mécanismes de cette méthode et les potentielles améliorations sur la résistance.

Il est important de souligner que l'étude cherche à observer les effets de l'entraînement au sein de chaque groupe (hommes et femmes), sans objectif de comparaison intersexes. L'analyse est donc conduite séparément pour les sprinteurs et les sprinteuses, afin de rendre compte de l'impact spécifique du protocole dans chaque population.

4. Hypothèses

- Hypothèse principale : L'entraînement en contraste de charge en sprint n'a aucun effet significatif sur les performances en sprint (temps de sprint sur 20 m, 40 m et 60 m) et les paramètres du profil Force-vitesse (F_0 , V_0 , P_{max} , RF , DRF) chez les sprinteurs.
- Hypothèse secondaire :
 - L'entraînement en contraste de charge réduit significativement le temps total sur 60 m, traduisant une amélioration globale de la performance de sprint.
 - L'entraînement en contraste de charge sur les sprints augmente significativement les variables du profil Force-vitesse (F_0 , V_0 , P_{max} , RF , DRF) des sprinteurs.
 - L'entraînement en contraste de charge améliore simultanément les capacités d'accélération (0–20 m) et la vitesse maximale (V_0), indiquant un effet combiné sur les deux phases clés du sprint.

5. Stage

5.1. Milieu professionnel

Lors de mon stage en milieu professionnel de deuxième année de master, j'ai eu l'opportunité d'intégrer l'équipe du LUC Athlétisme, section du Lille Métropole Athlétisme (LMA). Mon principal champ d'activité portait sur l'encadrement d'athlètes spécialisés dans le sprint (100 m, 200 m, 400 m et 110 m haies), avec une attention particulière portée au développement de la vitesse, au renforcement musculaire spécifique, et à l'optimisation de la performance par un suivi individualisé.

Le LUC Athlétisme fait partie du Lille Université Club (LUC), une structure omnisports fondée en 1942 qui regroupe une trentaine de disciplines et s'inscrit dans le paysage sportif universitaire et de haut niveau de la métropole lilloise. Le LUC encourage la pratique sportive du plus grand nombre tout en accompagnant les athlètes vers l'excellence.

La section LUC Athlétisme est intégrée au Lille Métropole Athlétisme (LMA), structure de référence en France, regroupant trois clubs partenaires : l'UST (Union Sportive de Tourcoing), l'ASPTT Lille et le LUC Lille. Cette organisation en trois pôles permet une mutualisation des compétences, des

infrastructures et des moyens humains, afin d'accompagner des athlètes de tous niveaux, du régional à l'international.

Le LMA dispose de plusieurs infrastructures de qualité réparties sur la métropole lilloise, dont une piste en salle au stade Jean Bouin à Lille, idéale pour l'entraînement hivernal et les compétitions indoor, ainsi que plusieurs pistes extérieures dont celle du Stadium Nord de Villeneuve d'Ascq, site principal d'entraînement et de compétition.

Ce cadre structuré et performant m'a permis d'évoluer auprès d'entraîneurs expérimentés, de participer à l'élaboration et à la mise en œuvre de protocoles de tests (profil force-vitesse, sauts verticaux, chronométrie sur 30 m), et d'assurer un suivi individualisé de la progression des athlètes. Ce stage a constitué une véritable immersion dans un environnement de performance, tout en m'apportant des compétences concrètes et transversales dans le domaine de l'entraînement et de la préparation physique.

5.2. Sujets

15 athlètes masculins du LUC Athlétisme ont participé à cette étude. Tous les athlètes étaient des sprinteurs.

Données anthropométriques des participants		
Âge (années)	Taille (cm)	Masse (kg)
20,3 ± 2,72	180,4 ± 7,27	71,6 ± 12,00

Tableau 2 : Données anthropométriques des participants

9 athlètes féminines du LUC Athlétisme ont participé à cette étude. Toutes les athlètes étaient des sprinteuses.

Données anthropométriques des participantes		
Âge (années)	Taille (cm)	Masse (kg)
20,3 ± 2,74	170,4 ± 4,67	60,5 ± 6,88

Tableau 3 : Données anthropométriques des participantes

5.3. Matériels et techniques de mesures

Afin de mener à bien les différentes évaluations de terrain, plusieurs instruments ont été mobilisés pour mesurer les performances mécaniques et chronométriques des sprinteurs et sprinteuses. Les matériels utilisés répondaient à des critères de validité, de fiabilité et d'applicabilité dans un contexte d'évaluation sportive sur piste.

1080 Motion Sprint

L'outil principal utilisé pour l'évaluation du profil force-vitesse horizontal était le 1080 Motion Sprint (1080 Motion AB, Suède), un appareil de traction motorisée permettant d'effectuer des sprints avec ou sans résistance tout en enregistrant en temps réel les variables mécaniques de la course. Il s'agit d'un dispositif validé scientifiquement pour le profilage des athlètes (Cross et al., 2017 ; Morin et al., 2019). Il permet une mesure directe de la vitesse instantanée, de la puissance développée, de la force horizontale, ainsi que du rapport de force (RF), grâce à un câble enroulé autour d'un tambour contrôlé électroniquement.

Les tests ont été réalisés en mode linéaire avec une résistance standardisée, en fonction du pourcentage de perte de vitesse souhaité. Les données ont été enregistrées via le logiciel propriétaire 1080 Motion, qui permet une exportation rapide vers des formats exploitables pour l'analyse (CSV, Excel). L'interface fournit également un retour visuel immédiat permettant de suivre la performance à chaque sprint.

Piste d'athlétisme

Les mesures ont été effectuées sur une piste d'athlétisme intérieur, en ligne droite sur surface tartan, en avec un départ arrêté. La piste permettait une distance de course suffisante pour l'enregistrement des phases d'accélération, de transition et de maintien de vitesse.

Plot de signalisation

Des plots de signalisation ont été disposés tous les 20 mètres pour délimiter visuellement les différentes phases de la course (0–20 m ; 20–40 m ; 40–60 m) et permettre une meilleure coordination entre l'athlète et l'évaluateur. Ils servaient également de repères pour lancer ou arrêter les enregistrements de données.

Pèse-personne

Un pèse-personne électronique a été utilisé pour mesurer la masse corporelle des athlètes avant le test initial et au re-test. Cette donnée est indispensable au calcul des variables relatives (F_0 , P_{max}) exprimées en N/kg ou W/kg.

5.4. Protocole

Le protocole expérimental s'est déroulé du 24 février au 4 avril, soit une période de 6 semaines. Les tests de début se sont déroulés quelques jours avant et les tests de fin se sont déroulés quelques jours suivant la fin des derniers entraînements en contraste de charge (semaine 0 et semaine 6).

5.4.1. Tests de début et de fin de protocole

Les tests réalisés en amont et en aval du protocole d'entraînement ont été strictement identiques, afin d'assurer une standardisation des conditions d'évaluation. Cette approche visait à mesurer de manière fiable et reproductible les éventuelles adaptations induites par l'entraînement, en s'appuyant sur deux indicateurs clés de la performance en sprint : le profil force-vitesse ($F-v$) horizontal et le temps réalisé sur 60 mètres.

L'échauffement précédant chaque séance de test a été standardisé afin de limiter les biais liés à l'état de préparation des athlètes. Il comprenait 5 minutes de course légère, suivies de 15 minutes de gammes athlétiques, 5 minutes d'étirements activo-dynamiques, puis plusieurs sprints progressifs d'intensité croissante jusqu'à un sprint quasi-maximal.

L'évaluation du profil F-v a été réalisée à l'aide de la machine 1080 Sprint, à travers deux sprints maximaux sur 60 mètres, séparés par 10 minutes de récupération passive. La collecte des données via le dispositif a permis d'obtenir, pour chaque athlète, les variables mécaniques suivantes : la force maximale théorique (F_0), la vitesse maximale théorique (v_0), la puissance maximale (P_{max}), le ratio de force horizontale (RF), le taux de décroissance de ce ratio (DRF), ainsi que les temps intermédiaires sur 20, 40 et 60 mètres. Ces mesures sont conformes aux recommandations méthodologiques de Samozino et al. (2016), et s'inscrivent dans la lignée des travaux de Cross et al. (2018) qui soulignent l'importance d'individualiser les profils mécaniques pour orienter la prescription de charge lors des sprints avec résistance.

En complément du test initial, une procédure spécifique a été mise en place pour déterminer la charge optimale d'entraînement (L_{opt}) correspondant à une production de puissance maximale (P_{max}), selon la méthodologie développée par Cross et al. (2018). Ainsi, chaque athlète a réalisé quatre sprints résistés supplémentaires :

- un sprint de 30 m avec 25 % de la masse corporelle (MC),
- un sprint de 20 m avec 50 % MC,
- un sprint de 20 m avec 75 % MC,
- un sprint de 15 m avec 100 % MC.

Ces sprints ont permis d'établir la relation charge-vitesse propre à chaque athlète, à partir de laquelle la charge optimale a été déterminée (L_{opt} = charge correspondant à 50 % de v_0). Cette phase de test n'a été réalisée qu'au début du protocole, car elle visait uniquement à individualiser les charges d'entraînement. Elle n'a donc pas été répétée lors du post-test, jugée non pertinente dans une logique de suivi longitudinal.

5.4.2. Protocole d'entraînements

Protocole sur 6 semaines	
Echauffement	5 min de footing + 15 min de gamme athlétique
Étirement dynamique	5 min d'étirement dynamique
Pré-activation	2 accélérations progressives (~ 50 m)
Spécifique	1 sprint sur 20 m
Pré séance	Montée en charge avec résistance 1 accélération à 5 kg 1 accélération à 10 kg
Séance	• RS : Distance : 20 mètres Résistance : diminution de 50% de la vitesse maximale (environ 15 kg) • MS Distance : 40 mètres Résistance : aucune Répétitions : 1 Séries : 6 Intensité : maximale Récupération : 5' Volume TT : 400 à 600 m.
Notes	Grande vigilance sur la posture des athlètes Surveiller la fatigue et/ou douleurs des athlètes Bon temps de récupération et une bonne hydratation

Tableau 4 : Protocole d'échauffement et d'entraînement type durant l'étude

5.5. Analyse statistique

Les données des tests (semaine 0 et semaine 7) ont toutes été récoltées et traitées dans un document Excel. Des fichiers Excel provenant du logiciel Anostat ont également été utilisés lors du traitement des données pour la réalisation de statistique et vérifier la significativité des données obtenus à l'issue de ces tests. Les résultats sont présentés sous la forme moyenne $\pm$ écart-type (ET). Les variations relatives (en pourcentage) entre les mesures initiales et finales sont également mentionnées pour chaque variable étudiée, afin de visualiser l'évolution des performances.

Dans un premier temps nous avons mis toutes les données des x athlètes dans un tableau et exprimé les données à l'aide des moyennes et d'écarts-types. Ensuite nous avons vérifié la normalité des données à l'aide du test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances avec le test de Levene pour les valeurs récoltées lors des tests en semaine 0 et semaine 7.

Suite au test de Shapiro-Wilk, les distributions de chaque variable se sont révélées normales. De plus grâce au test de Levene, nous avons pu valider l'homogénéité des variances pour l'ensemble des données. Dans ce cas, nous utilisons le T de Student avec groupes appariés afin de comparer l'évolution des données (semaine 0 et semaine 7).

5.6. Résultats

Les données des tests (semaine 0 et semaine 7) ont toutes été récoltées et traitées dans un document Excel. Des fichiers Excel provenant du logiciel Anostat ont également été utilisés lors du traitement des données pour la réalisation de statistique et vérifier la significativité des données obtenus à l'issue de ces tests.

Un total de 32 athlètes a participé aux tests physiques, dont 13 sprinteuses et 19 sprinteurs licenciés au LUC Athlétisme. Toutefois, seuls les athlètes ayant réalisé l'ensemble du protocole expérimental, c'est-à-dire ayant participé aux pré-tests, aux six semaines d'entraînement encadré, et aux post-tests, ont été inclus dans l'analyse statistique finale. Les données des athlètes ayant manqué une partie significative de l'intervention (entraînements non réalisés ou tests manquants) ont été exclues de l'analyse afin de garantir la validité et la fiabilité des comparaisons intra-individuelles. Dans ce cas, 9 sprinteuses et 15 sprinteurs ont été retenus.

Résultats chez les femmes :

Tableau 5: Comparaison des résultats des tests lors de la semaine 0 et la semaine 6. Effet de l'entraînement (p) à l'aide du T de Student chez les sprinteuses féminines.

	Semaine 0	Semaine 6	Variation en %	p-valeur	Taille de l'effet (d)
Âges (années)	20,33				
Taille (cm)	170,44				
Masse (kg)	59,94 $\pm$ 7,28	60,5 $\pm$ 6,88	0,93%		
F0 (N/kg)	5,87 $\pm$ 0,51	6,04 $\pm$ 0,46	+ 3,01 %	$p < 0,001$	0,35
V0 (m/s)	8,02 $\pm$ 0,65	8,17 $\pm$ 0,62	+ 1,83 %	$p < 0,001$	0,23
Pmax (W/kg)	11,90 $\pm$ 1,33	12,40 $\pm$ 1,21	+ 4,21 %	$p < 0,001$	0,38
Top Speed (m/s)	7,24 $\pm$ 0,48	7,37 $\pm$ 0,48	+ 1,75 %	$p < 0,001$	0,26
60 m (s)	9,53 $\pm$ 0,55	9,35 $\pm$ 0,56	- 1,91 %	$p < 0,001$	0,33
0 m - 20 m (s)	3,80 $\pm$ 0,16	3,71 $\pm$ 0,17	-2,43 %	$p < 0,001$	0,59
20 m - 40m (s)	2,84 $\pm$ 0,20	2,79 $\pm$ 0,19	- 1,76 %	$p < 0,001$	0,25
40 m - 60 m (s)	2,88 $\pm$ 0,20	2,85 $\pm$ 0,19	- 1,27 %	$p > 0,001$	0,18
RFmax (%)	42,72 $\pm$ 1,93	43,91 $\pm$ 1,67	+ 2,78 %	$p < 0,001$	0,62

La taille des athlètes n'a pas été mesurée lors du re-test, elle reste donc inchangée (170,44 $\pm$ 0,00 cm). La masse corporelle présente une variation de +0,93 %, passant de 59,94 $\pm$ 7,28 kg à 60,5 $\pm$ 6,88 kg.

Concernant les performances de sprint, le temps sur 60 m diminue significativement de -1,91 % (9,53 $\pm$ 0,55 à 9,35 $\pm$ 0,56 s ; $p < 0,01$), avec un effet faible ($d = 0,33$). La plus forte amélioration est observée sur les 0-20 m, avec une réduction significative de -2,43 % ($p < 0,01$), et une taille d'effet modérée ($d = 0,59$). Le 20-40 m s'améliore significativement de -1,76 % ($p < 0,01$), mais l'effet reste faible ($d = 0,25$). En revanche, le 40-60 m ne présente pas de changement significatif ($p = 0,0836$), avec un effet faible ($d = 0,18$). La vitesse maximale atteinte progresse significativement de +1,75 %, passant de 7,24 $\pm$ 0,48 m/s à 7,37 $\pm$ 0,48 m/s ($p < 0,01$), bien que la taille d'effet reste faible ($d = 0,26$). Cette évolution indique une amélioration de la phase de vitesse maximale, mais avec une amplitude modérée.

Concernant les variables de production de force et de puissance, on observe une amélioration significative de la force maximale théorique (F0), en hausse de +3,01 % (5,87 $\pm$ 0,51 à 6,04 $\pm$ 0,46 N/kg ; $p < 0,01$), avec une taille d'effet faible ($d = 0,35$). La vitesse maximale théorique (V0) progresse également (+1,83 %), de 8,02 $\pm$ 0,65 m/s à 8,17 $\pm$ 0,62 m/s ($p < 0,01$), bien que la taille d'effet reste faible ($d = 0,23$). Cette amélioration indique une capacité accrue à maintenir une vitesse élevée avec une faible résistance. La puissance maximale (Pmax) augmente de manière significative de +4,21 % (11,90

$\pm 1,33$ à $12,40 \pm 1,21$ W/kg ; $p < 0,01$), avec une taille d'effet faible à modérée ($d = 0,38$). Enfin, le RFmax augmente significativement de $+2,78$ % ($42,72 \pm 1,93$ % à $43,91 \pm 1,67$ % ; $p < 0,01$), avec une taille d'effet modérée ($d = 0,62$), ce qui suggère une amélioration de la capacité à orienter les forces horizontalement.

Résultats chez les hommes :

Tableau 6 : Comparaison des résultats des tests lors de la semaine 0 et la semaine 6. Effet de l'entraînement (p) à l'aide du T de Student chez les sprinteurs masculins.

	Semaine 0	Semaine 6	Variation en %	p-valeur	Taille de l'effet (d)
Âges (années)	20,33				
Taille (cm)	180,40				
Masse (kg)	$71,60 \pm 12$	$71,87 \pm 11,19$	0,37%		
F0 (N/kg)	$6,94 \pm 0,49$	$7,17 \pm 0,35$	3,32%	$p < 0,001$	0,47
V0 (m/s)	$9,58 \pm 0,54$	$9,73 \pm 0,57$	1,54%	$p < 0,001$	0,28
Pmax (W/kg)	$16,90 \pm 2,08$	$17,63 \pm 1,88$	4,32%	$p < 0,001$	0,35
Top Speed (m/s)	$8,71 \pm 0,65$	$8,82 \pm 0,67$	1,26%	$p < 0,001$	0,17
60 m (s)	$8,03 \pm 0,44$	$7,94 \pm 0,48$	-1,10%	$p < 0,001$	0,20
0 m - 20 m (s)	$3,32 \pm 0,18$	$3,26 \pm 0,18$	-1,81%	$p < 0,001$	0,33
20 m - 40m (s)	$2,37 \pm 0,13$	$2,34 \pm 0,15$	-1,30%	$p < 0,001$	0,24
40 m - 60 m (s)	$2,34 \pm 0,14$	$2,33 \pm 0,17$	-0,57%	$p > 0,001$	0,09
RFmax (%)	$47,39 \pm 2,79$	$48,66 \pm 2,37$	2,67%	$p < 0,001$	0,45

La taille des athlètes masculins n'a pas été mesurée lors du re-test, elle reste donc inchangée ($180,40 \pm 0,00$ cm). La masse corporelle montre une variation de $+0,37$ %, passant de $71,60 \pm 12,00$ kg à $71,87 \pm 11,19$ kg.

Sur le plan des performances de sprint, le temps sur 60 m diminue significativement de $-1,10$ % ($8,03 \pm 0,44$ à $7,94 \pm 0,48$ s ; $p < 0,01$), avec une taille d'effet faible ($d = 0,20$). La section 0-20 m s'améliore de $-1,81$ % ($p < 0,01$), avec un effet faible ($d = 0,33$). Le 20-40 m diminue également significativement de $-1,30$ % ($p < 0,01$), avec un effet faible ($d = 0,24$). En revanche, le 40-60 m ne présente pas de changement significatif ($p = 0,3846$), avec une taille d'effet négligeable ($d = 0,09$). La vitesse maximale atteinte s'améliore de $+1,26$ %, passant de $8,71 \pm 0,65$ m/s à $8,82 \pm 0,67$ m/s, avec une variation significative ($p < 0,01$), mais une taille d'effet très faible ($d = 0,17$).

Concernant les variables de production de force et de puissance, on observe une amélioration significative de la force maximale théorique (F_0), en hausse de +3,32 % ($6,94 \pm 0,49$ à $7,17 \pm 0,35$ N/kg ; $p < 0,01$), avec une taille d'effet modérée ($d = 0,47$). La vitesse maximale théorique (V_0) progresse également de +1,54 %, passant de $9,58 \pm 0,54$ m/s à $9,73 \pm 0,57$ m/s, de manière significative ($p < 0,01$), avec un effet faible ($d = 0,28$). La puissance maximale ($P_{\max}$) augmente de +4,32 % ($16,90 \pm 2,08$ à $17,63 \pm 1,88$ W/kg ; $p < 0,01$), avec une taille d'effet faible ($d = 0,35$). Enfin, le $RF_{\max}$ augmente significativement de +2,67 % ($47,39 \pm 2,79$ % à $48,66 \pm 2,37$ % ; $p < 0,01$), avec une taille d'effet modérée ($d = 0,45$), indiquant une meilleure orientation horizontale de la force propulsive.

6. Discussion

1. Interprétation des résultats

a. Variables du profil force-vitesse

Les résultats montrent des évolutions significatives des variables mécaniques chez les sprinteurs et les sprinteuses à l'issue du protocole d'entraînement. La force maximale horizontale relative (F_0) a augmenté significativement dans les deux groupes : +3,01 % chez les femmes et +3,32 % chez les hommes. Bien que les tailles d'effet soient différentes ($d = 0,35$ chez les femmes ; $d = 0,47$ chez les hommes), ces hausses traduisent une amélioration de la capacité à produire de la force orientée dans la direction du déplacement, c'est-à-dire vers l'avant. Cette donnée est primordiale puisque Morin et al. (2011) ont démontré que F_0 est fortement corrélée aux capacités d'accélération sur les premiers mètres. Ces résultats suggèrent une efficacité accrue dans la phase d'initiation du sprint, particulièrement critique sur des distances courtes (40 m, 60 m). Il est intéressant de noter que Morin et al. (2016) ont également observé une augmentation significative de F_0 à la suite d'un entraînement en RS chez des joueurs de football (+7.33%). Bien que les contextes et les protocoles d'entraînement diffèrent, la concordance des résultats souligne l'importance de l'entraînement en force pour améliorer cette composante clé de la performance en sprint.

La vitesse maximale théorique (V_0) progresse significativement dans les deux groupes : +1,83 % chez les femmes et +1,54 % chez les hommes ($p < 0,01$). Toutefois, la taille d'effet reste faible chez les deux sexes ($d = 0,23$ chez les femmes ; $d = 0,28$ chez les hommes), ce qui suggère une amélioration modérée de la capacité à maintenir une grande vitesse avec une faible résistance. Morin et al. (2016) ont rapporté une diminution non significative de la (-0.77%). Cette divergence pourrait indiquer que l'entraînement avec des charges très lourdes met l'accent sur le développement de la force au détriment de la vitesse maximale. Cette variable étant davantage mobilisée lors des sprints lancés ou des phases de maintien de vitesse, une progression plus marquée pourrait être observée à la suite d'un protocole incluant du travail à haute vélocité, comme le travail de sur-vitesse.

Concernant la puissance maximale (P_{max}), on observe une amélioration significative dans les deux groupes : +4,21 % chez les femmes ($d = 0,38$) et +4,32 % chez les hommes ($d = 0,35$). Bien que la taille d'effet soit légèrement plus faible chez les hommes, la progression absolue est plus marquée, ce qui peut être attribué à une plus grande réserve de force initiale. P_{max} constitue le produit entre F_0 et V_0 , et représente une variable synthétique de performance. Plusieurs auteurs (Samozino et al., 2016 ;

Rabita et al., 2015) ont montré qu'elle est fortement liée à la performance de sprint, notamment lors de la phase d'accélération. Morin et al. (2016) a montré également une augmentation significative de la Pmax (+5,30 %).

Enfin, le rapport de force horizontal maximal (RFmax) a également progressé de manière significative chez les deux groupes : +2,78 % chez les femmes ($d = 0,62$) et +2,67 % chez les hommes ($d = 0,45$). RFmax représente la capacité à orienter les forces dans la direction horizontale au départ du sprint. Il est considéré comme un déterminant majeur de l'efficacité de l'impulsion. La progression plus marquée chez les femmes pourrait s'expliquer par un déficit initial plus prononcé sur cette variable, comme cela a déjà été évoqué dans la littérature (Nagahara et al., 2018).

b. Variables de performance en sprint

Les performances chronométriques confirment globalement l'impact positif de l'intervention. Le temps total sur 60 mètres diminue faiblement de -1,91 % chez les femmes et de -1,10 % chez les hommes ($d = 0,33$ et $0,20$, respectivement). Cette diminution modérée peut sembler limitée, mais elle est cohérente avec les améliorations de Pmax et RFmax, et souligne un meilleur rendement de la course sans transformation radicale du profil de sprint. En comparaison, certaines études ayant utilisé des protocoles combinés de sprint en montée et en descente rapportent des effets plus marqués sur des distances plus courtes. Bissas et al. (2022) ont observé une amélioration de -4,6 % sur 35 mètres après 6 semaines d'entraînement, tandis que Paradisis et al. (2015) ont mesuré une amélioration de -4,8 % sur la même distance. Ces résultats traduisent une efficacité supérieure du travail combiné montée-descente sur l'ensemble du sprint court, y compris sur la phase de vitesse maximale. Toutefois, il convient de souligner que ces effets n'ont pas été évalués directement sur 60 mètres, ce qui limite les comparaisons directes avec notre étude.

Le segment 0–20 mètres montre la plus grande amélioration relative : -2,43 % chez les femmes ($d = 0,59$) et -1,81 % chez les hommes ($d = 0,33$). Ces évolutions témoignent d'une amélioration de la phase d'accélération initiale, principalement influencée par F0 et RFmax. Cette réponse est en adéquation avec les résultats obtenus dans la revue systématique de Petrakos et al. (2016), des améliorations comprises entre 0,66 % et 2,46 % sur 0–20 m ont été observées selon le niveau d'entraînement et la charge utilisée, confirmant l'intérêt du sprint avec résistance pour développer la phase d'accélération, en particulier chez des athlètes peu ou modérément entraînés.

Le 20–40 mètres présente également une diminution faible : -1,76 % chez les femmes et -1,30 % chez les hommes. Cela indique un transfert partiel du travail de force sur la phase intermédiaire du sprint. En revanche, le 40–60 mètres n'évolue pas, que ce soit chez les femmes ($p = 0,0836$), et chez les hommes ($p = 0,3846$). L'absence de variation peut s'expliquer par l'absence de travail spécifique à haute vitesse dans le programme.

Enfin, la vitesse maximale atteinte progresse significativement dans les deux groupes : +1,75 % chez les femmes ($p < 0,01$; $d = 0,26$) et +1,26 % chez les hommes ($p < 0,01$; $d = 0,17$). Malgré la significativité statistique, les tailles d'effet restent faibles. Les effets sont moins importants que ceux observés par Paradisis et al. (2015) (+4,8 %) ou Bissas et al. (2022) (+3,7 %), ce qui confirme que notre protocole, axé sur le développement de F_o , n'intégrait pas suffisamment de travail de vitesse ou de sur-vitesse pour cibler spécifiquement cette composante. Un accent particulier sur cette phase pourrait permettre de mieux cibler cette composante.

2. Limites de l'étude

Comme toute recherche expérimentale, cette étude présente un certain nombre de limites qu'il convient de souligner afin de mieux interpréter les résultats obtenus et de poser les bases de futures investigations.

a. Taille et homogénéité de l'échantillon

La première limite concerne la taille de l'échantillon. Notamment du groupe féminin, qui ne comprenait que 9 sprinteuses. Cette taille restreinte réduit la puissance statistique des tests effectués et peut limiter la détection d'effets significatifs sur certaines variables (notamment le 40–60 m et la Top Speed), malgré des tendances à l'amélioration. En revanche, le groupe masculin comptait 15 athlètes, ce qui confère davantage de robustesse aux analyses, bien que l'hétérogénéité des niveaux de performance initiaux (chronos, profils F-V) reste un facteur de variabilité.

b. Absence de groupe témoin

L'absence d'un groupe contrôle constitue une autre limite importante. Sans comparaison directe avec un groupe n'ayant pas suivi le protocole (ou ayant suivi un protocole différent), il est difficile d'attribuer avec certitude l'ensemble des améliorations observées à l'intervention elle-même. Certains gains peuvent être dus à des facteurs extérieurs comme un apprentissage des tests, une adaptation naturelle à l'entraînement en cours de saison, ou une amélioration spontanée des qualités physiques. De plus, la constitution d'un groupe témoin n'a pas été envisageable dans ce contexte, en raison de la taille relativement réduite de l'échantillon. Une répartition des athlètes en deux groupes aurait conduit à des effectifs trop faibles pour permettre une analyse statistique convenable dans chacun d'eux, ce qui aurait compromis la validité des résultats.

c. Durée du protocole

La durée de l'intervention (6 semaines) constitue une période relativement courte pour observer des adaptations neuromusculaires profondes, notamment sur des variables techniques comme la vitesse maximale (V0) ou la Top Speed. Des gains significatifs sur ces variables nécessitent souvent des périodes d'entraînement plus longues, de 8 à 12 semaines, avec un accent particulier sur la spécificité des contenus (ex : sprint lancé, survitesse, technique). Cette durée limitée ne résulte pas d'un choix expérimental, mais d'une contrainte organisationnelle : le protocole a dû être encadré entre deux périodes

de vacances scolaires, ce qui ne laissait qu'un créneau de six semaines pour la mise en œuvre de l'intervention

d. Fréquence d'entraînement réduite

Le protocole reposait sur une fréquence hebdomadaire de 1 séance d'accélération, ce qui est inférieur aux recommandations issues de la littérature scientifique. En effet, plusieurs méta-analyses (notamment Alcaraz et al., 2018) montrent qu'une fréquence allant jusqu'à 2 à 3 séances par semaine est préférable pour induire des gains significatifs en vitesse ou en puissance. Cette fréquence limitée pourrait expliquer des effets modérés sur certaines variables comme la V0 ou la Top Speed.

3. Applications pratiques sur le terrain

Les résultats obtenus dans cette étude apportent plusieurs enseignements exploitables directement par les entraîneurs ou préparateurs physiques dans le cadre de l'entraînement du sprint. La progression significative de variables mécaniques clés telles que F_0 , P_{max} et RF_{max} chez les sprinteurs et sprinteuses, combinée à une amélioration des temps sur les 20 premiers mètres, met en évidence l'intérêt d'un travail ciblé sur la phase d'accélération.

a. Développement de la force horizontale et de l'accélération

Les données confirment l'importance de développer la force horizontale pour améliorer les performances sur les premiers appuis du sprint. Comme le souligne Morin et al. (2015), la capacité à produire une force orientée vers l'avant (F_0 , RF_{max}) est l'un des principaux déterminants de la performance en sprint court. Les améliorations significatives de ces deux variables, notamment chez les femmes, justifient pleinement l'intégration régulière de contenus visant à renforcer spécifiquement cette composante.

Concrètement, plusieurs méthodes peuvent être utilisées en fonction des profils :

- Sprints résistés (traîneaux lourds ou bandes élastiques) : permettent d'augmenter F_0 et RF_{max} en surchargeant l'impulsion initiale, en particulier sur 5 à 20 mètres.
- Travail en côte : méthode simple et efficace pour surcharger la poussée horizontale tout en préservant les paramètres techniques.
- Exercices de poussée inclinée (sled push) : ciblent les angles spécifiques du départ et favorisent le transfert vers les premiers appuis.

Ce type de travail est particulièrement pertinent en pré-saison ou en phase de développement général, lorsque l'objectif est de construire une base de force horizontale solide. Il conviendra ensuite de réorienter le travail vers la vitesse de déplacement (V_0 , Top Speed) à mesure que la saison progresse.

b. Individualisation de l'entraînement selon le profil F-V

L'un des intérêts majeurs de l'approche par profil force-vitesse est qu'elle permet une individualisation du contenu d'entraînement. Les athlètes peuvent présenter des profils différents : certains sont « force-dominants » (forts mais lents), d'autres « vitesse-dominants » (rapides mais peu puissants), et d'autres encore présentent un déficit de puissance globale.

L'analyse du profil F-V permet de :

- Identifier les déficits spécifiques de chaque athlète (déficit de force ou de vitesse) ;
- Adapter le contenu d'entraînement pour combler ces déficits (par exemple, mettre l'accent sur F0 pour un athlète ayant un profil vitesse) ;
- Suivre l'évolution dans le temps, en objectivant les progrès au-delà du seul chrono sur 60 m.

Plusieurs outils simples (MySprint, split times + tableur Excel) permettent aujourd'hui d'établir ces profils de façon fiable, même sur le terrain.

c. Transfert vers la performance

Les améliorations observées sur les 20 premiers mètres sont particulièrement encourageantes car elles représentent une phase critique dans toutes les distances de sprint (du 60 au 100 m, voire au-delà). Un bon départ et une capacité à atteindre rapidement une vitesse élevée conditionnent la performance globale, y compris sur des courses plus longues.

De plus, ce type de travail possède une valeur ajoutée en sports collectifs : la capacité à produire une accélération explosive sur quelques appuis est essentielle dans le football, le rugby ou le handball. Ainsi, les méthodes utilisées dans cette étude peuvent être transposées dans des contextes multidisciplinaires, à condition d'être ajustées aux contraintes spécifiques des disciplines (fréquence des sprints, changements de direction, fatigabilité, etc.).

Enfin, la progression du RFmax peut être considérée comme un indicateur technique de qualité de poussée, suggérant un meilleur angle de projection du CM. Il serait pertinent à l'avenir de l'utiliser comme variable de suivi régulier dans les cycles de vitesse, au même titre que les temps ou la fréquence de foulée.

4. Perspectives

Les résultats de cette étude ouvrent plusieurs pistes d'approfondissement, tant sur le plan de la recherche appliquée que sur celui de la pratique de terrain. Bien que le protocole ait permis d'objectiver des gains intéressants en sprint court et en mécanique de propulsion, plusieurs leviers peuvent être mobilisés pour enrichir et prolonger ces résultats.

a. Allonger la durée d'intervention

Le protocole étudié s'étendait sur 6 semaines, une durée suffisante pour observer des adaptations initiales mais probablement trop courte pour induire des transformations plus profondes sur la vitesse maximale (V_0 , Top Speed). Des études futures pourraient s'étendre sur 8 à 12 semaines, permettant d'inclure :

- Une phase de développement de la force horizontale (semaine 1 à 4) ;
- Une phase de transfert vers la vitesse avec un travail plus spécifique (semaine 5 à 8) ;
- Éventuellement une phase de maintien ou de compétition (semaine 9 à 12).

Un suivi plus long permettrait également de mieux quantifier la durabilité des adaptations observées, notamment la période pendant laquelle les gains de F_0 ou de P_{max} peuvent être maintenus en l'absence de stimulation spécifique.

b. Intégrer des tests complémentaires

La seule mesure de la performance linéaire (chronométrie et profil F-V horizontal) constitue une base fiable, mais incomplète pour une analyse fine du sprint. Il serait pertinent, dans une logique de profilage multidimensionnel, d'intégrer :

- Une analyse vidéo pour objectiver les angles articulaires, la posture, la fréquence et la longueur de foulée ;
- Des mesures de force verticale via des sauts (SJ, CMJ, BJ) ou des plateformes de force pour établir un profil F-V vertical complémentaire (Samozino et al., 2008) ;

Le croisement des profils verticaux et horizontaux permettrait d'orienter encore plus finement l'entraînement selon la dominante biomécanique de chaque athlète.

c. Étendre l'analyse à la technique de sprint

La progression du RFmax dans cette étude suggère une amélioration de l'orientation de la force, potentiellement liée à une évolution technique du geste de sprint (meilleur angle de poussée, position du tronc, alignement segmentaire). Il serait donc utile, dans une démarche future, de compléter les tests par une analyse technique détaillée, par exemple :

- En utilisant l'analyse vidéo sur les premières foulées ;
- En calculant les angles de poussée au sol, la position du genou au moment de l'impulsion, ou encore l'angle d'inclinaison du tronc au départ.

De telles données permettraient de faire le lien entre évolution mécanique et évolution technique, ce qui constitue une avancée majeure en préparation physique orientée performance.

d. Étendre le protocole à d'autres profils ou disciplines

L'étude s'est concentrée sur des sprinteurs spécialisés (hommes et femmes), mais les méthodes employées pourraient tout à fait être transférées à d'autres publics :

- Sportifs collectifs, pour améliorer l'accélération dans un contexte multidirectionnel ;
- Populations en réathlétisation, afin de reconstruire une production de force fonctionnelle et spécifique.

Dans cette optique, il serait pertinent de comparer l'effet de différentes modalités de surcharge (ex. : sprints avec 20 %, 50 % ou 80 % de perte de vitesse) selon le niveau et le profil initial de l'athlète (Cross et al., 2017). Cela permettrait de déterminer quelle charge est optimale pour quel objectif (force, puissance, vitesse).

e. Évaluer l'impact en compétition réelle

Enfin, une perspective intéressante serait d'analyser l'impact de ce type de protocole sur la performance en situation réelle de compétition, notamment sur 60 m ou 100 m en salle ou en plein air. L'intégration d'un suivi compétitif permettrait de valider la transférabilité des gains mécaniques vers des chronos officiels. Des outils comme la vidéo ou les systèmes GPS pourraient être utilisés pour mieux relier la progression aux résultats sur piste.

7. Conclusion

L'objectif de cette étude était de déterminer l'effet d'un protocole d'entraînement contrasté combinant des sprints résistés et maximaux sur les performances de sprint et les paramètres du profil force-vitesse horizontal. Les résultats ont montré une amélioration significative de la force maximale théorique (F_0), de la puissance maximale (P_{max}) et du rapport de force horizontal (RF_{max}), chez les sprinteurs comme chez les sprinteuses. Ces adaptations s'accompagnent de gains notables sur les temps d'accélération (0–20 m, 20–40 m) et sur la performance globale au 60 m.

En revanche, les gains observés sur la vitesse maximale théorique (V_0) et la vitesse de pointe (Top Speed) sont plus modestes, malgré une significativité statistique, et s'accompagnent de tailles d'effet faibles. Cette limite souligne l'importance de concevoir des programmations plus complètes intégrant du travail à haute vitesse, notamment via des sprints lancés ou assistés, afin d'optimiser la phase de maintien de vitesse.

L'approche par profil force-vitesse s'est révélée utile pour individualiser l'entraînement et cibler les déficits spécifiques (dominance force ou vitesse). L'usage de la machine 1080 Motion Sprint a permis une évaluation précise et reproductible des variables mécaniques, offrant un outil pertinent pour le suivi longitudinal et l'ajustement des charges.

Toutefois, plusieurs limites doivent être prises en compte : la fréquence d'entraînement limitée (1 séance/semaine), l'absence de contrôle sur les autres séances hebdomadaires (préparation physique ou entraînement de sprint), et la non-prise en compte de paramètres techniques (longueur/fréquence de foulée, asymétries). Ces éléments peuvent avoir influencé les résultats, et suggèrent la nécessité d'un profilage plus complet intégrant l'analyse technique et les forces verticales.

En conclusion, l'entraînement en contraste de charge s'avère pertinent pour améliorer les premières phases du sprint et les paramètres de force horizontale, mais nécessite d'être complété par des contenus spécifiques à la vitesse maximale. Des recherches futures, menées sur des durées plus longues et avec un suivi technique approfondi, permettront de mieux cerner les mécanismes d'adaptation et d'optimiser les transferts vers la performance en compétition.

8. Bibliographie

- Alcaraz, P.E., Carlos-Vivas, J., Oponjuru, B.O. *et al.* The Effectiveness of Resisted Sled Training (RST) for Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med* 48, 2143–2165 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0947-8>
- Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L., & Linthorne, N. P. (2008). Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *Journal of strength and conditioning research*, 22(3), 890–897. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816611ea>
- Bissas, A., Paradisis, G. P., Nicholson, G., Walker, J., Hanley, B., Havenetidis, K., & Cooke, C. B. (2022). Development and Maintenance of Sprint Training Adaptations: An Uphill-Downhill Study. *Journal of strength and conditioning research*, 36(1), 90–98. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003409>
- Bezodis, N.E., Willwacher, S. & Salo, A.I.T. The Biomechanics of the Track and Field Sprint Start: A Narrative Review. *Sports Med* 49, 1345–1364 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01138-1>
- Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A. B., Messonnier, L., & Lacour, J. R. (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100 m sprint running. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(3), 274–281.
- Cavedon, V., Bezodis, N. E., Sandri, M., Golia, S., Zancanaro, C., & Milanese, C. (2023). Effect of different anthropometry-driven block settings on sprint start performance. *European journal of sport science*, 23(7), 1110–1120. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2153347>
- Cetin, E., Hindistan, I. E., & Ozkaya, Y. G. (2018). Effect of Different Training Methods on Stride Parameters in Speed Maintenance Phase of 100-m Sprint Running. *Journal of strength and conditioning research*, 32(5), 1263–1272. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001977>
- Clark, K., Cahill, M., Korfist, C., & Whitacre, T. (2021). Acute Kinematic Effects of Sprinting With Motorized Assistance. *Journal of strength and conditioning research*, 35(7), 1856–1864. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003051>
- Cormier, P., Freitas, T. T., Loturco, I., Turner, A., Virgile, A., Haff, G. G., Blazeovich, A. J., Agar-Newman, D., Henneberry, M., Baker, D. G., McGuigan, M., Alcaraz, P. E., & Bishop, C. (2022). Within Session Exercise Sequencing During Programming for Complex Training: Historical Perspectives, Terminology, and Training Considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(10), 2371–2389. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01715-x>

- Cormier, P., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J. Á., & Alcaraz, P. E. (2020). Complex and Contrast Training: Does Strength and Power Training Sequence Affect Performance-Based Adaptations in Team Sports? A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 34(5), 1461–1479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003493>
- Cross, M.R., Samozino, P., Brown, S.R. *et al.* A comparison between the force–velocity relationships of unloaded and sled-resisted sprinting: single vs. multiple trial methods. *Eur J Appl Physiol* 118, 563–571 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3796-5>
- Cross, M. R., Brughelli, M., Samozino, P., & Morin, J. B. (2017). Methods of Power-Force-Velocity Profiling During Sprint Running: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(7), 1255–1269. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0653-3>
- Delaney, J. A., McKay, B. A., Radcliffe, J., Benton, D. T., Samozino, P., Morin, J. B., & Duthie, G. M. (2021). Uphill sprinting load– and force–velocity profiling: Assessment and potential applications. *Journal of Sports Sciences*, 40(3), 281–287. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1992868>
- Giroux, C., Rabita, G., Chollet, D., & Guilhem, G. (2016). Optimal Balance Between Force and Velocity Differs Among World-Class Athletes. *Journal of applied biomechanics*, 32(1), 59–68. <https://doi.org/10.1123/jab.2015-0070>
- Grassadonia, G., Bruni, M., Alcaraz, P. E., & Freitas, T. T. (2024). Energetic and Neuromuscular Demands of Unresisted, Parachute- and Sled-Resisted Sprints in Youth Soccer Players: Differences Between Two Novel Determination Methods. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 24(22), 7248. <https://doi.org/10.3390/s24227248>
- Hamad, M.J., Alcaraz, P.E. & de Villarreal, E.S. Effects of Combined Uphill–Downhill Sprinting Versus Resisted Sprinting Methods on Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med* 54, 185–202 (2024). <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01916-y>
- Haugen, T., Seiler, S., Sandbakk, Ø. *et al.* The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration of Scientific and Best Practice Literature. *Sports Med - Open* 5, 44 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0221-0>
- Haugen, T. A., Breitschädel, F., & Samozino, P. (2020). Power-Force-Velocity Profiling of Sprinting Athletes: Methodological and Practical Considerations When Using Timing Gates. *Journal of strength and conditioning research*, 34(6), 1769–1773. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002890>
- Healy, R., Kenny, I. C., & Harrison, A. J. (2022). Profiling elite male 100-m sprint performance: The role of maximum velocity and relative acceleration. *Journal of sport and health science*, 11(1), 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.10.002>
- Hicks, Dylan. (2018). Resisted and assisted sprint training: Determining the transfer to maximal sprinting. 32. 35-51.

- Hicks DS, Drummond C, Williams KJ, van den Tillaar R. Exploratory Analysis of Sprint Force-Velocity Characteristics, Kinematics and Performance across a Periodized Training Year: A Case Study of Two National Level Sprint Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(22):15404. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215404>
- Jogi Prasad, D. A. (2024). Comparative Analysis of Assisted vs. Resisted Sprint Training: Effects on Acceleration, Speed, and Biomechanical Efficiency in Athletes. *Library Progress International*, 44(3), 11431-11438.
- Krzysztof, M., & Mero, A. (2013). A kinematics analysis of three best 100 m performances ever. *Journal of human kinetics*, 36, 149–160. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0015>
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Knight, T. J., & Janse de Jonge, X. A. (2012). The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics and muscle strength and power in field sport athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 26(6), 1539–1550. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318234e8a0>
- Majumdar, A. S., & Robergs, R. A. (2011). The Science of Speed: Determinants of Performance in the 100 m Sprint. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 6(3), 479-493. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.6.3.479>
- Mendiguchia, J., Edouard, P., Samozino, P., Brughelli, M., Cross, M., Ross, A., ... Morin, J. B. (2015). Field monitoring of sprinting power–force–velocity profile before, during and after hamstring injury: two case reports. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 535–541. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122207>
- Mero, A., Komi, P.V. & Gregor, R.J. Biomechanics of Sprint Running. *Sports Medicine* 13, 376–392 (1992). <https://doi.org/10.2165/00007256-199213060-00002>
- Moir, Gavin. (2015). Biomechanics of Fundamental Movements: Sprint Running.
- 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>
- Murray, J., Harris, C., Adams, K. J., Joseph Berning, J., & DeBeliso, M. (2017). A COMPARISON OF RESISTED AND ASSISTED SPRINT TRAINING IN COLLEGIATE SPRINTERS. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 3(7). <https://doi.org/10.5281/zenodo.819509>
- Myrvang, Simen The effects of different training methods upon sprint performance - A systematic review and meta-analysis
- Myrvang, S., van den Tillaar, R. The Longitudinal Effects of Resisted and Assisted Sprint Training on Sprint Kinematics, Acceleration, and Maximum Velocity: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med - Open* 10, 110 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00777-7>

- Paradisis, G. P., Bissas, A., & Cooke, C. B. (2015). Effect of Combined Uphill-Downhill Sprint Training on Kinematics and Maximum Running Speed in Experienced Sprinters. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(5), 887-897. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.5.887>
- 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>
- Rumpf, M. C., Lockie, R. G., Cronin, J. B., & Jalilvand, F. (2016). Effect of Different Sprint Training Methods on Sprint Performance Over Various Distances: A Brief Review. *Journal of strength and conditioning research*, 30(6), 1767–1785. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001245>
- Slawinski, J., Termoz, N., Rabita, G., Guilhem, G., Dorel, S., Morin, J. B., & Samozino, P. (2017). How 100-m event analyses improve our understanding of world-class men's and women's sprint performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(1), 45–54. <https://doi.org/10.1111/sms.12627>
- Stavridis, I., Smilios, I., Tsopanidou, A., Economou, T., & Paradisis, G. (2019). Differences in the Force Velocity Mechanical Profile and the Effectiveness of Force Application During Sprint-Acceleration Between Sprinters and Hurdlers. *Frontiers in sports and active living*, 1, 26. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00026>
- Sugiura, Y., & Aoki, J. (2008). Effects of supramaximal running on stride frequency and stride length in sprinters. *Advances in exercise and sports physiology*, 14(1), 9-17.
- Tufano, James J. PhD, CSCS*D1; Amonette, William E. PhD, CSCS2. Assisted Versus Resisted Training: Which Is Better for Increasing Jumping and Sprinting?. *Strength and Conditioning Journal* 40(1):p 106-110, February 2018. | DOI: [10.1519/SSC.0000000000000362](https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000362) (Galpin)
- Valamatos, M. J., Abrantes, J. M., Carnide, F., Valamatos, M. J., & Monteiro, C. P. (2022). Biomechanical Performance Factors in the Track and Field Sprint Start: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 19(7), 4074. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074074>
- Upton D. E. (2011). The effect of assisted and resisted sprint training on acceleration and velocity in Division IA female soccer athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 25(10), 2645–2652. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318201be16>
- Wibowo, R., Sidik D. Z., Yudy Hendrayana, Y. (2017). The Impact of Assisted Sprinting Training (As) and Resisted Sprinting Training (Rs) in Repetition Method on Improving Sprint

Acceleration Capabilities. JURNAL PENDIDIKAN JASMANI DAN OLAHRAGA. 2. 79. <https://doi.org/10.17509/jpjo.v2i1.7971>

- Zisi, M., Stavridis, I., Agilara, G. O., Economou, T., & Paradisis, G. (2022). The Acute Effects of Heavy Sled Towing on Acceleration Performance and Sprint Mechanical and Kinematic Characteristics. *Sports (Basel, Switzerland)*, 10(5), 77. <https://doi.org/10.3390/sports10050077>

Annexes

Variations des performances en % de la semaine
0 à 6 chez les femmes

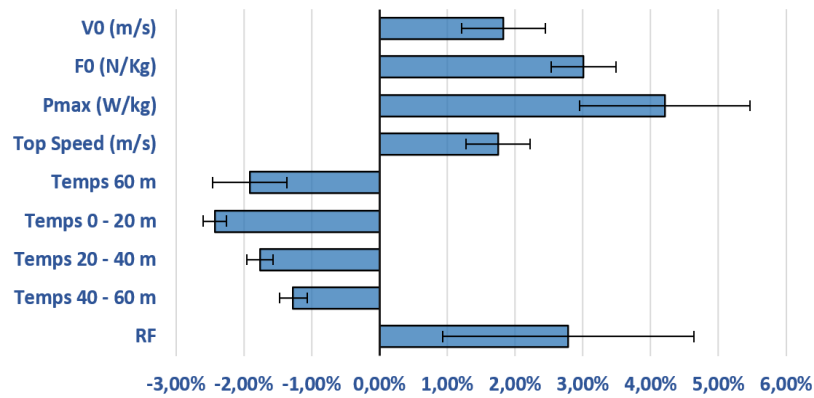


Figure 7 : Variations des performances en % de la semaine 0 à 6 chez les femmes

Variations des performances en % de la semaine 0 à 6
chez les hommes

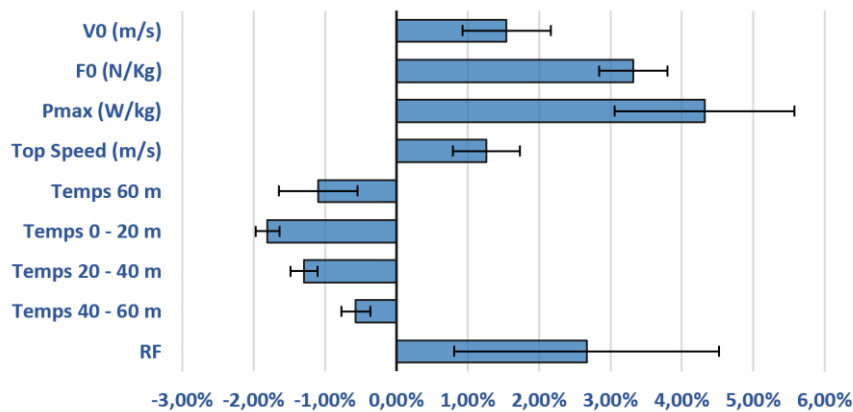


Figure 8 : Variations des performances en % de la semaine 0 à 6 chez les hommes

Résumé

Objectif : Le but de cette étude était d'analyser les effets d'un entraînement en contraste de charge combinant des sprints résistés et maximaux sur les variables du profil force-vitesse horizontal (F0, V0, Pmax, RFmax) ainsi que sur la performance de sprint (Top Speed, 60 m et intervalles 0–20 m, 20–40 m, 40–60 m) chez des sprinteurs et sprinteuses spécialisés.

Méthodes : 24 athlètes (15 hommes, 9 femmes) licenciés au LUC Athlétisme ont participé aux pré- et post-tests, avec des sprints analysés sur machine 1080 Motion Sprint. Le protocole comprenait une séance hebdomadaire d'accélération résistée (diminution de 50 % de la vitesse maximale) sur 20 m, et de sprints maximaux sur 40 m, sur 6 semaines. Seuls les athlètes ayant suivi l'ensemble du protocole ont été retenus dans l'analyse statistique.

Résultats : Une amélioration significative des variables F0, Pmax et RFmax a été observée dans les deux groupes, avec des tailles d'effet variant de faible à modérée. V0 progresse significativement chez les femmes uniquement. Les temps sur 60 m, 0–20 m et 20–40 m diminuent significativement, indiquant une amélioration de l'accélération. La Top Speed s'améliore de façon significative, mais avec une taille d'effet faible.

Conclusion : L'entraînement contrasté avec résistance a amélioré les capacités d'accélération et certains paramètres du profil F-v, surtout en début de course. En revanche, les gains sur la vitesse maximale restent limités, probablement en raison de l'absence de travail spécifique à haute vitesse. Ces résultats soulignent l'intérêt du sprint résisté pour développer F0 et RFmax, tout en soulignant la nécessité d'un complément ciblé pour optimiser V0 et Top Speed.

Mots-clés : Sprint, profil force-vitesse, contraste de charge, sprint résisté, performance, 1080 Motion.

Abstract

Objective: This study aimed to investigate the effects of a contrast training program combining resisted and maximal sprints on horizontal force-velocity profile variables (F_0 , V_0 , P_{max} , RF_{max}) and sprint performance (Top Speed, 60 m, 0–20 m, 20–40 m, 40–60 m) in trained sprinters.

Methods: 24 track athletes (15 males, 9 females) from LUC Athlétisme completed pre- and post-tests using the 1080 Motion Sprint device. The 6-week training protocol included one weekly session of 20 m resisted sprints (reducing max speed by 50%) and 40 m maximal sprints. Only athletes who completed all training sessions were included in the statistical analysis.

Results: Significant improvements in F_0 , P_{max} , and RF_{max} were observed in both groups, with small to moderate effect sizes. V_0 improved significantly only in females. Sprint times over 60 m and in the 0–20 m and 20–40 m segments significantly decreased. Top Speed increased significantly, although with a small effect size.

Conclusion: Contrast sprint training with resistance effectively enhanced acceleration and force production capacities, especially early in the sprint. However, improvements in maximal sprinting speed were limited, likely due to the absence of high-velocity specific training. Resisted sprinting appears promising for improving F_0 and RF_{max} , but should be supplemented by overspeed or flying sprints to better target V_0 and Top Speed.

Keywords: Sprinting, force-velocity profile, contrast training, resisted sprinting, performance, 1080 Motion.

Compétences acquises

Pendant cette année universitaire, j'ai eu l'occasion de développer, de structurer et de renforcer un grand nombre de compétences, notamment dans le cadre de mon stage au LUC Athlétisme et à travers la réalisation de ce mémoire universitaire.

Au sein du groupe de sprinteurs et sprinteuses que j'ai **encadré**, j'ai dû **m'adapter** au niveau, aux objectifs et aux contraintes individuelles de chaque athlète. Cette immersion dans un environnement orienté performance m'a permis de **mobiliser** mes connaissances théoriques pour les **transmettre** efficacement sur le terrain. J'ai également pu **concevoir** et **animer** des séances d'entraînements et de préparation physique.

Dans le cadre du protocole de suivi, j'ai **planifié** et **coordonné** les séances de test initial et final sur piste. Grâce à l'utilisation de la technologie comme la 1080 Motion Sprint, j'ai appris à **exploiter** les données, à **interpréter** des variables mécaniques (force, vitesse, puissance) et à **analyser** leur évolution dans le temps.

Ce travail m'a permis de réaliser une étude complète et à **synthétiser** des résultats complexes dans une logique de transfert vers la pratique, et à **ajuster** les contenus d'entraînement en conséquence.

La rédaction de ce mémoire m'a permis de **structurer** une démarche scientifique rigoureuse, et a consolidé mon projet professionnel d'évoluer dans le domaine de la préparation physique, du suivi de la performance et de l'entraînement du sprint.